

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

UUDEN HÄVITTÄJÄN VAIKUTUKSET LENTÄJÄN OSAAMISEEN

Yleisesikuntaupseerikurssin diplomityö

Kapteeni
Pekka Jyrkönen

Yleisesikuntaupseerikurssi 58
Ilmasotalinja

Heinäkuu 2017

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Yleisesikuntaupseerikurssi 58	Linja Ilmasotalinja
Tekijä Kapteeni Pekka Jyrkönen	
Tutkielman nimi UUDEN HÄVITTÄJÄN VAIKUTUKSET LENTÄJÄN OSAAMISEEN	
Oppiaine johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka MPKK:n kurssikirjasto
Aika Heinäkuu 2017	Tekstisivuja 116 Liitesivuja 36
TIIVISTELMÄ <p>Uuden hävittäjän asettamat vaatimukset heijastuvat läpileikkaavasti koko ilmapuolustusjärjestelmään. Valinta- ja koulutusjärjestelmät tuottavat uuden hävittäjän kannalta keskeisimmän toimijan, eli hävittäjälentäjän. Järjestelmällä kestää jopa kahdeksan vuotta tuottaa sotavalmiita hävittäjälentäjiä. Jotta uudella hävittäjällä operointi voidaan aloittaa siihen parhaiten sopivalla henkilöstöllä, tulee uuden hävittäjän asettamiin vaatimuksiin kyetä vastaamaan ennakoiden.</p> <p>Tutkimus on perusteiltaan systeemimetodologiaan pohjautuvaa tulevaisuustutkimusta, mutta siinä on myös vaatimustenhallintaan liittyviä piirteitä. Tutkimuksessa selvitetään, mitä vaatimuksia ilmasodankäynti ja siinä käytettävä kalusto asettavat lentäjälle seuraavan hävittäjän aikakaudella. Eli, mitä hävittäjälentäjän osaaminen on vuosina 2030–2050? Tutkimuksen teoreettiset perusteet muodostuvat kompetenssiteorioiden sekä kognitiivisen psykologian ja kognitiotieteen pohjalta. Tutkimuksen teoriaosuus tiivistyy hävittäjälentäjän osaamissysteemiä kuvaavaksi malliksi ja määritelmäksi, joihin kohdistuvat muutokset selvitettiin delfoi-tutkimuksella.</p> <p>Tulosten perusteella automaation määrä lisääntyy tulevaisuudessa niillä sektoreilla, joissa sitä hyödynnetään jo nykyään. Näistä keskeisimmät ovat elektroninen sodankäynti, oma-suojakeinot ja sensorien hallinta. Näyttö- ja hallintalaitteiden kehitys vapauttaa yhdessä automaation ja reaaliaikaisempien simulaatioiden kanssa lentäjän kapasiteettia luovuutta vaativien ja monimutkaisten ongelmien ratkaisuun. Tekoäly ei korvaa ihmistä intuitiivisten päätösten tekijänä seuraavan hävittäjä sukupolven aikana. Sen rooliksi nähdään lähinnä valmiiksi strukturoitujen toimintavaihtoehtojen esittäminen lentäjän hyväksyttäväksi.</p>	

Informaationhallinta ja päätöksenteko säilyvät tulevaisuudessakin hävittäjälentäjän keskeisimpinä kompetensseina. Tosin automaation ja keinoälyn kehittyminen muuttaa niiden rooleja ohjaajan toiminnassa. Teknologisen kehityksen myötä ihmisen osallisuus aktiiviseen informaation tuottamiseen sekä yksinkertaisten konkreettisten ongelmien ratkaisemiseen ja motoriseen toimeenpanoon vähenee. Toisaalta informaation merkitys yleisesti lisääntyy. Kapasiteetin uudelleenkohdentaminen mahdollistaa tulevaisuudessa monimutkaisempien toiminta-ajatusten ja taktiikoiden käytön, joka lisää järjestelmän kilpailukykyä monimutkaistuvassa toimintaympäristössä.

Tutkimustulosten perusteella hävittäjälentäjän kognitiiviselle kompetenssille asetetut vaatimukset lisääntyvät tulevaisuudessa, jolloin myös lentäjälle asetetut älykkyysvaatimukset tulevat korostumaan. Lisäämällä valintakokeisiin sopeutumiskykyä, joustavaa ja nopeaa oivalluskykyä, tiedon hyödyntämiskykyä, abstraktia ajattelu- sekä oppimiskykyä mittavien testien osuutta, voidaan koulutukseen valittavien oppilaiden soveltuvuutta uuden hävittäjän asettamiin vaatimuksiin parantaa. Edellä mainitut älykkyuden eri osa-alueet tukevat vahvasti ammatinhallintaa myös lentämisen ulkopuolisissa työtehtävissä.

Uudesta teknologiasta johtuvia orientaatiohaasteita voidaan helpottaa tuottamalla hävittäjälentämistä edeltävissä lentokoulutusvaiheissa hävittäjätoimintaa vastaava autenttinen sensori- ja uhkainformaatioympäristö. Tämä siksi, että näillä sektoreilla informaation merkitys kasvaa eniten, mutta toisaalta automaation ja tekoälyn kehittyminen vähentävät ihmisen aktiivista osallistumista informaation tuottamiseen. Automaation lisääntyminen vähentää käyttölaitteiden todenmukaisuuden merkitystä tulevaisuudessa. Havainto on myönteinen koulutusjärjestelmäkehityksen kannalta, sillä informaation tuottamiseen osallistuvien järjestelmien mallintaminen ohjelmistokehityksellä on selkeästi motorisella kontrollilla manipuloitavien toimintatason järjestelmien vaatimaa "rautapohjaista" kehittämistä edullisempaa. Näin lentokoneisiin tai simulaattoreihin suoritettavat käyttölaitteiden mekaaniset muutostyöt voidaan rajata tuottamaan ainoastaan sellaisen motorisen vastaavuuden, joka mahdollistaa informaatioympäristön muodostamisen riittävän autenttiseksi ohjelmisto- ja näyttölaitte pohjaisiin ratkaisuihin.

AVAINSANAT

Lentokoulutus, hävittäjäohjaajakoulutus, kompetenssi, osaaminen, muisti, kognitiotiede, kognitiivinen psykologia, oppiminen, tulevaisuuden tutkimus, informaationhallinta, päätöksenteko, systeemiajattelu, pehmeä systeemimetodologia, automaatio, tekoäly

SISÄLLYS

1.	JOHDANTO	1
2.	TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT	3
2.1.	Tutkimuksen tavoite, tutkimusongelmat ja viitekehys	3
2.2.	Näkökulma tutkimukseen ja tutkijan asema	4
2.3.	Tutkimusote ja tutkimuksessa käytettävät menetelmät	5
2.3.1.	Pehmeä systeemimetodologia - Checklandin SSM -malli	6
2.3.2.	Integroiva kirjallisuuskatsaus.....	8
2.3.3.	NARMAX-metodi	9
2.3.4.	Delfoi-metodi	10
2.4.	Tutkimuksen rajaukset.....	12
2.5.	Systeemin tarina - osa 1: Hävittäjäalentäjän osaaminen	14
3.	KOMPETENSSIT OSANA SYSTEEMIÄ	17
3.1.	Kompetenssit	17
3.2.	Avainkompetenssit.....	21
3.3.	Siirtovaikutus	23
3.4.	Metakompetenssi	24
3.5.	Yleinen- ja erikoistunut kognitiivinen kompetenssi	25
3.6.	Kompetenssi-tehokkuusmalli	26
3.7.	Systeemin tarina - osa 2: Kompetenssit.....	27
4.	TYÖSKENTELY-YMPÄRISTÖ SYÖTTEIDEN TUOTTAJANA	29
4.1.	Informaatiosta toiminnaksi	29
4.1.1.	Systeemin tarina - osa 3: Informaatiosta toiminnaksi.....	33
4.2.	Informaatiotason kuvaus: havainnot ja tiedot.....	34
4.3.	Kognitiivisen tason kuvaus: Kognitiiviset aktiviteetit ja funktiot	38
4.3.1.	Kognitiivinen psykologia	38
4.3.2.	Kognitiotiede, automaatio ja tekoäly	39
4.3.3.	Muisti	41
4.3.4.	Informaationhallinnalla tilanneymmärrykseen	43
4.3.5.	Päätöksenteko ratkaisujen ja toiminnan taustalla.....	45
4.3.6.	Intuition edut ja haitat päätöksenteossa.....	47
4.4.	Toimintatason kuvaus: taidot ja motoriset toiminnot	50
4.5.	Systeemin tarina - osa 4: Sisäinen ja ulkoinen vuoropuhelu	52
5.	OPPIMINEN SYSTEEMIN SISÄISENÄ PROSESSINA	55
5.1.	Oppiminen huippuosaajaksi.....	55
5.2.	Polku noviisista ekspertiksi	58
5.3.	Mentaaliset mallit oppimisen perustana	63
5.4.	Metakompetenssi osaamissysteemin prosessien muovaajana	66
5.5.	Systeemin tarina - osa 5: Sisäisten prosessien dynamiikka	70

6.	TEORIAN YHTEENVETO JA TYÖHYPOTEESI.....	72
6.1.	Hävittäjälentäjän osaamissysteemi	72
6.2.	Delfoin perusteet, pohjaolettamukset ja hypoteesit	74
7.	DELFOIN TULOKSET	78
7.1.	Delfoin pilottikierrokset.....	78
7.2.	Delfoin ensimmäinen kierros - kognitiivinen taso.....	78
7.2.1.	Tulosten yhteenveto	79
7.2.2.	Kontrolliväitteiden tulosten yhteenveto	85
7.2.3.	Analyysi kognitiivisen tason muutoksista.....	86
7.3.	Delfoin toinen kierros - informaatio- ja toimintataso	91
7.3.1.	Tulosten yhteenveto	91
7.3.2.	Analyysi informaatio- ja toimintatason muutoksista	98
8.	TULEVAISUUDEN OSAAMISSYSTEEMI	101
8.1.	Tutkimuksen keskeisimmät johtopäätökset	102
9.	POHDINTA JA YHTEENVETO.....	106
9.1.	Vastaukset tutkimuskysymyksiin	110
9.2.	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi	111
9.3.	Tutkimuksen asema lentokoulutuksen tutkimuskentässä	114

UUDEN HÄVITTÄJÄN VAIKUTUKSET LENTÄJÄN OSAAMISEEN

1. JOHDANTO

Esiselvitys Hornet-kaluston suorituskyvyn korvaajasta luovutettiin puolustusministerille ke-
säkuussa 2015. Esiselvitys aloitti strategiseksi luokitellun hankkeen, jolla on keskeinen vaiku-
tus koko puolustuskyvyllämme, puolustuspolitiikallamme sekä taloudellemme. Päätös Hornet
-torjuntahävittäjän hankinnasta tehtiin noin 23 vuotta aikaisemmin. Tuolloin tehdyllä päätök-
sellä oli omalla aikakaudellaan hyvin pitkälti tämän hetkiseen hankkeeseen rinnastettavissa
olevia vaikutuksia. Hornet -kaluston suorituskyvyllä on ollut merkittävä rooli ennaltaehkäise-
vänä hyökkäyskynnyksen nostajana ja sodan ajan ilmapuolustuksen perustana. Kehityshank-
keiden kautta sillä on myös korostuva rooli Puolustusvoimien yhteisen tulenkäytön elementti-
nä niin maalle, kuin merellekin sekä tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmän täydentäjä-
nä. Aerodynaamiset ominaisuudet ja moottori määrittävät hävittäjän suorituskyvyn ilma-
aluksena, kun taas sen taistelukyky pohjautuu sensori-, ase-, omasuoja-, kommunikaatiojärjes-
telmiin sekä ohjaajan työskentelyä tukeviin tilannekuvan ja päätöksenteon tukijärjestelmiin.
(Puranen 2015)

Puolustusvoimien suorituskyvyn käsitemallin mukaiset tekniset näkymät konkretisoituvat
sotilasilmaluteollisuudessa teknologisen kehityksen myötä avautuviksi uusiksi ilma-alusten
käyttömahdollisuuksiksi. Ilmiön myötä avautuu mahdollisuus myös uusien tehtävätyyppien
tai tehtävien käyttöönotolle. (Pääesikunnan suunnitteluosasto 2013.) Nykymuotoista ilmaso-
dankuvaa määrittelevät ennustamisen vaikeus, puolustushaarojen yhteistoiminnan lisääntymi-
nen, operaatiotempon kasvaminen, painopisteiden nopeat siirtelyt, operaatioiden syvyys, vai-
kuttamisen tarkkuus ja informaatioympäristön merkityksen kasvu (PLM esiselvitystyöryhmä
2015).

Suunniteltaessa suorituskyvyn käyttöön henkilöstöä ja koulutusta, tunnistetaan rakennettavan
suorituskyvyn asettamat vaatimukset henkilöstön osaamiselle, koulutustasolle ja koulutusym-
päristöille. Suorituskyvyn rakentamisen aikana henkilöstö rekrytoidaan ja koulutetaan asetet-
tujen vaatimusten mukaisesti. (Pääesikunta 2014) Suorituskyvyn käsitemallin mukaan suori-
tuskykyä voidaan tarkastella vaikuttavuus-, kyvykkyyks-, järjestelmä- ja elinjaksonäkymästä.
Järjestelmänäkymän kautta tarkasteltuna suorituskyvyn rakentumiseen tarvitaan henkilöstöä,

materiaalia, käyttö- ja toimintaperiaatteita, organisaatio sekä informaatiota. Tämän tutkimuksen keskiössä on järjestelmän käyttöhenkilö eli hävittäjäalentäjä, joka osaamisellaan kantaa kortensa kekoon kyvykkyyden tuottamiseksi. Yksilötasolla osaaminen on mallin mukaan kyvykkyyttä soveltaa tietoja, taitoja ja muita valmiuksia asetettujen päämäärien saavuttamiseksi. (Pääesikunnan suunnitteluosasto 2013.)

Tietääksemme, mitä hävittäjäohjaajan osaaminen on uuden hävittäjän aikakaudella, on tutkimus aloitettava siitä mitä se on tällä hetkellä vuonna 2017. Muodostamalla yhteisnäkymä uuden hävittäjän Suomen sotilasilmailuun aiheuttamasta teknologisesta muutoksesta sekä hävittäjäohjaajan osaamiseen liittyvistä teorioista, voidaan luoda näkemys muutoksen suuntavii-voista ja mittakaavasta.

Tutkimuksen mielenkiinnon kohteena ei ole niinkään lentokoulutus- tai valintajärjestelmän nykytila, vaan hävittäjäalentäjä toimivana ja oppivana ihmisenä. Tässä tutkimuksessa selvitetään millaisia muutoksia automaation ja keinoälyn kehittymiseen liittyvät ilmiöt aiheuttavat hävittäjäalentäjän osaamiseen ja miten valinta- ja koulutusjärjestelmät voivat varautua ennalta uuden hävittäjän aiheuttamiin muutoksiin.

2. TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

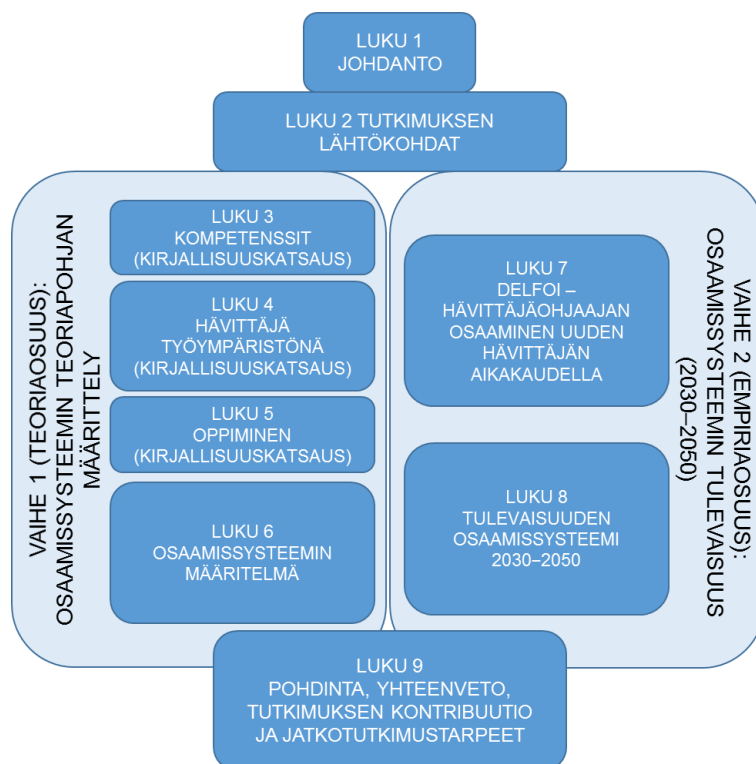
2.1. Tutkimuksen tavoite, tutkimusongelmat ja viitekehys

Tutkimuksessa hävittäjäohjaajan nykymuotoinen osaaminen puretaan systeemimetodologian keinoin elementteihin ja selvitetään niiden välinen logiikka. Elementeistä ja niiden välisistä yhteyksistä muodostetaan osaamissysteemin määritelmä vuodelle 2017, joka ilmenee osaamissysteemiä kuvaavana käsitteellisenä teoreettisena mallina sekä sen kuvauksena. Luodusta mallista haarukoidaan keskeiset avainelementit, joiden ympärille tulevaisuustarkastelu voidaan rakentaa. Käyttäen näitä avainelementtejä ankkureina tulevaisuuden tutkimuksen keinoin tuotetulle uudelle tiedolle, konstruoidaan hävittäjäohjaajan osaamismallin määritelmä vuosille 2030–2050.

Päätutkimuskysymys on: **"Miten valinta- ja koulutusjärjestelmien tulee varautua uuden hävittäjän aikakauteen?"**

Teoriaosuuden tavoitteena on vastata alakysymykseen 1: "Mitä hävittäjäohjaajan osaaminen on ja miten siihen kohdistuvat muutokset on arvioitavissa?"

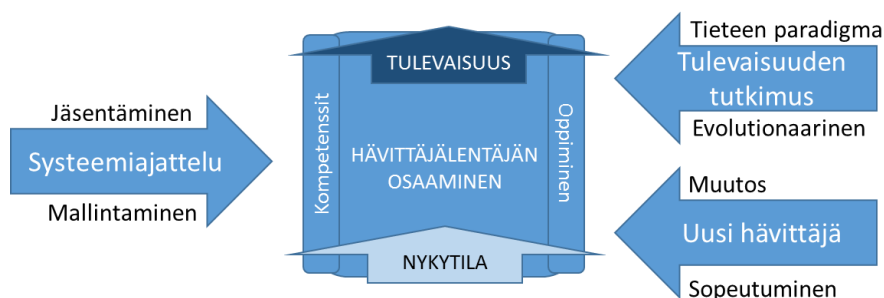
Empiriaosuuden tavoitteena on vastata alakysymykseen 2: "Mitä muutoksia hävittäjäohjaajan osaamiseen kohdistuu uuden hävittäjän aikakaudella ja miten ne heijastuvat lentokoulutus- ja valintajärjestelmään?"



Kuva 1: Tutkimuksen viitekehys

2.2. Näkökulma tutkimukseen ja tutkijan asema

Tutkimuksen orientaatio on tulevaisuudessa ja se pohjautuu tulevaisuuden tutkimuksen tieteenfilosofialle luonteenomaisiin vaihtoehtoisiin mahdollisuuksiin, jotka tarjoavat joukon erilaisia tulevaisuuksia. Tulevaisuuden tutkimuksen keskeisenä tutkimuskohteena on nykyisyys, johon perustuen tulevaisuutta pyritään ottamaan haltuun tai ennakoimaan. Tämän tutkimuksen lähtökohtana on yleinen näkemys tieteellisen tiedon lähtökohdista ja uuden tiedon rakentumisesta vanhan tiedon perustalle. Näkökulmana tulevaisuuteen on, että tulevaisuutta koskeva tieto on enemmän tai vähemmän todennäköistä, mutta siihen millaiseksi tulevaisuus realisoituu, voidaan vaikuttaa. (Metsämuuronen 2010, 280–281)



Kuva 2: Tutkimuksen näkökulma.

Hävittäjäkaluston vaihdoksen mittakaavasta johtuen muutos käynnistää todennäköisesti hävittäjämallista riippumatta kehittämistarpeen koko suorituskyvyn rakentamisen kentässä. Se herättää tarpeen uusille suorituskykyvaatimuksille ja käyttöperiaatteille sekä suorituskyvyn osalueiden uudistamiselle. Muutoksen laajuudesta johtuen tämän tutkimuksen tulevaisuuskäsitystä ei ohjaa yksittäinen hävittäjämalli ominaisuuksineen tai käyttöperiaatteineen, vaan yleisempi näkemys siitä, miten hävittäjäohjaajan ja hävittäjän yhteistyö tai vuorovaikutus tulevat näkymään vaadittavassa osaamisessa uuden hävittäjän aikakaudella.

Tutkimuksen teoreettiset lähtökohdat nojaavat viime vuosina muutamaan otteeseen lentokoulutusjärjestelmän tutkimuksessa esiin nostettuun kompetenssipohjaiseen ajattelutapaan. Kompetenssitutkimuksen kenttä tarjoaa moniulotteisen lähtökohdan uusien näkökulmien etsimiselle. Tähän on syynä käsitteen kirjavuus, joka on mahdollistanut käsitteen ympärille suuren määrän poikkitieteellistä tutkimusta. Mitattaessa yksilön kompetenssia, osaamista tai taitoa, ne on kaikesta kirjavuudestaan huolimatta määriteltävä aina suhteessa siihen ympäristöön, jossa hän toimii (Vesterinen 2001, 35). Tämä tutkimus käsittelee osaamista hävittäjäalentäjän näkökulmasta, jolloin osaaminen tai kompetenssi nähdään todellisina ja kehittyvinä kykyinä suoriutua tehtävän edellyttämistä aktiviteeteista. Edelleen, tarkasteltaessa asiaa lentokoulutus-

järjestelmän näkökulmasta voi kompetenssi näyttäytyä muodollisina vaatimusasetteluina tai kvalifikaatioina.

Tutkija on toiminut hävittäjälentäjänä Hornet-laivueessa vuosien 2005 ja 2011 välisen ajan. Vuonna 2010 tutkija siirtyi Lentosotakouluun ilmataisteluopettajaksi, jossa hän on toiminut vuoteen 2015 asti eri tehtävissä opettaen pääasiallisesti ilmataistelua Hawk-kalustolla. Tänä ajanjaksona tutkija on päässyt osallistumaan viiden vuosikurssin läpivientiin lentokoulutusvaiheista kolme ja neljä. Tutkija on saanut ilmavoimien lentoturvallisuustutkintakoulutuksen ja suorittanut useita lentoturvallisuustutkintoja tutkintaryhmän johtajana. Näiden tutkintojen kautta tutkijan näkemys lentokoulutuksen yksilö- ja organisaatiotason haasteiden suhteesta lentoturvallisuuteen on syventynyt. Tutkija ei ole tehtäviensä puitteissa osallistunut lentokoulutusohjelmien järjestelmälliseen kehitystyöhön, muutoin kuin asiantuntijana.

Tutkimuksen ammatillinen perusluonne yhdistettynä tutkijan asiantuntijuussuhteeseen tutkittavaa ilmiötä kohtaan asettaa haasteita käsittelyn objektiivisuudelle. Tutkimuksen toteuttamisen keskeiseksi ongelmaksi nousee sen teoreettinen luonne suhteessa ammatilliseen orientaatioon, jolloin tieteellinen relevanttius on kyettävä luomaan kiertämällä mahdollinen tieteellisesti hyväksymätön lähdemateriaali yleisesti hyväksytyin menetelmällisin keinoin. Tämä korostuu etenkin tutkimuksen kokemuspohjaan nojautuvissa toiminnallisissa kuvauksissa tai skenaarioissa. Tutkijan vaikutusta kuvausten sisältöön minimoidaan iteroimalla niitä rinnakkaisluokittelijoiden avulla. Toisin sanoen luodut kuvaukset on tarkastettu toisten asiantuntijoiden toimesta synteetisellä muodostamiseksi. Tutkimuksessa luotettavuutta pyritään muutoinkin parantamaan käyttämällä monitriangulaatiota. Tällä tarkoitetaan sitä, että tutkimuksessa käytetään ja sovitetaan yhteen eri aineistonkeruumenetelmiä, teoreettisia näkökulmia sekä tutkimusmenetelmiä. (Tuomi & Sarajärvi 2013, 142–149.)

2.3. Tutkimusote ja tutkimuksessa käytettävät menetelmät

Tutkimus on luonteeltaan kvalitatiivinen aineistolähtöinen tapaustutkimus, jossa mielenkiinnon kohteiden ominaisuuksia tutkitaan induktiivisella lähestymistavalla ja eri puolilta asiaa syvällisesti tarkastellen. Tutkimus etenee yksittäisistä havainnoista kohti yleisiä merkityksiä. Siinä muodostetaan laajalla integroivalla kirjallisuuskatsauksella tutkittavasta aiheesta teemoja, jotka toimivat kehyksenä uuden tiedon etsimiselle ja jäsentelylle loogiseksi kokonaisuudeksi. Seulomalla esiin olennaiset avainkategoriat ja terästämillä niitä uudella teoreettisesti täsmentyneellä havaintoaineistolla, tutkimuksessa pyritään päätyämään kirkastuneen aineiston pohjalta ilmiötä selittäviin käsitteellisiin malleihin ja niiden teoreettiseen pohdintaan. (ks. Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2010, 132–135)

Tutkimus kuuluu sotilaspedagogiikan tieteenalaan, jonka luonne perustavana sotatieteenä mahdollistaa laajan menetelmäkirjon sekä monitieteellisyyden käytön. Hävittäjälentokoulutusjärjestelmän tutkimus on sotilaspedagogiikan kapea sektori, jonka sisään muodostuu mahdollisuus kritiikittömille ja päämäärähakuisille tutkimuksille. Tässä tutkimuksessa tehdyillä menetelmä- ja suojaustasovalinnoilla pyritään lisäämään tutkimuksen avoimuutta sekä sotilaspedagogiikalle tyypilliseen tapaan mahdollistamaan optimaalinen kompromissi tutkimusongelman deskriptiiviseen ymmärtämisen ja toisaalta oikeiden toimintatapojen normatiivisen ohjaamisen välille. (Rantapelkonen & Koistinen 2016, 117–120; ks. myös Mäkinen 2009, 86)

Sotilaspedagogisen näkemyksen mukaan väline toimii käyttäjänsä "jatkeena" ja sen tehtävänä on tehostaa ihmisen kykyjä ja valmiuksia. Sotilaspedagogiikka asettaa välineen jotakin päämäärää tavoittelevan ihmisen käyttöön. Tämän vuoksi väline, sen käyttäminen tai käyttöasteen nostaminen ei ole sotilaspedagogiikan näkökulmasta itseisarvo tai tavoite. (Mäkinen 2009, 103.) Tämä ei sulje pois tutkimukseen valittua näkökulmaa käyttäjän ja välineen suhteesta sekä sen vaikutuksista koko järjestelmään. Näin ollen pääasiallisena tutkimusintressinä toimii ihmisyyden syvällisempi ymmärtäminen teknologistuvassa ja automatisoituvassa toimintakentässä.

Tutkimuksessa on pohjimmiltaan kyse taitojen tieteellistämisestä, jossa kohteen eli hävittäjälentäjän ammatillisesta ja käytännön normatiivisesta ytimestä muodostettu tieto sijoitetaan osaamiskontekstiin. Samalla ammattiin liittyvästä järjestelemättömästä tiedosta muodostetaan tieteellisesti perusteltua ja systematisoitua tiedettä. (Mäkinen 2009, 85.)

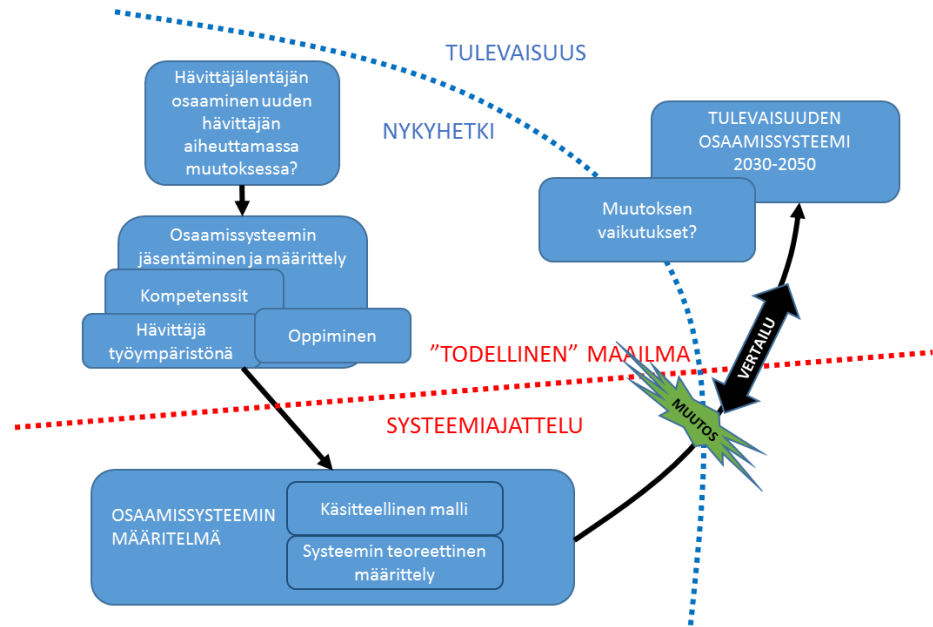
2.3.1. Pehmeä systeemimetodologia - Checklandin SSM -malli

Tiedon systematisointia tukeva pehmeä systeemimetodologia tarjoaa tutkimukselleni menetelmällisen viitekehyksen, jonka sisällä olevia alaongelmia ratkotaan useilla toisiaan tukevilla menetelmillä¹. Metodologia toimii syklistä, joten sillä mistä tutkimus aloitetaan, ei ole menetelmän kannalta merkitystä. Keskeistä on, että tutkimuksen lähtökohtana on jokin ongelma, joka takaa tutkimusmotiivin. Olennaista on myös selvittää miten asiat ovat ja miten ne voisivat olla. Tutkimuksen tavoitteena on saada vallitsevaa todellisuutta kuvaava teoria ja mahdollinen tulevaisuus systemaattiseen kehittämisdialogiin keskenään. (Checkland & Scholes 1999; ks. myös Metsämuuronen 2010.) Tätä näkemystä tukee Hirsjärven ym. (2010, 266) esille tuoma kvalitatiivisen tutkimuksen luonteenomaisuus "juoneltaan etenevänä kertomuksena".

Systeemiajattelun hyödyt piilevät siinä, että sen avulla monimutkainen ongelma kyetään jäsentämään osakokonaisuuksiksi, joka mahdollistaa sen systemaattisen käsittelyn. "Kovan"

¹ Menetelmätriangulaation hyödyntäminen.

systemiajattelun haasteeksi muodostuu se, ettei sillä voida täsmällisesti mallintaa monimutkaisia oppivia systeemejä, vaan tulokset ovat aina karkeita arvioita. Tähän ongelmaan vastaamiseksi kehitettiin pehmeä systeemimetodologia eli SSM, jonka avulla monimutkaisten ja epätäsmällisesti toimivien päätöksentekosysteemien jäsentely on mahdollista. (Mannermaa 1991, 191)



Kuva 3: Tässä tutkimuksessa sovellettu pehmeän systeemimetodologian evolutionaarinen versio (mukaillen Checkland 1985, 763).

Pehmeässä systeemimetodologiassa maailman oletetaan olevan ongelmallinen kokonaisuus, mutta sitä uskotaan voitavan tutkia systeemimalleja hyödyntämällä. Mallien uskotaan olevan älykkäitä rakennelmia, eli epistemologioita. Metodologian etuna on sen käytettävyys sekä inhimillinen ote ongelmanratkaisuun. Heikkoudeksi voidaan laskea se, ettei pehmeä systeemimetodologia tarjoa koskaan täysin täsmällistä vastausta. Metodologiassa hyväksytään, että ongelman tutkiminen voi jatkua ilman näköpiirissä olevaa loppua. Sen tavoitteena usein onkin avata uusia näkökulmia ja kehittämisspolkuja. Koska Checklandin SSM-mallissa systeemimetodologia nähdään enemmän mallin rakentamisena, kuin varsinaisena metodologisena kehittelynä, nähdään mallin käytön sovittaminen työkaluksi erilaisiin tarpeisiin hyväksyttäväksi. (Checkland 1985, 765; Checkland & Scholes 1999)

Nykyisen ja tulevan systeemin vertailu suoritetaan logiikkaan pohjautuvalla analyysillä, jossa verrataan systeemien toimintoja, rakenteita ja suhteita. Tavoitteena on enemmänkin ongelman ymmärtäminen, kuin tieteellinen läpimurto. (Checkland 1985.) Tutkimuksen mielenkiinnon kohteena oleva systeemi on hävittäjäntäjän osaaminen, johon kohdistuva muutos aiheuttaa järjestelmälle sopeutumistarpeen. Checklandin ja Scholesin (1999, 35) esittelemä systeemin

tarkastelu CATWOE-prosessilla ei sovellu sellaisenaan tutkimuskohteena olevan osaamisen tarkasteluun. Tutkimuksessa käytetään käsitteitä *osaamissysteemin määritelmä* ja *tulevaisuuden osaamismalli* ja ne ovat sisältönsä puolesta sovitettu palvelemaan tutkimuskohteen loogisen tarkastelun tarpeita. Tästä johtuen *määritelmän* keskeisin tuote on systeemin toimintaa kuvaava käsitteellinen malli ja teoreettinen kuvaus sen toimintalogiikasta.

Pehmeän systeemimetodologian prosessi käynnistyy tutkittavan ilmiön orientoivalla kuvauksella, joka on toteutettu tutkimusraportin johdannossa. Orientoivaa kuvausta tarkennetaan kompetenssiteorioiden sekä hävittäjän työympäristön ja oppimisteorioiden perusteellisella kuvauksella luvuissa 3, 4 ja 5. Osaamissysteemin määritelmä muodostetaan kehittämällä sitä vaiheittain kirjallisuuskatsauksella tehtyjen havaintojen pohjalta. Tätä määritelmää käytetään luvun 7 delfoi-tutkimuksen teoriapohjana tulevaisuusnäkyville. (ks. Checkland & Scholes 1999)

2.3.2. Integroiva kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus toteutetaan integroivalla otteella, jonka tavoitteena on kuvata tutkittavaa ilmiötä mahdollisimman monipuolisesti. Integroiva kirjallisuuskatsaus ei ole metodologisesti niin valikoiva tai rajattu, kuin esimerkiksi systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Tämä mahdollistaa uusien näkökulmien syntymisen ja uuden tiedon integroimisen jo tehtyihin havaintoihin. Integroiva ote sallii myös erilaisilla metodologisilla lähtökohdilla muodostetun aineiston käytön ja yhdistelyn analyysin pohjaksi. (Salminen 2011, 8)

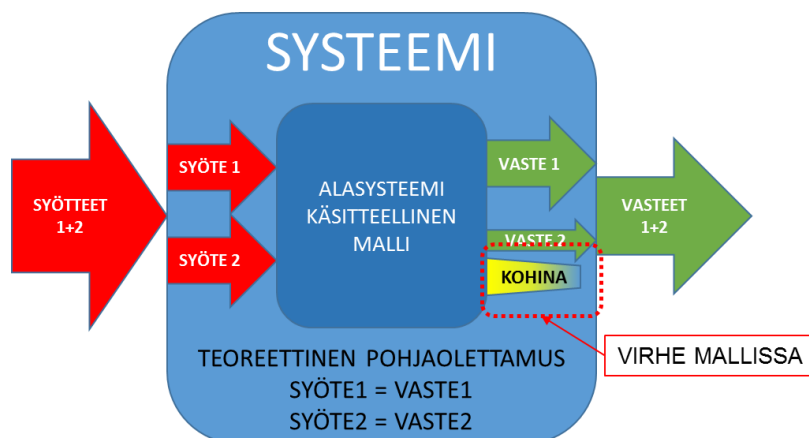
Tutkimuksen kirjallisuuskatsausten ote on integroiva siinäkin mielessä, että niissä esiintyy useiden tieteenalojen lähdekirjallisuutta. Käsitteistön kirjavuuden vuoksi tiedon integroinnin edellytyksenä on käsitteiden merkityksistä muodostettavat synteetit, joilla kyetään tiivistämään ja yhtenäistämään käsitteistöä kielellisesti. Tässä mielessä tutkimuksessa tukeudutaan löyhästi laadullisen meta-analyysin perussuuntauksiin kuuluvan metasynteetin ajatusmalliin. Tämän hermeneuttisen lähestymistavan pyrkimyksenä on ymmärtää ja selittää tutkittavaa ilmiötä. Se tapahtuu yhdistämällä samaa aihetta koskeva aineisto, jotta niiden nyanssit ja oletukset voidaan paljastaa. Aineistoa tarkastellaan pääosin yhtäläisyyksien ja erojen kautta rakentaen samalla aihealueesta vakuuttavaa kokonaiskuvaa, joka näyttäytyy tässä tutkimuksessa muodostettujen mallien eri kehitysvaiheina. (Salminen 2011, 12–13; ks. myös Welsh & Downe 2005, 206–209)

Integroivan kirjallisuuskatsauksen pyrkimyksenä on luoda systemaattisia tiivistettyjä käsitte-luokiteltuja ja jäsenneltyjä nippuja, joista muodostuvat synteetit päätyvät osaksi tutkimuksessa luotavien mallien rakentamista ja kehittelyä. Kun mallien kehittelyssä ilmenee tarve uudel-

le teoriatiedolle, jatketaan kirjallisuuskatsausta aikaisempiin käsitteluokkiin perustuen etsien niiden ympäriltä uusia avainkäsitteitä, joiden asemoitumisesta käsitteentäössä otetaan selvyyttä. Näin ollen tutkimukseen muodostuu seuraavaksi esiteltävän NARMAX -filosofian ja kirjallisuuskatsauksen välinen vuoropuhelu, jonka tuloksena malli kehittyy.

2.3.3. NARMAX-metodi²

NARMAX -filosofiaa hyödynnetään tutkimuksessa luotujen käsitteellisten mallien puutteiden etsintään ja korjaamiseen. Edelleen, jos jokin malliin sijoitettava käsitteellinen syöte ei tuota teoreettisena pohjaoletuksena olevaa vastetta, niin syöte on korruptoitunut mallin virheestä tai hävinnyt kohinaan. Virhe voi syntyä joko kokonaan puuttuvista elementeistä tai epäloogisuudesta elementtien välisissä riippuvuuksissa, eli systeemin sisäisessä prosessissa. Mallista löytyvä odottamaton kohina, eli virhe analysoidaan ja sille etsitään syitä ja korjausvaihtoehtoja mallin teoreettisesta kehyksestä. Mallin kehittämisen tarkastuspisteistä muodostuva ketju tuottaa mallille evoluution, jonka kehittäminen jatketaan, kunnes teoreettisella viitekehysellä ei enää ole tarjota tarkoituksenmukaisia käsitteitä mallin elementeiksi tai, kun malli vastaa riittävän hyvin tarkoitustaan. Malliin jääviä epätarkkuuksia kuvaavan kohinan perusteella voidaan arvioida mallin luotettavuutta tai tarkkuutta. Koska mallit ovat käsitteellisiä, niin myös niille annettavat syötteet ovat käsitteellisiä, aivan kuten odotusarvoiksi teorian kautta muodostuvat vasteetkin. NARMAX -tarkastelut tapahtuvat "Systeemin tarina" -alaluissa.



Kuva 4: Tässä tutkimuksessa sovellettu NARMAX -filosofia mallien kehittämiseksi.

Pehmeä systeemimetodologia on kohdannut kritiikkiä siitä, ettei sillä voida varsinaisesti rakentaa systeemiä, vaan se soveltuu nimenomaan jo olemassa olevan systeemin kehittämiseen.

² Nonlinear AutoRegressive Moving Average model with eXogenous inputs.

SSM on enemmänkin joukko periaatteita, kuin menetelmä. (Checkland 1981, Rubin 2004 mukaan.) Tässä tutkimuksessa rakennetut systeemit ja mallit sijoitetaan pehmeän systeemimetodologian keinoin laajempaan viitekehykseen. Hävittäjälentäjän osaamisen alasysteemien, elementtien ja mallien rakentamista, tunnistamista, analysointia ja validointia varten tutkimuksessa hyödynnetään pehmeän systeemimetodologian ohessa NARMAX -metodin filosofiaa. NARMAX -metodissa systeemin määrittelyn perusteet vastaavat yleistä systeemimetodologia käsitystä. Systemi koostuu rajallisesta määrästä erillisiä tekijöitä, jotka ovat usein myös määriteltävissä omiksi pienemmiksi alasysteemeiksi. Näiden tekijöiden välillä on jännitteitä ja yhteyksiä, jotka erottavat systeemin ympäristöstään. Systemi on siis määriteltävissä oleva kokonaisuus, joiden osilla on määriteltävissä oleva suhde. (Checkland 1985.)

Metodia käytetään erityisesti ei-lineaaristen systeemien tunnistamiseen. Ei-lineaarinen systemi on sellainen, jossa syötteiden irralliset summat eivät vastaa systeemistä ulosmitattua vastetta, jolloin osa syötteistä häviää kohinaksi. Yksilön osaamista voidaan luonnehtia tällaiseksi systeemiksi. Systemin tunnistamisella pyritään sen perusajatuksen ja rakenteen tunnistamiseen. Tunnistamisen ensimmäinen vaihe on likiarvoisen mallin muodostaminen, jonka avulla voidaan tehdä ensimmäiset ennusteet systeemin toiminnasta. (Billings 2013)

MacAdam (2003) on hyödyntänyt ei-lineaarisia malleja tutkiessaan autonkuljettajan ajotilanteissa tarvitsemia taitoja, kuten ennakointiin liittyvät korjaustoimenpiteitä. Tutkimustuloksia on käytetty perusteina mm. autoiluun liittyvän automatiikan kehittämiseen. Auton ja kuljettajan välinen yhteistyö ilmenee usein tavalla, joka ei mahdollista selkeän rajaviivan vetämistä ihmistoiminnan sekä auton mekaanisten ominaisuuksien välille. Näin ollen niiden käsittely yhtenä kokonaisuutena on perusteltavissa. (MacAdam 2003, 102–103)

Tämän tutkimuksen kannalta keskeinen havainto MacAdamin (2003, 116) luomasta ei-lineaarista mallista on, että systeemitasolla hävittäjää ei tarvitse erottaa lentäjistä tutkittaessa niiden vuorovaikutussuhdetta ympäristöön. Toisaalta hävittäjän teknisiä yksityiskohtia ja ominaisuuksia voidaan hyödyntää lentäjän osaamisen jäsentelyssä ja mallintamisessa.

NARMAX -filosofian keskeiset elementit ovat systeemin syöte, vaste ja systeemissä vallitseva kohina. NARMAX -filosofia tarjoaa tutkimuksen toteuttamiseen kaksi keskeistä kokonaisuutta: Systemin tarkasteluelementit, eli syötteen, vasteen ja kohinan sekä tähän tutkimukseen soveltuvan tarkastelumallin jossa on keskeistä tietää 1) mitä ehtoja malliin liittyy? 2) millaisia vaikutuksia malliin sisältyy? 3) onko mallissa vääristymiä? 4) Mikä on järjestelmän tuottama vaste 5) mitkä ovat systeemin dynaamiset ominaisuudet? (Billings 2013)

2.3.4. Delfoi-metodi

Tutkimuksen empiirisen vaiheen menetelmänä käytetään argumentoivaa delfoi-tekniikkaa, johon liittyvä asiantuntijakysely suoritettiin webropol-kyselynä. Delfoi-tekniikka on kehitetty tulevaisuuden tutkimuksen tarpeisiin. Menetelmän tavoitteena on muodostaa asiantuntijoiden ja peräkkäisten kontrolloitujen kysymysten sarjalla joko konsensus tai mahdollisten tulevaisuusskenaarioiden "verkosto". Alkuperäisen delfoi-prosessin peruselementteinä olivat informaatiovirran strukturointi etukäteen valmisteltujen kysymysten avulla, iterointikierrokset ja niiden välissä annettava palaute sekä vastaajien anonymiteetti ja tilastollisuus³. Delfoi-tekniikasta ei ole yhtä varsinaista versiota, mutta sen päävaiheet on kuvattu alla (Mannermaa 1999, 146–152):

- a. Valitaan aihealue ja kootaan tutkijaryhmä.
- b. Muotoillaan kysymyslomake, epäselvien ja tulkinnanvaraisten ilmaisujen ja käsitteiden minimointi sekä mahdollisen pilottikyselyiden toteuttaminen.
- c. Delfoi-paneelin muodostaminen. Paneelin koko voi vaihdella suurestikin. Yleensä 10–20 nähdään lähes poikkeuksetta riittävän kokoiseksi paneeliksi.
- d. Ensimmäinen kyselykierros. Suoritetaan vastausten kokoaminen ja tilastollisten tunnuslukujen laskeminen.
- e. Palaute. Lähetetään yleisestä linjasta poikkeaville vastaajille tieto heidän poikkeamistaan ja pyydetään lisäperusteluja.
- f. Mahdollinen työseminaari.
- g. Toinen kyselykierros. Lähetetään paneelille ensimmäisen kyselykierroksen tulokset, joista ilmenee lisäksi palautteen seurauksena saadut poikkeavien asiantuntijoiden esittämät erityisperustelut. Samalla suoritetaan uusi vastauskierros.
- h. Tulokset. Suoritetaan saatujen vastausten kokoaminen ja tilastollisten tunnuslukujen laskeminen.

Delfoi-menetelmän käyttöä pidetään perusteltuna silloin, kun 1) analyttisten menetelmien käyttöön ei ole riittävä dataa 2) kollektiivisten subjektiivisten arvioiden voidaan olettaa olevan hyödyllisiä ongelman ratkaisussa 3) ongelma on laaja tai monimutkainen ja tieteidenvälinen 4) asiantuntijoita ei joko saada tai haluta saman pöydän ääreen. (Mannermaa 1999, 153)

Tässä tutkimuksessa sovellettava delfoi-menetelmän muunnos on argumentoiva delfoi, jossa pääpaino ei ole niinkään konsensuksen muodostamisessa, vaan erilaisten näkemysten löytäminen synteessin tueksi. Synteesi rakentuu tutkijan muodostamista teeseistä tai näkökohdista, jotka heijastelevat asiantuntijoiden näkemyksiä. Asiantuntijapaneeli argumentoi tutkijan asettamia teesejä tai väittämiä ja tuovat esiin lisänäkökulmia. Argumentoiva delfoi poikkeaa tekniikkana perinteisestä lähinnä haettujen tulosten osalta. Argumentoivalle delfoille on luon-

³ Tilastollisuudella tarkoitetaan sitä, että ryhmän kollektiivinen mielipide määriteltiin sopivaksi yhdistelmäksi paneelin jäsenten yksilöinä esittämiä arvioita.

teenomaista, että ensimmäinen kierros toteutetaan postikyselyn sijaan haastatteluna ja toisella kierroksella ei niinkään etsitä näkemysten yhtäläisyyksiä, vaan niiden eroja. (Kuusi 2013, 260–264)

Poikkeuksena argumentoivan delfoin periaatteisiin, tässä tutkimuksessa kyselyn ensimmäinen kierros toteutetaan perinteisen delfoin tapaan postikyselynä. Tämä on perusteltavissa sillä, että kyselyn pohjaksi muodostettavat teesit perustuvat tutkimuksen teoriavaiheen havaintoihin, jolloin postikysely on luotettavammin strukturoitavissa tarkasteltavaan viitekehykseen. Kyselyn toteutuksessa on pyritty Mannermaan (1999, 156) mainitsemaan periaatteeseen siitä, että väitteiden tai kysymysten tulee olla pituudeltaan 20–25 sanaa, jonka on todettu tuottavan laadukkaimmat vastaukset ja tuottavan tarkoituksenmukaisen hajonnan asiantuntijalausuntoihin.

2.4. Tutkimuksen rajaukset

Lentokoulutusjärjestelmä koulutusohjelmiseen on pitkän kehityskaaren lopputulos. Käytössä olevat lentokoulutusohjelmat edustavat kattavasti sen hetkisiä ilma-aseelle asetettuja vaatimuksia ja tehtäviä. Koulutusjärjestelmän kehittämiseen vaikuttavat ainakin käytettävissä olevat resurssit aika mukaan lukien, tavoiteltava lopputuote ja lentoturvallisuus. Vuosien saatossa ilmavoimiin on kehittynyt kansainvälisestäkin mitattuna arvostettu lentoturvallisuuskulttuuri. Perusteet tälle on antanut koordinoitu koulutusohjelmien kehitystyö sekä lentoturvallisuustyön ympärille kehittynyt avoin tiedotuskulttuuri (Keränen 2004, 93–98).

Lentoturvallisuus nostetaan käytännössä aina pinnalle tehtäessä lentokoulutukseen liittyviä uudistuksia, olivat ne pieniä tai suuria. Tämän tutkimuksen osalta lentokoulutuskulttuuri, lentoturvallisuus, resurssit tai koulutukseen käytettävä aika rajataan käsittelyn ulkopuolelle. Edellä mainittuja tekijöitä hallinnoi pääasiallisesti omat prosessinsa, joihin puuttuminen ei tutkimuksen näkökulma huomioiden ole olennaista. Jatkossakin nämä prosessit ohjaavat, tukevat tai tarpeen tullen rajoittavat lentokoulutusjärjestelmään toteutettavia uudistuksia sekä kehittämistä omien toimintakuvaustensa mukaisesti.

Lentämistä välittömästi ympäröiviin toimintoihin sisältyy paljon johtamista sekä muita sosiaalisia elementtejä. Tässä tutkimuksessa ei käsitellä näitä kompetenssin osa-alueita niiltä osin, kuin ne eivät liity suoraan hävittäjän lentämiseen.

Lentäjän suorituskykyyn ja sen myötä kompetenssien hyödyntämiseen voi liittyä useita ulkoisia tai sisäisiä häiriötekijöitä, kuten ravitsemukseen, nesteytykseen, väsymykseen sekä fyysiseen kuntoon liittyvät tekijät. Nämä ovat tutkimuksen tavoitteen kannalta irrelevantteja ja niitä kontrolloidaan omilla prosesseillaan lentopalvelukseen liittyvillä ohjeistuksilla ja määräyksillä, joten ne rajataan tutkimuksen ulkopuolelle.

Vapaavuoren ja Sorsan (2005, 2) mukaan lentäjäksi haluavan ihmisen tulee sisäistää koulutuksensa aikana ilmailullinen ajattelutapa. Tietojen ja taitojen lisäksi hänen on omaksuttava oikea asennemaailma. Tämä luo selkeän yhteyden kompetenssi- tai osaamisperusteiseen ajatteluun, jossa kompetenssi tai osaaminen ymmärretään nimenomaan yksilön tiedoiksi, taidoiksi, kokemuksiksi ja asenteiksi (Ojala 2002, 103–105). Asenteiden ja ajattelutavan yhteys lentäjän kompetenssin ulosmittaamiseen on kiistaton. Toisaalta niiden oppiminen tapahtuu osana organisaatiokulttuurin sisäistämistä, jolloin niiden perustavanlaatuisen sidoksen organisaatio- ja toimintakulttuuriin sulkee ne pois tämän tutkimuksen mielenkiinnon kentästä. Asenteiden affektiivisen ja muuttuvan luonteen johdosta niiden vaikutuksia taitoihin ja tietoihin on vaikea mitata ja mallintaa kiistattomasti, joten ne rajataan tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Tutkiessaan lentämisen kuormittavuutta NASA (NASA Task Load Index) on jakanut kuormittavuustekijät kuuteen osa-alueeseen: Mentaaliset⁴-, fyysiset⁵-, aikavaatimukset⁶ sekä saavutus⁷, ponnistelu⁸ ja turhautuminen⁹. Kyseinen jaottelu auttaa tässä tutkimuksessa tehtävien rajausten havainnollistamisessa. Tämän tutkimuksen painopiste on vahvasti mentaalilla ja psykologisella alueella. Fyysinen osa-alue näkyy tässä tutkimuksessa lähinnä käsitteenä taito, jonka fysiologinen ilmentymä esimerkiksi motorinen kontrolli on. Ponnistelulla on mentaalisen ja fyysisen kuormituksen kautta vahva yhteys ihmisen kapasiteettiin, jolloin se tulee näkyväksi tutkimuksessa joko suoraan tai epäsuorasti. Muut mainituista osa-alueista ovat tutkimusta tukevaa taustatietoa ja niiden suhde tutkimusongelmiin ei ole välitön.

Tutkimuksen käsitteellisyys vuoksi yksilöiden tai hävittäjämallien väliset erot eivät ole tutkimuksen mielenkiinnon kohteena. Tavoite on laajentaa, avata ja jäsenellä aihealueen käsitteentä hyödynnettävämpään muotoon huomioiden myös ne teoreettiset näkökulmat, joiden kautta aihealuetta ei ole aikaisemmin ilmavoimien tutkimuskentässä tarkasteltu.

Yhteenvedonä tutkimuksesta rajataan pois organisatoriset, kulttuuriset- tai lentoturvallisuustekijät; yksilön ulkoiset- ja sisäiset häiriötekijät kuten väsymys, ravitsemus ja nesteytyminen; asenteelliset ja tunnetekijät kuten pelko ja epävarmuus; sosiaaliset tekijät; fyysiseen kuntoon tai suorituskykyyn viittaavat tekijät pois lukien motoriset taidot ja kontrolli; ulkoiset ja sisäiset paineenaiheuttajat sekä yksilöiden tai hävittäjämallien väliset eroavaisuudet.

⁴ Mental demand: Henkinen ja aisteihin liittyvä aktiviteetti (esim. ajattelu, päättely, muistelu, tarkkaavaisuus, etsiminen ja haeskelu jne.).

⁵ Physical demand: Fyysinen aktiviteetti (esim. työntäminen, vetäminen, kääntyminen, kontrollointi, aktiivointi jne.).

⁶ Temporary demand: Aikapaineen määrä. Suoritteiden esiintymistiheys.

⁷ Performance: Miten hyvin suorittaja koki selviävänsä annetuista tehtävistä.

⁸ Effort: Kuinka kovaa piti työskennellä (mentalisesti ja fyysisesti) saavutuksiin nähden.

⁹ Frustration level: Epävarmuus, lannistuneisuus, ärsyyntyneisyys, rasittuneisuus, kiusaantuneisuus suhteessa itsevarmuuteen, ilahtuneisuuteen, tyytyväisyyteen ja rentoutuneisuuteen tehtävän suorittamisen aikana.

2.5. Systeemin tarina - osa 1: Hävittäjäalentäjän osaaminen

"Systeemin tarinaksi" nimetyissä luvuissa kehitellylle systeemille tehdään NARMAX-filosofian mukainen tarkastelu¹⁰ ja etsitään perusteita systeemin evoluution seuraavalle vaiheelle. Näin systeemin ympärille muodostuu laadullista otetta ja induktiivista lähestymistapaa noudattava looginen kertomus, josta systeemin evoluution vaiheet on helposti havaittavissa.

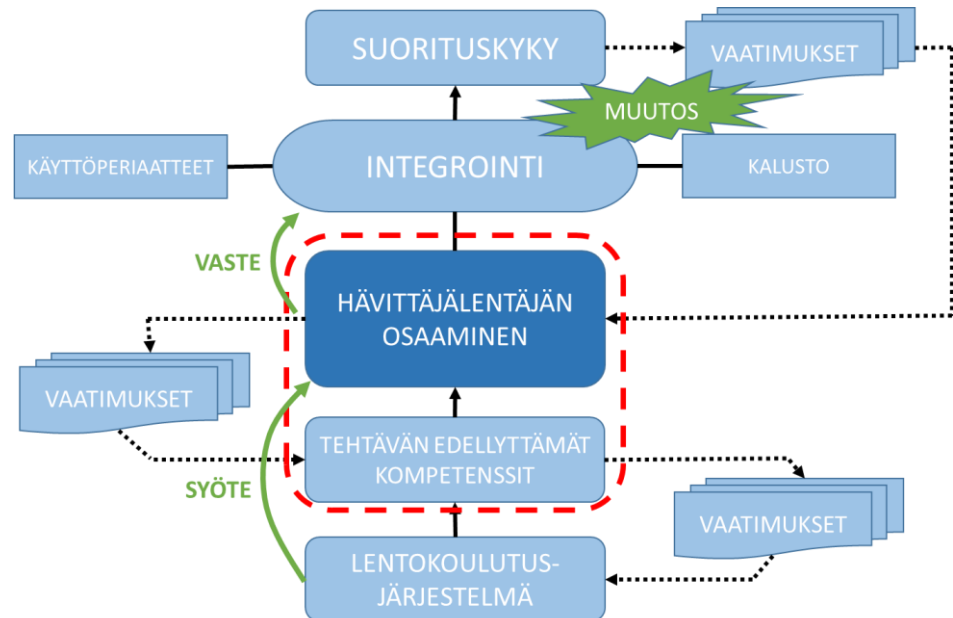
Käsiteltäessä hävittäjäalentäjän osaamista systeeminä, on sille määriteltävä rajat suhteessa vallitsevaan ympäristöön. Eristämisen jälkeen määritetään sen suhde vallitsevaan ympäristöön virtauksineen ja jännitteineen. Systeemin toiminnan ymmärtämiseksi, myös tarkastelunäkökulmaan vaikuttavat alasysteemit on voitava arvioida, jotta niiden merkitys kokonaisuuden kannalta on selvitetävissä. Systeemin määrittely on lopulta kiinni tarkastelijan valinnoista, joiden seurauksena valittu systemi voi näyttäytyä erilaisena näkökulma- ja intressieroista johtuen. (Rubin 2004; ks. myös Checkland & Scholes 1999)

Systeemin toiminnan mallintamiseksi on sen analysointi aloitettava alasysteemien määrittelyllä ja systeemin sisäisten tai alasysteemien välisten sekä ympäröivän systeemin vuorovaikutussuhteiden, siihen liittyvien toimijoiden ja kontrollijärjestelmien jäsentämisellä. Analyysin ongelmallisuuksien osuus on alasysteemien, toimintojen ja prosessien merkityksellisyyden arviointi ja niihin tehtävät rajaukset. (Rubin 2004)

Myös systeemiin kuuluvien elementtien ja alasysteemien välille on tehtävä selkeä käsitteellinen rajaus. Systeemiä määriteltäessä, on kunkin systeemiin kuuluvan osan kohdalla määriteltävä sen käsittelytarkkuus. Jos systeemin osaa ei ole tarkoitus purkaa enää pienempiin osiin, vaikka se voisikin toimia omana järjestelmänään, käytetään kyseisestä osasta tässä tutkimuksessa selkeyden vuoksi käsitettä elementti. (Koivuporras 2008, 85–87)

Herranen (2007, 33) on tutkimuksessaan luonut mallin hävittäjän suorituskyvyn tuottamisesta. Mallissa hävittäjäalentäjän osaamisen tuottavat tehtävän edellyttämät kompetenssit. Luotu malli edustaa vuokaaviomaista rakennetta, jossa osaaminen näyttäytyy enemmänkin kvalifikaationa kuin kompetenssinä. Herranen tekeekin käsitteiden määrittelyssä eron osaamisen ja kompetenssin välille. Käytetty tulkinta ei ole ristiriidassa vallitsevien käsitelmäritelmien kanssa, vaan edustaa yhtä näkemystä kompetenssin perusluonteesta (ks. Ruohotie & Honka 2002, 17–54).

¹⁰ Mitkä ovat mallin ehdot, vaikutukset, vääristymät, sen tuottama vaste ja dynaamiset ominaisuudet? Sisältääkö malli kohinaa vai kuvaako se riittävällä tarkkuudella mielenkiinnon kohteena olevaa systeemiä? Minkä elementtien tarkastelu toimii mallin jatkokehittelyn edellytyksenä?

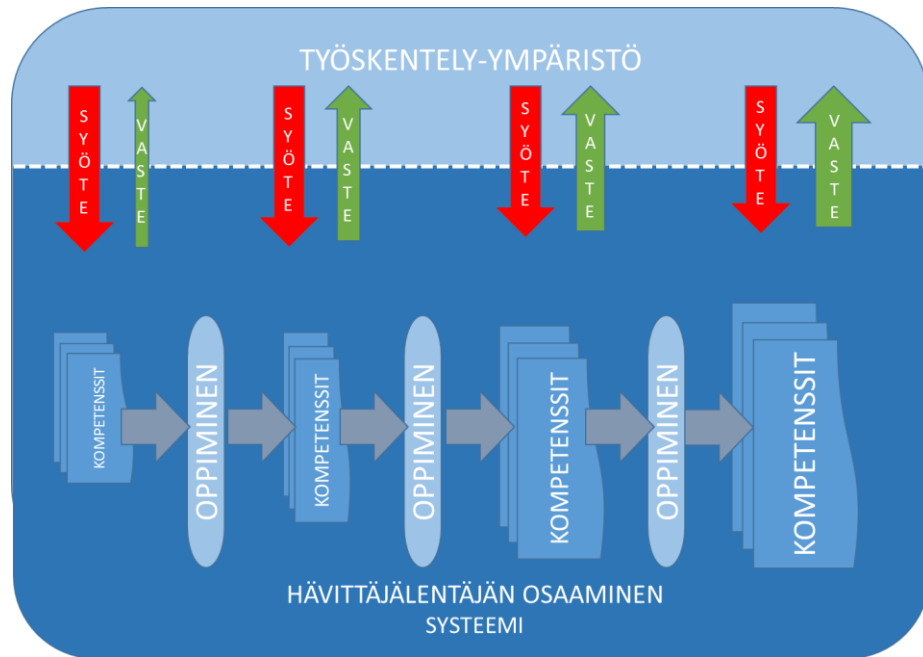


Kuva 5: Hävittäjälentäjän osaamisen systeemi suorituskyvyn rakentumisen alasysteiminä (mukaillen Herranen 2007, 33).

Tämän tutkimuksen tulkinnan mukaan osaaminen pitää systeeminä sisällään kaikki tehtävän edellyttämät kompetenssit. Hävittäjälentäjän osaamiseen tulee suoria syötteitä lentokoulutusjärjestelmästä. Osaaminen tuottaa vasteen integraatioon, jossa se kaluston ja käyttöperiaatteiden rinnalla tuottaa vaatimusten mukaista suorituskykyä eli kyvyn saavuttaa haluttu vaikuttavuus halutuissa olosuhteissa (Pääesikunnan suunnitteluosasto 2013). Tämä malli on tietoisesti yksinkertainen, koska suorituskyvyn kokonaisuuden kuvaaminen ei ole tässä yhteydessä tarkoituksenmukaista.

Näkökulmavalinnoista johtuen käsiteltävällä systeemillä on vuorovaikutusta lentokoulutusjärjestelmän kanssa. Lentäjän todellinen osaaminen tuottaa vasteen suorituskykyä tuottavalle systeemille. Murrokset ympäröivässä systeemissä näkyvät integroinnin aiheuttamina syöteinä hävittäjälentäjän osaamiselle. Joskin ne tuotetaan lentokoulutusjärjestelmän toimesta. Liittämällä kompetenssit osaksi hävittäjälentäjän osaamista, on käsiteltävä systeemi eristetty ympäristöstään ja sen ulkopuoliset vuorovaikutussuhteet on saatu kuvattua halutulla tarkkuudella.

Tarkastelun kohteena olevan systeemin alasysteemeistä sekä niiden vuorovaikutussuhteista muodostetaan pehmeän systeemimetodologian pohjaksi NARMAX-filosofian mukainen likiarvoinen malli, jolle luodaan ensimmäiset ennustukset sen toiminnasta (kuva 6). Tämä malli kuvaa käsiteltävää systeemiä yleisellä tasolla ja se otetaan alasysteemeineen tutkimuksessa ensimmäiseksi tarkastelun kohteeksi. Hävittäjälentäjän osaamista ei voi tarkastella staattisena tilana, vaan se kehittyy ja muuttuu jatkuvasti. Tällöin systeemiä kehittävä prosessi, eli oppiminen pitää myös kyetä suhteuttamaan toimintaympäristöön ja sen asettamiin vaatimuksiin.



Kuva 6: Hävittäjäalentäjän osaamisen likiarvoinen systeemikuvaus sekä alasysteemit ja vuorovaikutukset.

Hävittäjäalentäjän osaaminen perustuu kaksisuuntaiseen vuorovaikutukseen sekä hävittäjän ulkopuolisen, että ohjaamon sisäisen ympäristön kanssa. Hävittäjäohjaaja saa ympäriltään syötteitä, johon hän kompetensseihinsa perustuen tuottaa vasteen. Tämän vuoropuhelun seurauksena tapahtuu oppimista ja osaaminen kehittyy, eli kyky poimia syötteitä ja tuottaa vasteita paranee. Systemin alasysteemeiksi määriteltyihin kompetensseihin, työskentely-ympäristöön sekä oppimiseen liittyvät ehdot ja vaikutukset eivät selviä tämän tason tarkastelulla. Tällä tarkastelutasolla systeemistä on kuitenkin jo löydettävissä yksi systemin sisäistä dynamiikkaa lisäävä elementti, eli oppiminen. Kompetenssit tuottavat mallissa sisäisen syötteen oppimiselle, joka tuottaa vasteena kompetenssien kehittymistä. Työskentely-ympäristö tuottaa systeemille ulkoisia syötteitä, kuten informaatiota. Systemi tuottaa työskentely-ympäristölle ulkoisen vasteen, joka kuvaa käytännössä hävittäjäalentäjän päättämän reagoitavan vaikutuksia ympäristöön ja tilanteeseen.

Mallin keskeisimmät epätarkkuudet liittyvät tällä hetkellä ulkoisen syötteen ja vasteen välissä olevaan alasysteemiin, eli kompetenssiin. Mitkä ovat kompetenssien elementit ja millä logiikalla ne muuttavat saapuvat syötteet vasteiksi? Tämä selvitetään suorittamalla integroiva kirjallisuuskatsaus kompetenssiteorioihin.

3. KOMPETENSSIT OSANA SYSTEEMIÄ

Puolustusministeriön (2013, 10) lentokoulutusselvityksessä mainitaan lentokoulutuksen perustuvan kokemuksellisen oppimisen periaatteeseen, jonka mukaan ohjaajien kompetensseja kehitetään vaiheittain kaluston ja oppimiskyvyn rajoissa. Osaamisen kehittämisen lähtökohtana on yleensä tarvittavien kompetenssien tunnistaminen. Osaamiskenttä voi olla hyvinkin monimutkainen kokonaisuus. Purkamalla osaamisen kokonaisuus käsitteelliseksi kentäksi, voidaan sen sisältämiä elementtejä riippuvuussuhteineen tarkastella merkittävästi syvällisemmin. Luvun tavoitteena on syventää osaamiskäsitteen teoreettista viitekehystä yleisesti kompetenssiin liitetyillä alakäsitteillä kuten avainkompetenssi, siirtovaikutus sekä metakompetenssi. Luvussa luodaan lisäksi kompetenssin liityntäpinnat kognitiiviseen toimintaan ja oppimiseen.

3.1. Kompetenssit

Työtehtävään liittyvää kompetenssia on perinteisesti pidetty ominaisuuspohjaisena ilmiönä. Sitä kuvastavat tietämys, taidot ja asenteet, jotka ihminen hallitsee suhteessa työhönsä. Toisaalta kompetenssien on nähty työyhteisössä siirtyvän osaavilta ihmisiltä osaamattomille. Uusimmat tutkimukset ovat osoittaneet, että kompetenssi ei määräydy spesifisten ominaisuuksien perusteella. Sen sijaan näiden ominaisuuksien muodostuminen on seurausta sille, että työt organisoidaan perustuen tarkkaan ymmärrykseen siitä mitä työ on. Tämä ymmärrys määrittelee tietämykselle, taidoille ja asenteille kehittymisen mahdollisuudet. Ymmärryksen lisäksi keskeiseen asemaan on nostettu myös se, miten työ ja siinä kehittyminen koetaan. (Sandberg & Dall'Alba 2006, 107–108).

Ruohotie & Honka (2003, 54) määrittelevät ammatillisen kompetenssin seuraavasti:

- a. yksilön kapasiteetin ja tehtävän asettamien vaatimusten vastaavuus
- b. tiedon ja älyllisten taitojen, kuten induktiivisloogisen kyvyn ja ei-kognitiivisten valmiuksien (motivaatio ja itseluottamus) muodostama kapasiteetti.
- c. potentiaalisena mieluummin, kuin aktuaalisena kyvykkyytenä (ts. kapasiteettina jota käytetään vain tietyin edellytyksin, esimerkiksi tehtävän haastavuuden mukaan)

Ruohotie & Honka (2002) kirjoittavat myös ammatillisesta huippuosaamisesta johon sisältyvät käsitteet kompetenssi, taito, kvalifikaatio, kyky, kapasiteetti, tehokkuus ja taitavuus eri sidoksissa toisiinsa. Kompetenssia käsittelevää tieteellistä kirjallisuutta on saatavilla runsaasti, mutta tästä huolimatta käsitteiden käyttö on ollut horjuvaa eikä käsitteen merkitysisällöstä

ole päästy konsensukseen. (Ruohotie & Honka 2002, 17–54). Fränti (2005, 8) toteaa tutkielmassaan kompetenssiin liittyvän käsitteiden käytön olevan kirjavaa, joka johtuu osin siitä, että kompetensseja on tutkittu ja sovellettu useilla eri tieteenaloilla.

Kompetenssin on havaittu olevan tilanne- tai kulttuurisidonnainen käsite, jonka määritelmiä on lähes yhtä paljon, kuin käsitteen tutkijoitakin. Käsitteen ymmärtäminen hiljaiseen tietoon perustuen on korvautunut tutkimuksen myötä halulla määrittellä ja operationalisoida käsite yhä tarkemmin. Tämä on johtanut teoreettiseen hämmennykseen tehden yksinkertaisesta asiasta monimutkaisen. (Winterton, Delamare - De Leist & Stringfellow 2006, 29)

Myös asiayhteys, jossa kompetenssista puhutaan vaikuttaa sen tarkoitukseen ja merkitykseen. On havaittu, että käsitteen runsaan viljelyn ja puutteellisen määrittelyn vuoksi käsitteen arvon voidaan katsoa kärsineen viime aikoina inflaatiosta. Opinhaarasta riippumatta kompetenssi kuitenkin tulkitaan yksilöllisiksi tai kollektiivisiksi karkeasti erikoistuneiksi järjestelmiksi kykyjä, ammattitaitoa tai taitoja, jotka ovat riittävällä tasolla tehtävän mukaisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Kompetenssilla on selkeä yhteys mm. kansallisten koulutusjärjestelmien kehittämiseen koulutusasteesta riippumatta. Käsitteen määrittelyä ei vaikeuta ainoastaan sen laaja viljely ja muodikkuus, vaan myös uusien sanayhdistelmien muodostaminen käsitteen avulla. Esimerkkeinä vaikka media-, liikenne-, liiketoiminta-, ikä- ja talouskompetenssi, jotka vaikeuttavat käsitteen koherenttia ymmärtämistä. (Weinert 1999, 4–5; Weinert 2001, 46; Mills, Plats, Bourne & Richards 2002, 12–13).

Yhteistä kaikille kompetenssia kuvaavien termien määritelmille on kuitenkin se, että mitattaessa yksilötason kompetenssia, osaamista tai taitoa, ne on määriteltävä suhteessa siihen ympäristöön tai kontekstiin jossa hän toimii. Ympäristö voidaan näkemysten mukaan ymmärtää kattamaan laajasti niin työn tekniset vaatimukset, kuormittavuuden, aikapaineet, turvallisuustekijät kuin työskentelyolosuhteetkin valaistuksesta meluisuuteen. (Vesterinen 2001, 35; van Merriënboer 1999, 89). Kompetenssien määrittelyn monimuotoisuuden ja puutteellisuuden havaitsi diplomityössään myös Pöysti (2014, 142), joka esitti jatkotutkimustarpeiksi lentokoulutusjärjestelmän tuottamien ohjaajien tavoitellun suorituskyvyn ja tarvittavien kompetenssien tarkemman määrittelyn sekä hävittäjäohjaajan kompetenssirakenteen luomisen.

Kuten mainittua, on kompetenssin määrittely käsitteenä ollut kirjavaa. Illeris (2011, 40–41) tuo esiin viimeisten vuosikymmenten aikana käsitteen määrittelyssä tapahtuneen muutoksen. Vielä muutamia vuosikymmeniä sitten kompetenssia¹¹ pidettiin pääasiallisesti muodollisena tai oikeudelliseen päätöksentekoon liittyvänä käsitteenä. Vasta viime vuosikymmeninä käsite on alkanut ilmaista koulutuksellista, osaamiseen liittyvää sisältöä kuvaten mitä ihminen oike-

¹¹ Englanninkielinen käsite "competence", on syytä erottaa termistä "competency".

astaan kykenee tekemään tai saavuttamaan. Teoksessa kirjoitetaan kompetenssista käsitteenä, joka on viime vuosina alkanut korvaamaan kvalifikaation käsitettä. Saman havainnon on tehnyt myös Stoof (2005, 36–40) lähestyessään kompetenssin käsitettä konstruktivismin näkökulmasta.

Käsitteen jatkuvasta muutostilasta johtuen selkeän ja pysyvän määritelmän aikaansaaminen on havaittu haastavaksi. Illerisin (2011, 41) mukaan kyse ei kuitenkaan ole pelkästään narratiivisesta muutoksesta. Hän pitää käsitteen kyvykkyys-, taito- tai osaamissidonnaista määrittelyä keskeisenä viitaten Danish Competence Council:n määritelmään: "Henkilö on pätevä paljon laajemmassa merkityksessä. Ei pelkästään sitä, että henkilö hallitsee työn ammatillisesti, vaan kykenee soveltamaan ammatillista osaamistaan myös muuttuviin ja odottamattomiin tilanteisiin." Myös henkilön arviointikyky, asenne sekä kyky hyödyntää suurinta osaa omasta ammattitaidostaan nostetaan määritelmässä esiin. (Jørgensen 1999, Illerisin 2011, 41 mukaan) Van Merriënboerin (1999) havainnot tukevat samaa näkemystä kompetenssien sitoutumisesta laajempaan merkitykseen eri konteksteissa, arvoissa ja asenteissa.

Ruohotie ja Honka (2003, 54) tuovat esiin, että kompetenssi voidaan ymmärtää käyttötärpeesta riippuen joko yksilön ominaisuutena tai työtehtävien asettamina vaatimuksina. Etsiessään käsitteelle täsmällisempää määritelmää he viittaavat teoksessaan Per-Erik Ellströmin (1994) laatimaan määritelmään, jonka mukaan kompetenssi voi olla joko yksilöllinen tai kollektiivinen "potentiaalinen kapasiteetti" menestyä työn tai tehtävien vaatimista tilanteista. Kapasiteettiin vaikuttavat konkreettiset motoriset taidot kuten kätevyys sekä kognitiiviset tekijät kuten älylliset taidot ja tieto eri muodoissaan. Sen osatekijöitä ovat myös affektiiviset tekijät kuten asenteet, arvot ja motivaatio sekä persoonallisuuden piirteet kuten itseluottamus. Myös sosiaaliset taidot kuten kommunikaatio- ja ihmissuhdetaidot määrittävät osaltaan kapasiteettia. (Ellström 1994, Ruohotie & Honka 2003, 54 mukaan)

Ruohotie ja Honka (2003, 58) osoittavat kirjallisuuskatsauksessaan, että yksilöllistä valmiutta on tutkittu sekä kompetenssina, että kvalifikaationa. Tarkastelussa he eivät sitoneet näitä kahden käsitettä Illerisin tavoin käsitteiden muutoshistoriaan. Ruohotie ja Honka kuitenkin päätyvät itsekkin teoksessaan käyttämään yksiselitteisyyden vuoksi käsitettä kompetenssi, jonka myös Illeris (2011, 41) on todennut korvanneen kvalifikaation käsitettä tutkimuskentässä viime vuosina. Vaikka kvalifikaatiota ja kompetenssia on käsitelty osin rinnan kuvaamaan samoja asioita, esittävät Ruohotie ja Honka teoksessaan Ellströmin määrittelyn kvalifikaatiosta. Kvalifikaatio on kompetenssi, jota työtehtävä tosiasiallisesti vaatii ja joka määräytyy yksilön ominaisuuksista joko yksiselitteisesti tai siitä pääteltynä. (Ellström 2001, Ruohotie & Honka 2003, 54 mukaan) Fränti (2005, 8) puolestaan viittaa Seppo Helakorven (2005) määritelmään

kvalifikaatiosta, jonka mukaan se kuvastaa niitä pysyväisluonteisia tiedollisia vaatimuksia, jota työhön tai ammattiin edellytetään. Toisin sanoen kvalifikaatio on ymmärrettävissä pätevyysvaatimuksiksi tai osaamisen seurauksena saaduiksi kelpoisuuksiksi. Tutkimuksen kannalta tämä on riittävä tarkkuus käsitteiden erottamiseksi toisistaan ja molemmilla käsitteillä on oma asemansa nykymuotoisessa lentokoulutusjärjestelmässä.

Winterton ym. (2006, 34) esittivät, että jos älyllisiä kykyjä tarvitaan uuden tietämyksen kehittämiseen ja jos tietämyksen¹² operationalisointi on vaatimuksena taitojen¹³ kehittämiseksi, niin ne kaikki toimivat ennakkoehtona kompetenssin kehittämiseksi yhdessä sosiaalisten taitojen ja asenteellisten tekijöiden kanssa. Teoksessa viitataan samassa yhteydessä Weinertin (2001) listaan yksilön kompetenssin laatuun vaikuttavista tekijöistä kuten kyvyistä¹⁴, tietämyksestä, ymmärryksestä, taidoista, toiminnasta, kokemuksesta ja motivaatiosta (Weinert 2001, Winterton ym. 2006, 34 mukaan). Winterton ym. (2006, 38) totesivat tutkimuksessaan, että vaikka eritoten Yhdysvalloissa kompetenssi liitettiin vielä tuolloin osittain toiminnalliseksi käsitteeksi, oli näkemysten laajentuminen mukaan lukien työsidonnaiset käytännön taidot ja perustietämys havaittavissa.

Winterton ym. (2006) esittelevät myös eri suuntauksia työhön sidottujen kompetenssien rationalisoinnista kvantitatiivisin keinoin. Rationalistisella lähestymistavalla tässä yhteydessä tarkoitetaan työhön liittyvien attribuuttien selvittämistä työn analysoinnilla¹⁵. Menetelmästä mainitaan kolme orientaatiota: työntekijä-, työ- tai monimetodiorientoituneisuus. Käytännössä orientaatio kertoo, pyritäänkö kompetenssia tutkimaan työntekijän hallitsemien attribuuttien vai työssä haluttuun lopputulokseen pääsemiseksi edellytettujen aktiviteettien kautta. Menetelmä on kohdannut kritiikkiä, koska se tarkimmillaankin tuottaa vain yksinkertaisia ja yleisiä kuvauksia työhön vaadittavista monimutkaisista kompetensseista ja niiden yhdistelmistä. (Winterton ym. 2006, 39) Tässä tutkimuksessa työn analysointia käytetään sovelletusti luvussa 4 kuvaamaan hävittäjää työympäristönä.

Dreyfus ja Dreyfus (1986, 17) ovat tutkineet tulkinnallisella otteella muun muassa lentäjien keskuudessa vallitsevia kompetensseja. He havaitsivat työtehtävissä käytettävien attribuuttien olevan sidoksissa työkontekstiin ja että työtilanteessa yksilöt tarvitsevat osaamistasostaan riippumatta tilanne- tai kontekstisidonnaisia tietoja ja taitoja. Samassa teoksessa käsitellään myös harjoituksen puutteen vaikutusta tietotaidon heikkenemiseen sekä sitä, miten kompetenssin kehittyminen työn ohessa ylipäänsä muodostuu.

¹² Englannin kielinen termi on "knowledge".

¹³ Englannin kielinen termi on "skills".

¹⁴ Englanninkielinen käsite on "ability".

¹⁵ Englanninkielinen käsite on "job analysis".

Van Merriënboerin (1997) näkemys kompetensseista täydentää ja tarkentaa yleistä näkemystä käsitteen kategorisoinnista. Van Merriënboerin näkökulmana kompetenssin määrittelyyn on työtehtävissä vaadittavat monimutkaiset taidot sekä niiden oppiminen ja kouluttaminen. Tämä näkökulma eroaa muista vastaavaa koulutustutkimusta tehneistä, jotka ovat käsitelleet kompetenssia pääsääntöisesti yksinkertaisten suoritteiden hallintaan sitoen. Van Merriënboerin näkökulma vastaa paremmin hävittäjätoiminnan ympäristöä, jossa merkittävä osa vaadittavista taidoista ovat muuttujien suuresta lukumäärästä johtuen kompleksisia. Mallin mukaan ammat- tispesifeissä tehtävissä vaadittavat taidot on jaettavissa hierarkkisesti eri tasoihin niiden monimutkaisuuden mukaan. Yksinkertaiset taidot nähdään edellytyksinä monimutkaisten taitojen oppimiselle. Taidot jaetaan lisäksi toistuviin tai ei-toistuviin taitoihin. Eron näiden välille muodostaa se toistuvatko ne eri konteksteissa samanlaisina vai eivät. (van Merriënboer 1997; van Merriënboer, Clark & de Croock 2002; ks. myös Dreyfus & Dreyfus 1986; Herranen 2007, 35–45)

Käsitteen monimutkaisuudesta huolimatta sen ympärille on rakentunut sosiaalisissa ja käyt- täytymistieteissä monia käyttökelpoisia teorioita ja malleja, jotka ovat tämän tutkimuksen toteuttamisen kannalta keskeisempiä, kuin käsite itse. Weinert (1999, 29) lainaa loppukom- mentissaan Paul Valerya seuraavasti: "Kaikki yksinkertainen on teoreettisesti väärin ja kaikki monimutkainen on käytännössä käyttökeltotonta." Kyse on siis kompromissien löytämisestä, jotta sekä teoreettiset että käytännön sanelemat vaatimukset tulevat huomioiduiksi. Käytän- nönläheinen havainto tutkimuksen kannalta on se, että kompetenssit on jaoteltu käsitteellisiin luokkiin. Näiden luokkien jäsentäminen tukee eri käsitteiden merkityksen havainnollistamista osaamisen kokonaiskentässä. Periaatteellisella tasolla kompetenssi on jaoteltavissa useaan yläkategoriaan, joilla on lähteestä riippuen hieman eri määritelmiä tai nimiä.

3.2. Avainkompetenssit

Aihetta käsittelevässä englanninkielisessä kirjallisuudessa avainkompetenssille käytetään use- aa eri nimeä. Käytännössä yleiset-, avain- ja ydinkompetenssit sekä avainkvalifikaatio ja ydin- taidot tarkoittavat samaa asiaa. Kirjoitusasun ja selkeyden parantamiseksi tässä tutkimuksessa näistä käytetään yhteistä nimitystä avainkompetenssi.

Työympäristöön sidottuna avainkompetenssit määritellään keskeisimmiksi työtehtävissä tar- vittaviksi kompetensseiksi. Avainkompetenssien määrittelyyn ei ole kuitenkaan olemassa sel- keitä kriteereitä. Eri kompetenssien välillä on suuriakin eroja niiden yleistettävyyden suhteen. Avainkompetenssien määrittelyä ohjaa viitekehys, jossa tarkastelu tapahtuu, eli konteksti- sidonnaisuus (ks. myös Vesterinen 2001, 35). Avainkompetenssit voivat työn lisäksi liittyä mihin vain elämän osa-alueeseen. Avainkompetenssien määrittelyn tulee olla riittävän tark-

kaa, jotta niiden oppiminen tarjoaa mahdollisuuden vastata useisiin tilanteisiin. Mitä yleisemmän tason kompetensseista on kyse ja mitä laajempi niiden soveltamismahdollisuus on, sitä vähäisempi vaikutus sillä on yksittäisen ongelman ratkaisemiseen. Kokemukseen juurtunut sisältöspesifinen tieto on välttämätöntä yksityiskohtaisten tai vaikeiden käytännön ongelmien ratkaisemisessa. Asiantuntijoiden keskuudessa vallitsee erimielisyyttä siitä, missä määrin ja miten avainkompetensseja voidaan kehittää. (Ruohotie & Honka 2003, 58)

Fränti viittaa tutkimuksessaan Weinertin (2001, 54) johtopäätöksiin siitä, että avainkompetenssilla ei voi koskaan korvata ammattispesifin kompetenssin hallintaa, vaan tehtävän menestyksenkäs hoitaminen edellyttää molempien tason kompetenssien hallintaa. Weinertin (2001, 46–54) mukaan avainkompetenssit eivät myöskään ole yksilön persoonallisuutta kuvaavia kognitiivisia taitoja, vaan opittavissa ja mitattavissa olevia asioita. Ruohotie ja Honka (2003) ovat päätyneet samansuuntaisiin johtopäätöksiin. Wintertonin ym. (2006, 33) mukaan avainkompetenssi¹⁶ on kontekstivapaa, sovellettavissa ja käyttökelpoisia monissa institutionaalisissa toiminnoissa ja tehtävissä. Tyypillisesti nämä ovat perustaitoja kuten luku- ja laskutaito, menetelmällinen tuntemus, ongelman ratkaisu, kommunikointi ja harkintakyky sekä kyky kriittiseen ajatteluun. Avainkompetenssit siis voidaan määritellä kontekstiin tai ammattiin sitoen, mutta niillä pitää selkeästi olla muita kompetensseja laajemmat käyttömahdollisuudet erilaisissa ammatinhallintaan liittyvissä toiminnoissa. (Winterton ym. 2006, 33)

Weinert (2001, 52–54) esittää kahdeksan asiayhteydestä riippumatonta kohtaa, jotka vaativat avainkompetenssin määrittelijän huomiota 1) yleisesti käsite ei noudata mitään muodollisia määrittelmällisiä rajoitteita 2) normatiivinen lähtökohta on löydettävä ennen siirtymistä empiriseen vaiheeseen 3) ne ovat aina monimutkaisia tietosysteemejä, uskomuksia ja toimintasuuntauksia, jotka muodostuvat määrittelyaluekohtaisesta taitavuudesta 4) usein kognitiiviset taidot ja tyyli tai emotionaaliset valmiudet on määritelty avainkompetenssien komponenteiksi, mutta selkeää käsitystä siitä, miten näihin voidaan koulutuksella vaikuttaa, ei ole olemassa 5) avainkompetenssia ei pidä yksistään katsoa menestyksekkään koulutuksen edellytykseksi, vaan vaihtoehtoja vaadittavien tietojen ja taitojen oppimiselle on olemassa 6) mitä laajemmaksi kompetenssi määritellään, sitä vähemmän sillä on merkitystä monimutkaisten ongelmien ratkaisustrategioiksi¹⁷ 7) tutkimukset systemaattisen- ja tilannekohtaisen kognition eroista on osoittanut, että yleiset kompetenssit eivät voi yksinään tarjota näennäistä käytännön hyötyä 8) on tiedettävä, miten määriteltyyn kompetenssiin voidaan suunnitelmallisella koulutuksella vaikuttaa. (Weinert 2001, 52–54)

¹⁶ Wintertonin käyttämä termi on "key competence".

¹⁷ Kognitiotiede on viime aikoina osoittanut, että sisältöspesifit taidot ja tiedot ovat ratkaisevassa roolissa monimutkaisten ongelmien selvittämisessä (ks. Weinert 2001, 53). Tämän seurauksena avainkompetenssi ei kykene korvaamaan ammattiikohtaisia kompetensseja.

3.3. Siirtovaikutus

Tietotaidon kehittämiseen liitetään usein odotus siitä, että oppia voidaan hyödyntää laajemminkin, kuin siinä kontekstissa, jossa ne on opittu. Vaikka asia vaikuttaa itsestäänselvydeltä, se sisältää yhden oppimisen ja koulutuksen monimutkaisimmista ongelmista liittyen nimenomaan siirtovaikutuksen ehtoihin. Koska työn vaatimat ammattitaidot monimutkaistuvat jatkuvasti, on näiden ehtojen analysointi noussut etualalle koulutustutkimuksen kentässä. Lateraalisen transferin kehyksessä oppeja kyetään hyödyntämään muissa tieto- tai taitorakenteeltaan samantasoisissa suoritteissa. Esimerkiksi lentotilan hallinnan oppiminen näköololosuhteissa osin helpottaa ja osin vaikeuttaa suoritteiden oppimista mittariolosuhteissa. Tämä johtuu siitä, että alkuvaiheessa taitojen oppiminen tapahtuu sääntöperusteisesti, jolloin jonkin taidon säännönmukaisuuksien oppiminen saattaa vaikeuttaa tai hidastaa säännönmukaisuuksiltaan poikkeavan taidon oppimista (Rauste-von Wright, von Wright & Soini 2003, 124–127; ks. myös Dreyfus & Dreyfus 1986, 16–35).

Vertikaalista transferia käytetään kuvaamaan ilmiötä, jossa oppien siirtyminen tapahtuu kahden eri tason suoritteen tai tehtävän välillä. Yleensä tämä käsitetään alhaalta-ylös oppimisena, jolloin pienempien ja helpompien tehtävien tuomat opit yhdistyvät laajemmiksi tietorakenteiksi muodostaen kattavamman kuvan kokonaisuudesta ja kyvyn vastata haasteellisempiin tilanteisiin. Tosin kognitiivisen oppimisen osalta on saatu havaintoja, että oppiminen voi tapahtua myös suurista kokonaisuuksista kohti pienempiä yksityiskohtia. (Rauste-von ym. 2003, 124–127)

Taitojen siirtyminen toisiin konteksteihin ei synny automaattisesti. Työssä vaadittujen taitojen tai tietojen siirtyminen vaatii erityislaatuista johtuen usein ulkopuolista ohjausta. Siirrettävyys riippuu siitä, kuinka tiedot ja taidot on opittu ja mikä on yksilön tapa käsitellä informaatiota eri tilanteissa. Siirtovaikutuksen aikaansaamiseksi ovat yleinen- ja kontekstisidonnainen tietämys ensin saatettava yhteen. Siirtovaikutusta voidaan edistää ohjaamalla yksilöä kehittämään kykyä löytää yleisen- ja spesifin tiedon välille yhteyksiä. (Ruohotie & Honka 2003, 76)

Siirtovaikutuksen määrittely riippuu vahvasti asiayhteydestä. Sitä voidaan käsitellä opiskelijoiden tai työelämässä olevien lateraalisenä tai vertikaalisena taitojen siirtymisenä, mutta sillä voidaan tarkoittaa myös työssä tarvittavien kompetenssien keskinäistä siirtovaikutusta työn eri osa-alueiden tai kontekstien välillä. Tämä korostuu silloin, kun vaadittavat taidot ovat monimutkaisia. Siirtovaikutuksen keskeisin merkitys tutkimuksen kannalta on käsitteen suhde oppimisessa ilmenevään kontekstisidonnaisuuteen. Kontekstisidonnaisuus on rinnastettavissa

siihen, miten käytettävät taidot toistuvat erilaisissa konteksteissa, josta esimerkkeinä toimivat aikaisemmin mainitut van Merriënboerin toistuvat ja ei-toistuvat taidot.

3.4. Metakompetenssi

Ruohotie ja Honka (2003, 68–71) kuvaavat metakompetenssia yleisellä tasolla itsesääteilyvalmiudeksi, joka oppimiseen sidottuna tarkoittaa kykyä organisoida ja säädellä omaa oppimistaan. Winterton ym. (2006, 33–34) käsittelevät laajasti eri näkemyksiä metakompetensseista. He näkevät myös kyvyn suunnitella, toteuttaa, seurata ja arvioida omaa kognitiivista prosessiaan osaksi metakompetenssia. Nelson & Narens (1990, Winterton ym. 2006, 33–34 mukaan) ovat määritelleet metakompetenssit sidoksiin yksilön tietämykseen omista vahvuuksista ja heikkouksistaan sekä kykyä soveltaa tietojaan ja taitojaan useiden tehtävien tilanteissa. Monesti myös oppimaan oppiminen yhdistetään osaksi metakompetenssia (Nuthall 1999; Nyhan 1991, Winterton ym. 2006, 33–34 mukaan). Sitä on myös rinnastettu epävarmuudesta selviämiseen (Brown 1994, Winterton ym. 2006, 34 mukaan). Yleinen teema metakompetensseissa on sen suhde työn kognitiiviseen aspektiin korostaen erityisesti oppimisprosessia ja reflektiota, jotka ovat kriittisiä uusien mentaalisten mallien luomisessa (Burgoyne & Stewart 1976, Hyland 1992, Kolb ym. 1986, Linstead 1991, Nordhaug 1993, Winterton ym. 2006, 33–34 mukaan).

Rauste-von Wright ym. korostavat myös reflektion merkitystä oppimisen tavoitteellisena säätelijänä. Samassa yhteydessä he mainitsevat metakognitiiviset tiedot, joilla tarkoitetaan yksilön tietoja hänen omista kognitiivisista ja emotionaalisista prosesseistaan, esimerkiksi kykyä arvioida oman ymmärryksensä määrää¹⁸. Metakognitiivisella taidoilla tarkoitetaan puolestaan yksilön taitoja hyväksikäyttää näitä tietoja. Keskeisessä asemassa on oppijan kyky ymmärtää mitä hän osaa ja mitä ei sekä taito arvioida oman osaamisensa riittävyyttä suhteessa tehtäviin. (Rauste-von Wright ym. 2003, 66)

Metakompetenssin toiminnan perustana on intuitiivista tietoa, jonka avulla ihmisen on mahdollista tulla tietoiseksi oman toimintansa perusteista. Metakompetensseihin kuuluvat automatisoituneet taidot suunnitella, käynnistää, valvoa, arvioida ja ohjailla omia kognitiivisia toimintojaan sekä tehtävistä selviytymistä. Metakompetenssien moniulotteisuuden sekä tahto- tai motivaatiokykösten vuoksi niitä on vaikea opettaa tai mitata suoraan, vaan sen tulee tapahtua osana yksilön omaa hiljaista tietoaan oppimisesta. (Dreyfus & Dreyfus 1986; Fränti 2005, 12)

Metakompetenssin voidaan oppimista tarkasteltaessa sanoa lähestyvän käsitteenä metakognitiota. Ruohotien ja Hongan mukaan metakognitio ohjaa oppijan kykyä reflektoida, ymmärtää

¹⁸ Käsitteenä tämä on siis lähellä tilanneymmärrystä.

ja kontrolloida omaa oppimistaan (Ruohotie & Honka 2003, 25; ks. myös Weinert 2011, 54–55). Johtuen teoksen vahvasta oppimisorientoituneisuudesta, metakognitio liitetään voimakkaasti oppimisen käsitteistöön. Kognitio sellaisenaan ymmärretään tiedonkäsittelyksi biologisissa järjestelmissä, jolloin metakognition voisi yhtäläillä kuvata yksilön tietoisuutta omasta tiedonkäsittelystään sekä kykyä kontrolloida omaa tiedonkäsittelyprosessiaan (Raustevon Wright ym. 2003, 102). Tätä prosessia on kuvattu useilla eri malleilla, mutta yhteistä niille kaikille on se miten ihminen käsittelee havaintoihinsa perustuvaa informaatiota kognitiivisessa muistissaan (Konar & Jain 2005, 6–12).

Vielä syvemmillä käsitteeseen pureutuu Weinert (2001, 55) käsitellessään metakognitiivista kompetenssia. Metakognitiivinen kompetenssi sisältää sekä deklaratiiivista että proseduraalista metatietoa. Deklaratiivinen metakompetenssi sisältää kokemusta ja tietämystä eri tehtävien vaikeudesta sekä tietämystä omista kyvyistä, lahjoista, taidoista ja kognitiivisista heikkouksista. Toisin sanoen se sisältää laaja-alaisen tietomäärän yksilön omista vahvuuksista ja heikkouksista sekä ratkaisumalleista eri tilanteisiin. Proseduraaliset metakompetenssit ovat välttämättömiä metakognitiivisen tiedon käyttöön saamiseksi ongelmanratkaisutilanteissa. Ne sisältävät kaikki strategiat ja komponentit tehtävän osiin purkamiseksi sekä mallit oman kehittymisen seuraamiseksi. Metakognitiivinen kompetenssi siis lähestyy metakognition käsitettä sisältäen tuntemuksen itsestä tietäjänä, oppijana ja tekijänä.

3.5. Yleinen- ja erikoistunut kognitiivinen kompetenssi

Kompetenssit voidaan ymmärtää myös kognitiivisina kyvykkyyksinä tai taitoina. Nämä sisältävät yksilön käytettävissä olevan mentaalisen resurssin, jota toimialalla ilmenevien haastavien tilanteiden hallintaan tarvitaan. Tämä myötä saavutettu riittävä deklaratiiivinen ja menetelmällinen tietämys johtaa hyvän suorituskyvyn saavuttamiseen. Kognitiivisen kompetenssin keskeiseksi tekijäksi nähdään myös sopeutumiskyky, jonka avulla yleiset kognitiiviset kompetenssit saavat aikaan monikäyttöisiä kehitysvaiheiden sarjoja muodostaen ymmärryksen yleistymistä ja joustavuutta sekä toiminnallisia kompetensseja. Nämä ketjut muodostavat osan sopeutumisesta myös todelliseen ympäristössä vallitsevaan tilanteeseen. (Weinert 1999, 6; 2001, 46; ks. myös van Merriënboer 1997) Tämän kaltaisia haastavien tilanteiden hallintamekanismeja ovat sotilasilmailussa esimerkiksi ajan- ja riskienhallinta, ennakointi-, priorisointi- ja reagointikyky.

Yleiset kognitiiviset kompetenssit liitetään älykkyyteen ja informaationkäsittelymalleihin, jotka eivät ole juurikaan kontekstisidonnaisia. Ne tarjoavat kognitiiviset perusedellytykset tarkoituksenmukaiseen toimintaan, päättelyyn, menestyksekkääseen oppimiseen ja tehokkääseen vuorovaikutukseen ympäristön kanssa. Informaationkäsittelyn näkökulmasta älykkyys

rinnastetaan usein prosessointinopeuteen, työmuistin kapasiteettiin ja prosessointikapasiteettiin. (Weinert 1999, 6) Vaikka tämä psykometrinen näkökulma suhtautuu älykkyyteen konemaisena informaationkäsittelyn ilmiönä, on siinä todettu olevan yhtäläisyyksiä myös ihmisen tiedonkäsittelyn kanssa. Hävittäjälentäjän työssä keskeisiksi yleisiksi kognitiivisiksi kompetensseiksi voitaisiin tällä perusteella lukea informaationhallinta ja päätöksenteko.

Toinen teoreettinen näkökulma keskittyy kategorisoimaan ja luonnehtimaan erikoistuneita kognitiivisia kompetensseja, joista koostuvat rykelmät toimivat edellytyksenä yksilön pärjäämisessä jossain erityisessä toiminnassa, kuten shakin peluu, pianon soitto ja auton ajaminen. Näiden määrittelyt voivat olla tilanteesta riippuen hyvin kapea-alaisia tai todella laajoja. On tiedossa, että ratkaisevaa alansa huippuosaajaksi pääsemisessä ei välttämättä ole huippuluokan älykkyys, muistikapasiteetti, ongelmanratkaisukyky tai kognitiivinen kompetenssi, vaan huippuosaajaksi voi oppia saavuttamalla riittävän kokemuksen ja rutiinitason. Tällainen kaava korostuu aloilla, joissa alakohtaiset mentaaliset verkot, tietämys, taidot ja rutiinit ovat kognitiivisia kykyjä tärkeämmässä asemassa. Tämän kaltaisten erikoistunutta kognitiivista kompetenssia vaativien tehtävien oppiminen edellyttää paljon aikaa, harjaantumista, syvää ymmärrystä ja laajaa näkemystä sekä vakiintunutta rutiinia, joita hallitaan korkealla ymmärryksen tasolla. (Weinert 1999; 2001, 47)

3.6. Kompetenssi-tehokkuusmalli

Yksi puhuttelevimmista teoreettisista paradigmoista kompetenssitutkimuksessa on johdettu kielitieteellisestä näkökulmasta kompetenssin ja suorituskyvyn eroavaisuuksiin. Kantavana ajatuksena on, että ihmisen normaalit kognitiiviset elementit yhdistettynä oppimisprosessiin riittävät kompetenssin¹⁹ saavuttamiseen ja sen hyödyntämiseen²⁰ myös ennen kokemattomien asioiden yhteydessä. Useat kognitiivisten tieteiden mallit ovat sisällyttäneet Chomskyn mallin yksittäiset komponentit omiin malleihinsa. Mallin neljä elementtiä ovat 1) Alakohtaisuus 2) Sisäsyntyinen modulaarinen periaatteiden ja sääntöjen järjestelmä 3) Sääntöpohjainen oppiminen 4) Tehokkuus, joka ei johdu vain yleisistä periaatteista vaan myös oppimiskokemuksista ja oppijan sen hetkisestä olosuhteellisesta asiayhteydestä. Chomskyn mallia on yleistetty modernissa kehityspsykologiassa kuvaamaan perinnöllistä numeerista, spatiaalista, fyysistä, psyykkistä, sosiaalista tietämystä sekä monia muita alakohtaisia tietämyksen käsitteitä. (Weinert 1999, 5–8; 2001, 47–48)

Kompetenssi-tehokkuusmallin sovelluksena kompetenssi on jaettu kolmeen luokkaan. *Käsitteellinen kompetenssi* viittaa Chomskyn sääntöpohjaiseen, abstraktiin tietämykseen koko toi-

¹⁹ Competence.

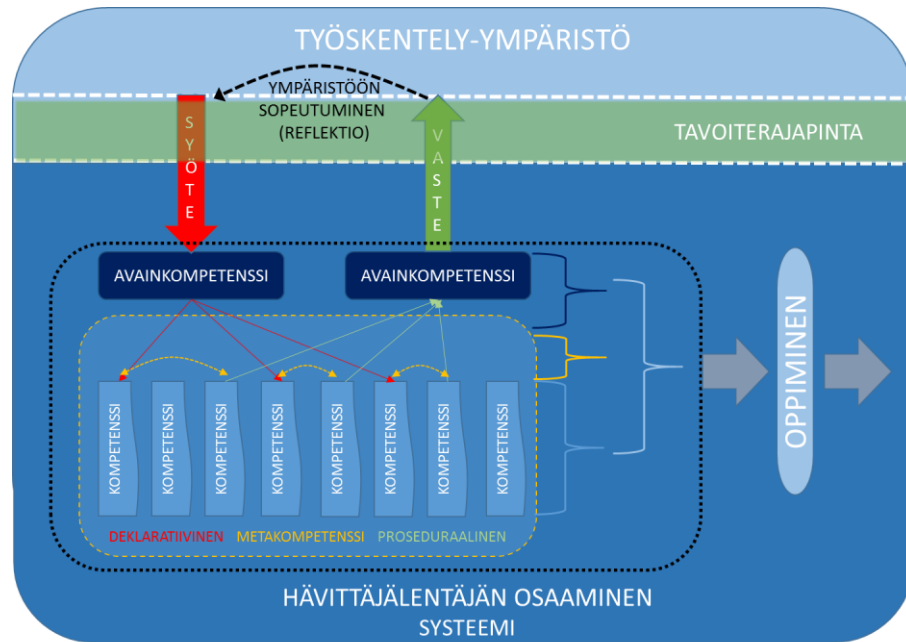
²⁰ Performance.

mialasta tai toiminnan osa-alueesta. *Menetelmällinen kompetenssi* viittaa menetelmiin ja periaatteisiin, jotka ovat välttämättömiä käsitteellisen kompetenssin käyttämiseksi konkreettisissa tilanteissa. *Tehokkuuskompetenssi* viittaa siihen, että toimija omaa kyvyt ongelman relevanttien ominaispiirteiden arviointiin sopivien strategioiden valitsemiseksi ja käytettäväksi. (Weinert 1999, 8; 2001, 49). Viimeisintä mallia on kritisoitu siitä, että se painottuu vain kognitiiviseen osa-alueeseen sulkien muut pois tarkastelusta. Mallissa on havaittavissa spesifien- avain- sekä metakompetenssien välisten liityntäpintojen konstruointia ratkaisun löytämiseksi ja tavoitteen tehokkaaksi saavuttamiseksi.

3.7. Systemin tarina - osa 2: Kompetenssit

Perehdyttäessä kompetenssiin liittyviin teorioihin on käynyt selväksi, että käsite ja sen suhde käyttöympäristöön tulee määritellä tarkoin ennen käsitteen käyttämistä todellisen toiminnan kuvaamisessa. Käsitteestä käytetty kirjo on niin laaja, että ilman selkeää käsitteen käytön rajausta se menettää merkityksensä. Päätetyn rajauksen mukaisesti tutkimuksessa käsitellään ainoastaan kompetenssin mentaalista ja motorista osa-aluetta. Tässä tutkimuksessa kompetensseja käsitellään tavoite- tai tarkoitusorientaation omaavina osaamisen alasysteemienä tai elementteinä, eli tekijän suorittamina spesifeinä aktiviteetteina, joihin liittyy tilannesidonnaisen tavoitteiden tai tarkoitushakuisuuden ohjaamaa tietoa ja taitoa. Hävittäjäalentäjällä on näin ollen useita kompetensseja, joiden sisäisten tietojen ja taitojen vuoropuhelua ohjaa metakompetenssi. Kompetensseja voidaan käyttää yhdessä tai erikseen. Kompetenssia ei nähdä staattiseksi ilmiöksi, vaan se kehittyy jatkuvasti oppimisen myötä. Avainkompetenssillä tutkimuksessa tarkoitetaan keskeisimpiä työtehtävissä tarvittavia kontekstivapaita kompetensseja, jotka eivät yksin riitä työtehtävistä selviämiseen, mutta ne toimivat työntekijän ja tavoitteiden välisen vuorovaikutuksen edellytyksenä.

Siirtovaikutus on kompetenssien tai työtehtävien välillä tapahtuvaa taitojen siirtymistä. Siirtovaikutuksen näkökulmasta kompetenssi operationalisoidaan enemmänkin ulkopuolisen tarkastelijan määrittelemiksi kvalifikaatioiksi tai muodollisiksi työtehtävän asettamiksi vaatimuksiksi, joiden välillä siirtyminen tapahtuu. Tämä ajatus ei tue valitsemaani hävittäjäohjaajakeskeistä näkökulmaa. Näin ollen siirtovaikutuksen sijoittaminen hävittäjäohjaajan osaamissysteemiin tuntuu keinotekoiselta, vaikka se sisältääkin liittymäpintoja mallissa esiintyvään oppimiseen. Kognitiiviset kompetenssit sen sijaan ovat vahvasti työntekijäkeskeisiä osaamiseen liittyviä käsitteitä. Niiden on todettu sisältävän joko yleistä tai spesifiä tiedonkäsittelyyn liittyvää kyvykkyyttä. Kompetenssi-tehokkuusmalli kuvaa sitä, miten liityntäpinnat abstraktia tietoa käsittelevien avainkompetenssien, konkreettisten kompetenssien ja metakompetenssien välillä muodostuu. Tehokkuusajattelun kautta se tuo malliin tavoiterajapinnan ympäristön ja osaamisen välille.



Kuva 7: Kompetenssiteorioilla täydennetty hävittäjäalentäjän osaamisen likiarvoinen systeemikuvaus.

Yllä esitellyn osaamismallin NARMAX -tarkastelu osoittaa, että avainkompetenssit voidaan nähdä työskentely-ympäristön tavoitteiden sekä kompetenssien välisinä linkkeinä. Avainkompetenssit ovat keskeisiä ympäristön manipuloinnin kannalta, mutta ne eivät yksinään riitä haluttujen vaikutusten aikaansaamiseen. Metakompetenssiin kuuluvat deklaratiiivinen ja proseduraalinen metakompetenssi yhdistävät ymmärryksen siitä, mitä kompetensseja ulkoiseen syötteeseen vastaamiseen tarvitaan ja miten tarvittavia kompetensseja käytetään ulkoisen vasteen tuottamiseksi. Systeemiin tuotu tavoiterajapinta avaa osaamisen ja ympäristön välisen vuoropuhelun ehtoja. Kognitiiviseen kompetenssiin perusteensa nojaava käsite "ympäristöön sopeutuminen" tai reflektio muodostaa tavoiterajapintaan linkin, jossa tuotettu vaste pyrkii muovaamaan ympäristöä tavoitteiden mukaiseksi, jolloin kehästä muodostuu eheä kokonaisuus. Toisaalta eheä kehä on nähtävissä myös orientoitumisen onnistumisena. Kognitiiviselle kompetenssille ja sen aktiviteeteista esimerkkeinä käytetyille päätöksenteolle ja informaationhallinnalle on toistaiseksi haasteellista löytää sopivaa paikkaa mallissa rikkomatta sen logiikkaa.

Tämän resoluution tarkastelussa systeemissä ei ole havaittavissa selkeitä vääristymiä. Merkittävimmät epätarkkuudet liittyvät siihen, että kompetenssiteoriat eivät kykene tarjoamaan riittävän yksityiskohtaista kuvaa hävittäjäalentäjän konkreettisesta osaamisesta. Malli ei kykene kuvaamaan osaamisen suhdetta ympäristöön riittävällä tarkkuudella. Mallin jatkokehittelyssä perehdytään syvällisemmin siihen, mitä elementtejä ja sääntöjä hävittäjäalentäjän osaamisen ja työskentely-ympäristön vuoropuheluun liittyy.

4. TYÖSKENTELY-YMPÄRISTÖ SYÖTTEIDEN TUOTTAJANA

Edellisen luvun kompetenssiteorioiden käsittelyn perusteella osaamisen kehittymiseen sisältyy tapahtumaketju, jossa ympäristöstä saadut syötteet muuttuvat kognitiivisten kykyjen ja prosessien kautta taidoksi tai toiminnaksi. Toiminnan seurauksena ympäristö antaa kognitiivisille toiminnoille palautteen toiminnan vaikutuksista tavoiteltuun tilanteeseen. Tämä ketju sisältää lukemattoman määrän erilaisia ehtoja, vaikutuksia, vasteita ja sisäistä dynamiikkaa.

4.1. Informaatiosta toiminnaksi

Hävittäjälentäjälle asetettaviin kyvykkyysvaatimuksiin vaikuttavat ne tekijät, joiden hyödyntäminen on tehtävän menestyksekkään toteuttamisen kannalta olennaisia. Tämän kaltaisena tekijänä voidaan lentäjän näkökulmasta pitää lennettävää hävittäjää, jonka taistelutehokkuus pohjautuu sensori-, ase-, omasuoja-, kommunikaatiojärjestelmiin sekä ohjaajan työskentelyä tukeviin tilannekuvan ja päätöksenteon tukijärjestelmiin (Puranen 2015). Tehtävän menestyksellisen toteuttaminen vaatii myös yhteistyötä muiden toimijoiden kanssa sekä taktista ymmärrystä oikeiden toimenpiteiden suorittamiseksi vallitsevassa tilanteessa. Yksittäisen lentäjän kannalta merkittävimmän osan ohjaamoympäristössä tapahtuvasta työskentelystä tuottaa informaatiovirran hallinta ja päätöksenteko sekä näiden seurauksena toimeenpantavat motoriset tai taitosidonnaiset suoritukset.

Lentämiseen ja ilmailuun erikoistunut ilmailulääketiede kuvaa yleisellä tasolla hävittäjäohjaajan kokemaa työympäristöä. Vapaavuori ja Sorsa (2005) käsittelevät aihetta ilmailupsykologisessa ja -lääketieteellisessä teoksessaan "Lentävä ihminen". Teos käsittelee liikennelentäjän lääketieteellisen suorituskyvyn todentamista yhteiseurooppalaisten määräysten näkökulmasta. Teos painottuu tiedonkäsittelyprosessin päävaiheiden ympärille. Tiedonkäsittelyprosessin päävaiheiksi mainitaan ärsykkeiden aistiminen, tarkkaavaisuus, aivojen havaintoprosessi, muistin tärkeimmät osat²¹ sekä motorinen kontrolli. (Vapaavuori ja Sorsa 2005, 101)

Ärsykkeiden aistiminen on raakatiedon keruuta sekä ympäristöstä, että ihmisen sisäisestä maailmasta. Ärsykkeet saapuvat sisään ilman mielekkyyttä ja niiden voimakkuus tai luonne määrittelevät niiden havaitsemistodennäköisyyden. Valikoiva tahdonalainen tarkkaavaisuus suodattaa sisään tulevasta tiedosta ne osiot, jotka ihminen haluaa siirtää keskushermoston käsiteltäväksi. Tämän valikoivan prosessin perusteena toimivat kokemus sekä oppiminen ja se toimii jatkuvasti suhteessa henkilön mieltämään tilanteeseen ja sen luomiin vaatimuksiin. Valikoivalle tarkkaavaisuudelle on keskeistä palaute aivoista ja sen muistiyksiköistä. Kehittynyt valikoiva tarkkaavaisuus vähentää työmuistin kuormitusta, koska osa käsiteltäväksi tulevasta

²¹ Työmuisti, lyhytkestomuisti ja pitkäkestomuisti.

tiedosta on suodattunut matkalla. Aivojen havaintoprosessissa koostetaan tietoa. Vastanotetut ärsykkeet yhdistetään muistivarastosta saatuun kokemukselliseen ainekseen, jolloin aistimukset muuntuvat mielekkäiksi havainnoiksi ja niistä tehdään merkityksellisiä tulkintoja. Aivojen havaintoprosessi on keskeisessä asemassa tehtäessä päätöksiä ja ohjattaessa toimintaa. Motorinen kontrolli muuntaa päätökset toiminnaksi ja mahdollistaa hallintalaitteiden käsittelyn vaatimusten mukaisesti. Samanaikaisesti aistielimet keräävät palautetta ympäristöstä, jolloin kehä sulkeutuu ja toiminnasta tulee jatkuvaa ja eheää. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 101–102; ks. myös Craik & Lockhart 1972, 678–679)

Ihmisen aistit vastaanottavat ulkomaailman tuottamia ärsykeitä. Lentotoiminnassa katsotaan yleisesti korostuvan näkö-, kuulo- ja tasapainoaisti. Kaikkia edellä mainittuja taitoja tarvitaan lentämisessä, mutta perinteisesti näkökykyä pidetään lentäjän kannalta keskeisimpänä aistina. Suurin osa lentämiseen liittyvistä toiminnoista perustuu nimenomaan näkemiseen erilaisissa olosuhteissa. Näköaistin käytettävyyteen vaikuttaa ympäristön valoisuus. Häikäisy ja pimeys heikentävät kykyä havainnoida ympäristöä näköaistiin perustuen. Näköaistin avulla ihmisellä on kyky arvioida esimerkiksi etäisyyksiä, kohteiden liikkeitä sekä asentoja. Kuuloaistia käytetään ääneen perustuvan kommunikaation vastaanottoaistina. Tämä kommunikaatio voi tapahtua muiden toimijoiden kanssa, mutta myös lentokoneen järjestelmien ja ihmisen välillä. Esimerkkinä lentokoneen järjestelmien antamat äänivaroitukset. Ihminen kykenee määrittelemään asentonsa pääasiallisesti näköaistiin perustuen. Jos tämä ei ole mahdollista, hän joutuu tukeutumaan tasapaino-²² ja asentoaistiinsa²³. Asentotaju muodostuu pääasiassa näiden kolmen aistin integraationa. Asentotaju on ihmisen kykyä määrittellä oma ja lentokoneen asento, liikkeet ja asema maahan nähden. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 30–44)

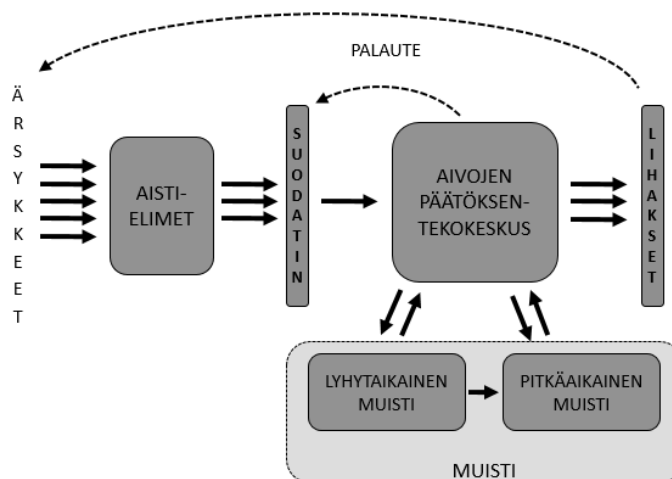
Koska aivoihin saapuu aisteilta jatkuvasti merkittävästi ihmisen tietoisien käsittelykapasiteetin ylittävä määrä informaatiota, on ihmisen suoritettava jatkuvaa tiedon valikointia. Kyse on valikoivasta tarkkaavaisuudesta. Tämän ohella lentämiseen tarvitaan tarkkaavaisuuden hajauttamiskykyä eli kykyä vaihtaa huomion kohdetta jatkuvasti. Tehdessämme havaintoja ympäristöstä, kiinnitämme tietoisesti huomiota tehtävän kannalta mielekkäisiin ja keskeisiin asioihin ja kohteisiin. Kohteista kerätty informaatio kerätään lyhytaikaiseen, eli työmuistiin muutamien sekuntien ajaksi. Kerättyä tietoa verrataan nopeasti pitkäaikaisen muistin sisältämiin tietoihin, jonka jälkeen havaintojen tekoa jatketaan. Ihmisen tiedonkäsittelyprosessin "pullonkaula" on aistielinten ja aivojen päätöksentekokeskuksen välinen kanava sekä lyhytaikaisen, eli työmuistin kapasiteetti. Tästä johtuen hajautettu tarkkaavaisuus aiheuttaa merkittävän kuormituksen ihmisen työmuistille. Kykyä tehdä useita asioita samanaikaisesti sanotaan si-

²² Korvan tasapainoelin.

²³ Istuinpaikka-aistiin sisältyy raajojen asento, asema ja liike sekä niihin kohdistuva paine tai voima. Esimerkiksi g-voimien suuruus aistitaan asentoaistilla.

multaanikapasiteetiksi. Tämä kyky esiintyy silloin, kun jotkin toiminnot, kuten ohjainten liikkuttaminen, ovat muuttuneet tiedostamattomiksi. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 102–103; ks. myös Craik & Lockhart 1972; Dreyfus & Dreyfus 1986) Yhteydenpitojärjestelmistä, sensoreista tai lentokoneen muista järjestelmistä eri aistein saadun tiedon tarkkailu vaatii hajautettua tarkkaavaisuutta. Informaation esittämistapa muuttaa tarkkaavaisuuden luonnetta. Esimerkiksi usean tiedonlähteen liittäminen samaan esitykseen tai näyttöön vähentää tarvetta tarkkaavaisuuden hajauttamiselle.

Motoristen toimintojen ja kontrollin edellytyksenä on niiden aisteilta saama palaute. Palautetta antava aisti on pitkälti riippuvainen taidon käyttötilanteesta. Palauteen ansiosta motorinen kontrolli ja aisteilta saatu palaute muodostavat ehyen ja jatkuvan kehän. Motorisen kontrollin tarkkuuteen ja nopeuteen vaikuttaa motorisen kontrollin saaman vasteen viive. Huomionarvoista on se, että tunto- ja kuuloaistin antama palaute on keskimäärin 2–3 kertaa näköaistin antamaa palautetta nopeampaa. Asia ei ole kuitenkaan aivan näin yksiselkoinen, koska näköaistilta saatavan palautteen sisältö on sen ominaisuuksista johtuen pääasiallisesti monimutkaisempi. Tämä kuitenkin selittää sen, miksi hienomotoriset tuntoaistia vaativat toiminnot ovat yleensä tarkempia ja automatisoituvat helpommin. Sama johtopäätös voidaan tehdä myös lentokoneen äänivaroituksiin liittyvistä opituista automaattisista reflekseistä, jotka perustuvat aikaisemmin tunnettujen äänien antamaan nopeaan palautteeseen. (Donders 1969, 420–426; ks. myös Vapaavuori & Sorsa 2005, 102).

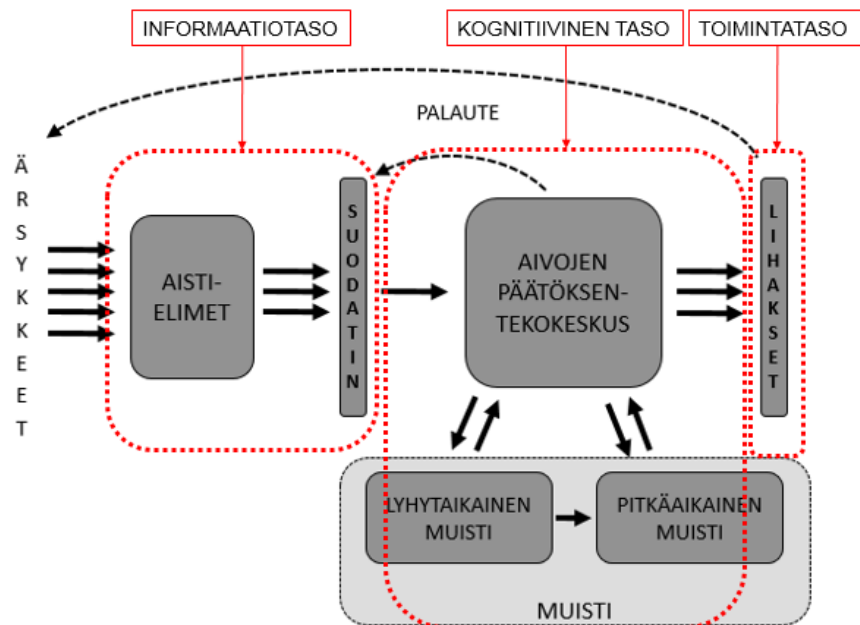


Kuva 8. Ihmisen tiedonkäsittelyprosessi (Vapaavuori & Sorsa 2005, 101)

Vapaavuoren ja Sorsan (2005) ihmisen tiedonkäsittelyprosessia kuvaavasta mallista voidaan havaita kolmentasoisia aktiviteetteja. Yhdessä tasossa kerätään havaintoja sekä tietoja, toisessa tasossa niitä käsitellään ja kolmannessa tasossa ne muutetaan toiminnaksi. Toiminta muodostaa palautteen ympäristöön, jonka myötä havaintokenttä muuttuu. Nämä kolme aktiviteet-

titasoa eivät ole ristiriidassa aikaisempien kompetenssiteorioista tehtyjen havaintojen kanssa, vaan pikemminkin ne täydentävät niitä. Tutkimuksen tässä vaiheessa perustan osaamissysteemin jatkotarkastelun ja -kehittelyn näiden kolmen aktiviteettitason viitekehykseen. Tämä auttaa jäsentämään paremmin mallin edellisessä versiossa havaitut puutteet ja mahdollistaa siten systeemin perusteellisemmän tarkastelun.

Tapahtumaketju informaatiosta toiminnoiksi jaetaan tutkimuksessa kuvan 9 mukaisesti kolmeen *aktiviteettitasoon*: *informaatiotaso*, *kognitiivinen taso* ja *toimintataso*. Informaatiotasaan sijoittuvat hävittäjätoiminnassa ohjaajalle informaatiota tuottavat osatekijät eli työskentely-ympäristö. Toimintatasoon sijoittuvat ne aktiviteetit, jotka vaativat hävittäjätoiminnassa ohjaajalta motorista aktivoitumista.

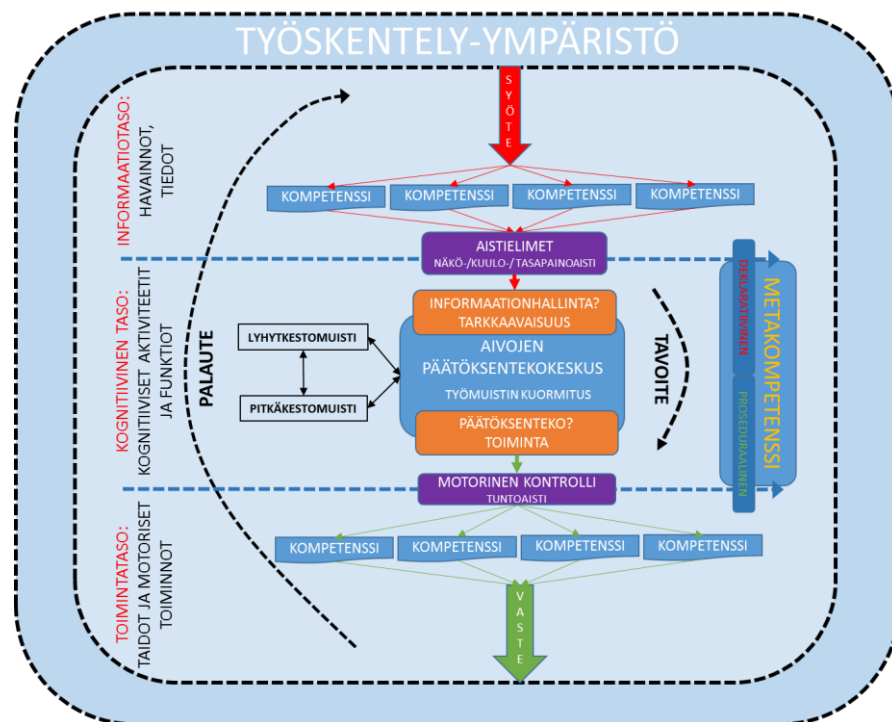


Kuva 9. Vapaavuoren ja Sorsan (2005, 101) ihmisen tiedonkäsittelyprosessista tutkimukseen muodostetut aktiviteettitasot.

Tutkimuksen kognitiivisen tason kehys muodostuu Vapaavuoren & Sorsan (2005, 101–102) mallinsa tueksi nostamalla käsitteillä, kuten muisti ja kapasiteetti. Kognitiivisen tason liittämäpinta luvussa 3.5 käsiteltyyn kognitiiviseen kompetenssiin on ilmeinen, vaikkei tuolloin käytetty aineisto mahdollistanutkaan käsitteen syvällisempää tarkastelua. Tuolloin hävittäjä-lentäjän kannalta keskeisiksi yleisiksi kognitiivisiksi kompetensseiksi todettiin kuitenkin informaationhallinta ja päätöksenteko (ks. Weinert 1999, 6). Informaationhallinta ja päätöksenteko ovat monimutkaisia prosesseja, joiden keskeisyyden vuoksi niitä käsitellään erikseen luvuissa 4.3.4 – 4.3.5. Tarkemman käsittelyn tavoitteena on löytää niille asemointi osana ilmassa tapahtuvien aktiviteettien kenttää ja siten osaamissysteemiä.

4.1.1. Systemin tarina - osa 3: Informaatiosta toiminnaksi

Päätös perustaa osaamissysteemin jatkotarkastelu ja -kehittely kolmen aiemmin mainitun aktiviteettitason viitekehukseen, muuttaa olennaisesti osaamissysteemistä luotavan mallin ulkoista olemusta. Muutos perustuu siihen, että mallin aktiviteettitasoihin on kyettävä luomaan loogiset sijainnit ja sidokset sekä uusille, että aikaisemmille alasysteemeille ja elementeille. Malli pyrkii nykymuodossaan selittämään paremmin osaamisen ja ympäristön välisen suhteen. Kompetenssit ovat osaamiseen kuuluvia elementtejä, joita oletetaan löytyvän kaikista kolmesta aktiviteettitasosta. Lääketieteestä johdettujen aktiviteettitasojen yhdistäminen kompetenssiajatteluun jalostui mallin kehittämisessä määritelmään, jossa kompetenssit toimivat tiedon keräämiseen ja tai ympäristön manipulointiin liittyvinä aktiviteetteina. Kognitiivinen taso toimii tavoitteellisen toiminnan ohjaajana, joten siihen kuuluvien kompetenssien katsotaan olevan kognitiivisia- tai avainkompetensseja. Edellisessä mallissa paikkaansa etsineet informaationhallinta ja päätöksenteko sopisivat muodostuneen logiikan perusteella kognitiivisen tason avainkompetensseiksi, joilla hävittäjäalentäjä tavoitekeskeisesti ohjaa toimintaansa. Mallin kehittäminen on tähän asti ollut kompetenssikeskeistä. Malli ei kuvaa vielä kompetenssien tarkempaa sisältöä. Mallin on laajentunut kattamaan koko osaamissysteemin, jolloin oppimisen voidaan katsoa kuuluvan kehitettävään systeemiin. Perusteita oppimisen sijoittamiselle systeemiin ei kuitenkaan vielä ole.



Kuva 10: Aktiviteettitasoilla ja lääketieteellisillä perusteilla täydennetty hävittäjäalentäjän osaamisen likiarvoinen systeemikuvaus.

Yllä esitellyn osaamismallin NARMAX -tarkastelu osoittaa, että sen toimintaan liittyvien elementtien määrän kasvaessa, myös siihen liittyvien ehtojen, vaikutusten ja dynaamisten ominaisuuksien määrä kasvaa radikaalisti lisäten vääristymien riskiä. Vääristymien minimoimiseksi mallin kehittämistä jatketaan valitulla menetelmällä, jossa kirjallisuudesta poimittuja elementtejä integroidaan malliin sillä ehdolla, ettei se riko mallin sisäisten riippuvuuksien teoreettista paikkansapitävyyttä. Tällä hetkellä systeemikuvaus on riittävän tarkka seuraavan kehitysvaiheen, eli syvällisen ammattikohtaisen kompetenssianalyysin pohjaksi.

Systeemikuvauksesta jää toistaiseksi epäselväksi, mitä todellisia kompetensseja informaatio- ja toimintatasoon hävittäjälentämisessä kuuluu. Epäselvää on myös informaationhallinnan ja päätöksenteon alajärjestelmien toimintalogiikka koko systeemin keskeisinä kontrolloijina. Systeemin kehittämistä jatketaan luomalla hävittäjälentäjän työympäristöstä käsitteelliset kuvaukset informaatio- ja toimintatasoille sekä suorittamalla kognitiivista psykologiaa ja kognitiotiedettä käsittelevälle kirjallisuudelle integroiva kirjallisuuskatsaus.

4.2. Informaatiotason kuvaus: havainnot ja tiedot

Ihminen tekee havaintoja ja kerää informaatiota eri aisteilla. Ei ole täysin yhdentekevää, millä aistilla havainto suoritetaan. Tämä korostuu etenkin silloin, kun aistin tuottaman tiedon on tarkoitus tukea motorisen kontrollin toimintaa. Tuntoaisti tuottaa pääsääntöisesti nopeimman keskimääräisen palautteen päätöksenteon tueksi vasteajan ollessa 0,066 sekuntia. Näköaistin vasteaika vaihtelee käsiteltävän havainnon monimutkaisuudesta riippuen 0,124 - 0,184 sekunnin välillä. Kuulohavainnon vasteaika vaihtelee 0,056-0,088 sekunnin välillä. (Donders 1969, 420–421.) Lukuarvoina nämä ovat käytännössä toissijaisia, mutta auttavat ymmärtämään, miksi eri aisteja hyödynnetään hävittäjän järjestelmien ja ohjaajan välisessä kommunikoinnissa. Kommunikaatio tapahtuu käytännössä kaikilla aisteilla yhdenaikaisesti, jolloin tarkkaavaisuuden rooli havaintojen teossa korostuu.

Työympäristönä hävittäjä on tekninen järjestelmä, jossa informaation kerääminen ja käsittely tapahtuu usealla eri tasolla. Osana tilannetietoisuuden ylläpitoa lentäjän tulee seurata käytössään olevia kuluvia resursseja, kuten polttoainemäärää sekä omasuoja- ja asejärjestelmien tilaa. Omien resurssien lisäksi ohjaajan tulee parin- tai parven johtotehtävissä olla tietoinen myös osaston muiden koneiden resurssitilanteen vaikutuksista tehtävän toteuttamiseen. Päätöksentekoa sekä tiedon prosessointia ohjaa osastolle tai ohjaajalle annettu taktinen tehtävä, jonka perusteet määrittelee komentajan tahto. Ohjaajan tulee kyetä tilanteen mukaisiin johtopäätöksiin ja sovittaa toimintansa ilmavoimille annettuihin tehtäviin, jotka jalkautuvat osastolle esimerkiksi puolustuksellisenä vastailmatoimintana omalla vastuualueella. Tehtävän ja sii-

hen liittyvien yksityiskohtien tunteminen on välttämätöntä etenkin tilanteissa, jossa yhteydet taistelunjohtajaan tai muihin osaston jäseniin menetetään.

Edellä mainituista perusteista ohjaajan pitää kyetä muodostamaan osastolleen ja toiminnalleen tavoitteita, joihin pääsemällä tehtävä toteutuu. Näihin tavoitteisiin pääsemiseksi ohjaajan tulee noudattaa tinkimättömästi osaston johtajan tai muun perusteiden määrittäjän tehtävänannossa antamia taktisia ja taisteluteknisiä periaatteita. Osaston ohjaajien pitää kyetä toimimaan yhdessä ilman suorituskyvyn laskua, vaikka koneiden väliset puheyhteydet menetetään. Osaston johtajan määrittämät toimintaperiaatteet eivät voi ottaa huomioon kaikkia mahdollisia tilanteita, jolloin ohjaajan ymmärrys vallitsevasta tilanteesta korostuu. Tilanneymmärrys auttaa ohjaajaa tekemään tarvittaessa tilanteen vaatimia toimenpiteitä myös ilman niiden erillistä ohjeistamista. Ohjaaja joutuu peilaamaan tilannetta tavoitteisiin ja sovittamaan oman toimintansa osaksi kokonaisuutta.

Hävittäjän teknisestä luonteesta johtuen, ohjaajan tulee kyetä tarkkailemaan hävittäjän teknisten järjestelmien toimintaa sekä häiriötilanteissa ratkaisemaan tai minimoimaan teknisistä häiriöistä johtuvat haitat. Ongelmien ilmetessä tulee ohjaajan kyetä suuntaamaan omaa tarkkaavaisuuttaan tilanteen kannalta kriittisimpiin asioihin. Ohjaajan tulee tuntea järjestelmät siten, että hän kykenee tarvittaessa itsenäisesti päättelemään keinot teknisen ongelman ratkaisemiseksi sekä tiedostamaan sen vaikutukset muiden järjestelmien toimintaan.

Kypärätähtäin (JHMCS) on muuttanut ohjaajan informaation tavoitettavuutta. Kypärätähtäimen visiiriin heijastetaan ohjaajan valitsemat tiedot lentotilasta, muista omista koneista tai uhkasta sekä sensoreilta ja asejärjestelmiltä, joita laitteen avulla kyetään myös kontrolloimaan. Vaikka kypärätähtäimen suurimmat hyödyt näyttäytyvät lähitaistelukyvyn parantumisena, on se aiheuttanut muutoksen myös ohjaajan muuhun informaation käsittelyyn. Kypärätähtäin toimii ohjaajalle uhka-, sensori- ja asejärjestelmätiedon visualisoijana auttaen merkittävästi elektronisen informaation sovittamista kolmiulotteiseen ympäristöön. Kypärätähtäimen avulla tuotetaan ohjaajalle maalin sijainti näytölle, joka nopeuttaa näköhavainnon saamista ja sen mukanaan tuomaa päätöstä liikehtelystä tai aseiden käytöstä. Lisäksi kypärätähtäimellä voidaan osoittaa asejärjestelmiä kohti maalia.

Lentotilan seuranta korostuu hävittäjätoiminnassa, jossa tehokas taktinen ja taistelutekninen liikehtely aiheuttaa lentotilaan lukemattoman määrän nopeita muutoksia. Lentoarvojen kuten nopeuden ja korkeuden jatkuva seuranta tukee ohjaajan tilannetietoisuuden muodostamista, jotta lentäjä voi hyödyntää koneen suorituskykyä maksimaalisesti kuitenkin rikkomatta koneen rakenteellisia rajoja. Etenkin yö- ja mittariolosuhteissa asentotiedon ylläpito tapahtuu vahvasti mittareihin tukeutuen. Osastolla toimittaessa oman korkeuden seuraaminen on lento-

turvallisuuden näkökulmasta keskeinen olosuhderiippumaton tekijä. Hyvissä sää- ja valaistusolosuhteissa pääosa lentotilan seuraamisesta perustuu spatiaaliseen hahmottamiseen, jossa näkö- ja tasapainoelinten yhteistyöllä ohjaaja tunnistaa oman asentonsa tukeutumatta juuriin ohjaamon instrumentteihin. Tämä korostuu tilanteissa, joissa tarkkaavaisuus tulee hajauttaa taktiseen tilanteeseen ja taisteluteknisiin suorituksiin, jolloin asentotajun säilyttämisen tulee tapahtua mahdollisimman vähäisellä kuormituksella.

Uhkatilanne tulee ymmärtää ilmataistelun osalta monitasoisena muuttujana, johon omat syötteensä antaa tiedustelutoimiala. Ohjaajalle uhka näyttäytyy keskeisimmin taktisella ja taisteluteknisellä tasolla. Taktisella tasolla ohjaajan tulee ymmärtää millaisia taktiikoita vastustaja luultavimmin käyttää ja mitkä ovat vastustajan keskeisimmät tehokkuutta ja toimintaa rajoittavat tekijät. Näitä voivat olla esimerkiksi vastustajan johtamiskykyyn tai toiminnan koordinointiin liittyvät tekijät. Taktisella tasolla tulee tiedostaa vastustajan oletettu tavoite, jotta sen toteutuminen voidaan estää. Vastustajan taisteluteknisten ominaisuuksien tiedostaminen auttaa ohjaajan päätöksentekoa muuttuvissa ja ennakoimattomissa tilanteissa. Näitä piirteitä ovat esimerkiksi lavettien ja ase- tai sensorijärjestelmien erityisominaisuudet ja suorituskyky. Suurin osa omista taktiikoista perustuu joko vastustajan taktisten tai taisteluteknisten heikkouksien hyväksikäyttöön. Hävittäjän ohjaamossa uhkatilannekuva osana kokonaistilannekuvaa muodostuu pääsääntöisesti elektronisilla sensoreilla. Kokonaistilannekuvaa luotaessa omat tai muiden koneiden ja maa-asemien sensorit ja yhteydenpitojärjestelmät muodostavat tilannekuvaa, johon ohjaaja perustaa oman tilanearvionsa vastustajan uhkaavuudesta. Kivijalan tämän kaltaiselle uhkatilannekuvan muodostamiselle antaa vastustajan toiminnan yksityiskohtien tunteminen.

Oman koneen passiiviset sensorit varoittavat ohjaajaa saatuihin herätteisiin perustuen, jolloin ohjaajan tulee reagoida tilanteeseen uhkan vaatimalla tavalla ja usein hyvin kapeassa aikaikkunassa. Omien passiivisten sensorien antaman informaation seuraaminen on keskeinen osa omaa taisteluteknistä toimintaa ja päätöksentekoa, jonka merkitys korostuu vastustajan ja oman koneen etäisyyden pienentyessä. Uhkatilannekuvaa muodostaessa ohjaajan on suoritettava jatkuvaa saadun tai mahdollisesti saamatta jääneen informaation kriittistä tarkastelua, jonka perusteella ohjaaja arvioi riskit ja tekee päätöksiä omasta reagoinnistaan. Uhkatilannekuvaa muodostettaessa on huomioitava laaja kirjo erilaisia uhkaa muodostavia järjestelmiä, kuten hävittäjät, ilmatorjunta ja alusilmatorjunta.

Hävittäjän aktiivisten tai passiivisten tilannekuvaa muodostavien sensoreiden päätehtävä on mahdollistaa oma vaikuttaminen vastustajan kohteisiin. Näihin sensoreihin lukeutuvat mm. tutkat, infrapuna- ja muut optiset sensorit, ohjaajan silmät, omatunnuslaitekyselijät (IFF) sekä

aikaisemmin mainitut omasuojasensorit. Myös asejärjestelmiin modulaarisesti kuuluvat sensorit voivat tarjota ohjaajalle tilannekuvaa. Keskeinen tekijä nykyaikaisessa ilmataistelussa on kyky jakaa sensorien tuottamaa informaatiota koneiden ja maa-asemien välillä, jolloin sensoreilta ohjaamoon saatava informaation määrä lisääntyy merkittävästi. Tämän seurauksena ohjaajan tulee kyetä poimimaan lisääntyvästä informaatiovirrasta oman toiminnan kannalta keskeisin informaatio. Tähän informaatioon ohjaaja sovittaa oman toimintansa osaston johtajan määrittämien taisteluteknisten periaatteiden mukaisesti.

Nykyaikaisen teknologian mahdollistaessa elektronisen tunnistamisen keinoja, on oman koneen eri sensorien antamien tietojen yhdistäminen olennainen osa toimintaa. Tosin teknologia jo nykyisellään kykenee suurimmilta osin fuusioimaan sensoritiedon automaattisesti. Tämä ei kuitenkaan vähennä ohjaajalle tulevan informaation määrää, vaikka tiedon ilmestyminen näyttöille onkin pääosin automatisoitua.

Hävittäjätoiminnassa näyttäytyy osaston sisäistä sekä taistelunjohtajan välistä kommunikaatiota. Toimijoiden välistä kommunikaatiota tapahtuu tehtävänannossa, lennolla sekä tehtävän läpikäynnissä. Tätä kaavaa pyritään noudattamaan myös poikkeusoloissa, joskaan se ei aina ole mahdollista. Tehtävän aikana kommunikaatio tapahtuu pääsääntöisesti puheella, tietovuojärjestelmillä sekä tarvittaessa visuaalisin merkein. Jos näitä yhteydenpitojärjestelmiä kyettään häiritsemään tai niiden käyttäminen ei muusta syystä johtuen ole mahdollista tai tarkoituksenmukaista, korostuvat tehtävänannossa määritellyt periaatteet. Ohjaajan toiminnan kannalta kommunikoinnissa yhdistyvät lähes poikkeuksetta useiden aistien yhdenaikainen käyttö. Hävittäjäohjaamon meluisuus ja radioiden jokseenkin normaalit häiriöt vaikeuttavat puheviestinnällä tapahtuvaa kommunikaatiota. Tarkkaavaisuuden kannalta keskeistä on myös se, että puhekommunikaatio voi tapahtua samanaikaisesti jopa neljällä kanavalla, jolloin olennaisen tiedon poimiminen informaatiotulvasta on vaivalloista. On tyypillistä, että puhekommunikaation määrä lisääntyy taktisen tai taisteluteknisen tilanteen ollessa muutenkin kuormittava, joka vaikeuttaa entisestään huomion kiinnittämistä kuultuun informaatioon. Puhekommunikaation luotettavuutta on myös kyettävä arvioimaan kriittisesti, jos on syytä epäillä harhauttavaa puhehäirintää. Tietovuojärjestelmillä tapahtuvassa viestinnässä informaatio voi tulla ohjaajalle äänenä, visuaalisesti näyttölaitteille tai näiden yhdistelmänä. Tietovuoviestintä on suurimmalta osin integroitu koneiden ja maa-asemien väliseen automaattisesti jaettavaan tilannetietoon.

Oman toiminnan sopeuttaminen osastoon näyttelee keskeistä roolia suomalaisessa hävittäjätaktiikassa. Omasta osastosta saatava informaatio on kyettävä sovittamaan taktiseen tilanteeseen osaston kokonaissuorituskyvyn parantamiseksi. Käytettävistä taktiikoista riippuen, voi osaston toiminta ja sisäinen keskinäinen tuki perustua joko näköetäisyyden sisällä tai ulko-

puolella tapahtuvaan yhteistoimintaan. Vaikka näiden keskeisimpinä eroina ovat käytettävät tiedonkeruumenetelmät sekä toisistaan poikkeava tarve tilannekuvan muodostamisen tiheydelle, on niiden periaatteet pohjimmiltaan samanlaiset. Omalla toiminnalla on kyettävä lisäämään koko osaston taktista tehokkuutta. Omasta osastosta tai muista omista toimijoista saadun informaation määrä vaihtelee merkittävästi riippuen osastojen ja toiminta-alueella toimivien koneiden määrästä.

Edellä mainittujen informaatiolähteiden lisäksi ohjaajalla on käytössään paljon deklaratiivista metatietoa, johon saatua informaatiota peilataan. Hävittäjäalentäjä hyödyntää esimerkiksi lentämiseen liittyviä ääni- ja tuntoaistimuksia oman lentotilan tuntemuksen lisääjänä. Deklaratiivinen metatieto perustuu ohjaajan kokemuksiin, näkemyksiin, tuntemuksiin, tietämykseen sekä minäkuvaan. Se tarjoaa tietoa tehtävien vaikeudesta sekä tietämystä omista kyvyistä, lahjoista, taidoista sekä kognitiivista heikkouksista (Weinert 2001, 55). Vaikka kognitiivinen metatieto ei muodostu suoraan järjestelmien tai ympäristön tuottamasta informaatiosta, on sillä keskeinen rooli ohjaamossa tapahtuvassa informaatiovirrassa. Sen avulla ohjaaja kykenee arvioimaan riskejä ja onnistumisen edellytyksiä sekä priorisoimaan informaatiota ja muodostamaan vaihtoehtoisia tilannekuvan muodostamismalleja. Deklaratiivinen metatieto liittyy läheisesti ihmisen metakognition ja kognitiiviseen prosessiin tai -muistiin. Se on silti yksi hävittäjäalentäjän informaation lähteistä toimintaa suoritettaessa, jolloin sen voidaan nähdä sijoittuvan informaatiotason ja kognitiivisen tason välimaastoon ja pitävän sisällään useita tehtävien suorittamiseen tarvittavia mentaalisia malleja.

4.3. Kognitiivisen tason kuvaus: Kognitiiviset aktiviteetit ja funktiot

Informaatiolähteiden runsaus, toiminnan dynaamisuus sekä lähes rajaton määrä erilaisia tilannekehityksen vaihtoehtoja muodostavat merkittävän kuorman hävittäjäohjaajan informaationkäsittelylle. Prosessiin liittyy useita tiedostamattomia tai tiedostettuja toimintoja, joille yhteistä on niiden riippuvuus ihmisen muistista ja sen kapasiteetista. Kognitiivisen tason kuvauksen tarkoituksena on selvittää muistin merkitystä ja rajoitteita ihmisen tiedonkäsittelyssä sekä kognition keskeisimpiä osa-alueita. Vaikka *kognitiivinen psykologia* ja *kognitiotiede* eri soveluksineen ovat termeinä melko läheisiä, on niiden välinen ero ja merkitykset syytä tehdä selväksi ennen käsitteiden sitomista ammatilliseen kontekstiin.

4.3.1. Kognitiivinen psykologia

Kognitiolla tai kognitiivisilla toiminnoilla ymmärretään psykologian piirissä tarkkaavaisuuteen, tiedon saamiseen, käsittelyyn, mieltämiseen ja käyttämiseen liittyviä prosesseja. Tämän prosessin funktioina toimivat mm. aistiminen, havainnointi, muistaminen, ajattelu, ongelman-

ratkaisu, oppiminen sekä päättely. Kognitiivisen psykologian mielenkiinnon kohteena on ihmisen tiedonkäsittelyjärjestelmän toiminta, jossa ihminen nähdään tietoa käsitteleväksi systeemiksi. Samaan mielenkiinnon kenttään liitetään myös ihmisen ulkomaailmasta tekemät tietoesitykset eli representaatiot sekä tavat, joilla ihminen näitä representaatioita muokkaa. Tieteenalan juuret voidaan nähdä syntyneen 1950 –luvulla, jolloin tietokoneiden kehittymisen myötä huomattiin ihmisen suorituskapasiteetin olevan loppujen lopuksi melko vaatimaton. Ihmisen työmuisti kykenee ylläpitämään yhtä aikaa mielessään lähteestä riippuen neljästä seitsemään mielleyksikköä. Toinen ihmisen keskeinen kapasiteettirajoitus on tarkkaavaisuus, koska ihminen ei yleensä kykene seuraamaan kuin yhtä asiaa kerrallaan, ellei vaadittu toiminto ole hyvin automatisoitunut. (Saariluoma 2001, 30–31; Haapasalo 2006, 68; Laarni, Kalakoski & Saariluoma 2001, 85; Anderson 2015)

Kognitiivisten prosessien tutkimus on käynnistynyt Bartlettin 1958 esittämän skeemateorian myötä. Tämän teorian mukaan tieto tallentuu muistiin skeemoina, jotka ovat jatkuvasti alttiina mm. kokemuksen aiheuttamille muutoksille. Tutkimusala keskittyy yksilön tapoihin prosessoida tietoa ja käyttää eri strategioita ongelmanratkaisutilanteissa. (Haapasalo 2006, 70)

4.3.2. Kognitiotiede, automaatio ja tekoäly

Kognitiotieteessä mielenkiinnon kohteena ovat informaation edustus sekä työstö luonnollisissa järjestelmissä. Tieteenalan avainongelmana on kognitiivisten prosessien rakenne ja funktio. Kognitiotiede pohjautuu teknologian, erityisesti tietokoneiden kehittymiseen. Lähtökohtana ovat olleet informaatioyhteiskunta ja sen tarpeet, jonka seurauksena monitieteellisyys kognitiotieteessä on lisääntynyt. Tieteenalan kehitystä on tukenut myös se, että ihmisillä on kautta aikojen ollut taipumus verrata itseään ajankohtaisiin kojeisiin. Tämän seurauksena tieteessä ei vallitse yhtenevää näkemystä siitä, millainen tiede kognitiotiede pohjimmiltaan on. Eräs klassisen kognitiotieteen merkittävä lähtökohta on ollut pyrkimys mallintaa ihmisielen toimintaa tietokoneilla. Yhtenä esimerkkinä tästä on pyrkimys itsenäiseen ongelmanratkaisuun tai päätöksentekoon kykenevään *tekoälyyn*, siis koneeseen, joka käsittelee informaatiota ihmisen lailla. Kognitiotieteen alle onkin syntynyt useita haaroja, joista jokaisella on nähtävissä kontribuutionsa kognitiotieteen kentässä. Eräs keskeisimmistä kognitiotieteen sovellusalueista on konstruoivalla tutkimusotteella tapahtuva käytettävyyden ja käyttöliittymien tutkimus. Samaan viitekehukseen sijoittuu ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen tutkimus. (Saariluoma 2001, 26–37; Revonsuo 2001, 51–52; Rauste-von Wright ym. 2003, 102) Kognitiivinen laitesuunnittelu on relevantti myös tämän tutkimuksen kannalta, koska sen pyrkimyksenä on parantaa ihmisen ja koneen välistä yhteistyötä sekä vähentää näin ihmisen kognitiivista työkuormaa (Konar & Jain 2005, 6–34).

Yksi edellä viitatuista tieteenalahaaroista on tekoälyä koskeva tutkimus, jonka tavoitteena on tehokkaiden ja älykkäiden laitteiden kehittäminen riippumatta siitä, vastaavatko ne ihmisen päätöksentekoprosessia vai eivät (Rauste-von Wright ym. 2003, 102). Kognitiotieteen ja tekoälytutkimuksen välillä on kuitenkin selkeitä yhtymäkohtia esimerkiksi teoreettisten mallien ja niihin sisällytettävien algoritmien osalta. Kognitiivinen laitesuunnittelu²⁴ pohjautuukin pitkälti kognitiotieteen tai kognitiivisen psykologian perusolettamuksiin. (Konar & Jain 2005.) Sovellusalueen tarkoituksena on parantaa laitteiden käytettävyyttä sekä turvallisuutta ja lisätä näin laitteesta saatavaa hyötyä. Ihmisen ollessa laitteen käyttäjän asemassa, perustuu myös käytettävyyden suunnittelu psykologiaan pohjautuviin toimintamalleihin. Näillä malleilla voidaan käyttö- ja laiteympäristö huomioiden ennakoida ihmisen käyttötavalleja kussakin käyttötilanteessa ja -ympäristössä. (Saariluoma 2001, 37–38)

Teknologisen kehityksen ja tekoälytutkimuksen myötä laitteiden käytettävyyden kehittäminen ei rajoitu ainoastaan käytettävien laitteiden mekaanisiin ominaisuuksiin. Laitteen käyttöliittymän suunnittelun kokonaisuuteen vaikuttaa myös laitteen toimintoja ohjaavien, yleensä tietokonepohjaisten logiikkojen kehittäminen. Monissa tapauksissa käyttöliittymien kehittäminen on rinnastettavissa visuaalisen viestinnän, eli kommunikaation suunnitteluun. Visuaalisen kehittämisen periaatteet nojaavat viime kädessä hyvin pitkälti ihmisen havaintomekanismeihin. Käytettävyyden kehittämisen tavoitteena on tehdä laitteen toimintoihin pääsy mahdollisimman vaivattomaksi. Käytettävyyttä kuvaava termi ei kuitenkaan takaa laitteen tai järjestelmän soveltuvuutta tarkoitukseensa. Koska käytettävällä laitteella on joku sille suunniteltu tehtävä tai käyttötarkoitus, käytettävyyttä lisätään harvoin soveltuvuuden kustannuksella. Soveltuvuus onkin usein käyttöliittymien kehittämistä hidastava tekijä. (Mäntylä 2001, 129–144; ks. myös Suchman 1987)

Muun teknologian rinnalla myös hävittäjien kehitystyö mukaillee tätä teollisen tutkimuksen sovellusalueita tarkoituksenaan keventää hävittäjäalentäjän kognitiivista kuormaa kokonaistehokkuuden parantamiseksi. Suomen F-18 hävittäjien sekä Hawk harjoitushävittäjien elinjakosopäivityksissä on parannettu merkittävästi järjestelmän käytettävyyttä kehittämällä tiedon esitystapoja sekä käyttöliittymiä.

Teknologisen kehityksen ja kognitiotieteen sulautuminen voi tarjota järjestelmien käytettävyyden osalta vieläkin radikaalimpia muutoksia. Järjestelmiin ohjelmoitavat logiikat lisäävät automaation mahdollisuuksia. Automaatiolla tarkoitetaan itsenäisiin toimintoihin kykenevää laitetta tai järjestelmää. Automaatio toteutetaan lähes poikkeuksetta kohdotehtävään ohjel-

²⁴ Cognitive Engineering.

moiduilla tietokoneilla, jotka ohjaavat järjestelmän käyttölaitteita sensoreilta saatuun tietoon perustuen. (Frohm 2008)

Löytyy useita syitä, miksi ihmisen rooli vähintään toiminnan valvojana säilynee myös tulevaisuudessa. Ensinnäkin ihmistä tarvitaan suunnittelemaan automaation käynnistymisen perusteet. Toiseksi ihmistä tarvitaan opettamaan tietokoneelle mitä tietoja se tarvitsee tehtävän toteuttamiseen. Kolmas tehtävä on automaation käynnistäminen ja sen valvonta sekä tarvittaessa toiminnan keskeyttäminen. Lopuksi ihmistä tarvitaan arvioimaan miten automaatio on tehtävästä suoriutunut ja suorittamaan korjaavat toimet. (Sheridan 1992, Frohm 2008, 33 mukaan)

Keino- tai tekoälyn katsotaan yleisellä tasolla tarkoittavan inhimillisiä kognitiivisia toimintoja tai tehtäviä suorittavaa tietokoneohjelmaa. Tällaisiksi toiminnoiksi on laskettavissa näkeminen, kuvatunnistus, luontainen kielten ymmärrys ja todelliseen maailmaan sidottu päättelykyky. Vaikka on mahdollista, että jotkin konsepti-luokan läpimurrot veisivät tieteenalaa eteenpäin huimin loikkauksin, niin tämän hetkisen tiedon valossa näkökentässä ei keinoälyyn liittyen ole suuria ja radikaaleja kokonaisvaltaisia muutoksia, eli evolutionaarisia murroksia. Sen sijaan keinoälyn nähdään kehittyvän pienin hyppäyksin kapeilla sektoreilla. (Davis 2014)

Näyttää kuitenkin mahdolliselta, että automaatiolla ja tekoälyllä on teknologisesta kehityksestä johtuen vaikutuspotentiaalia hävittäjäohjaajan osaamisen tulevaisuusnäkyymiin. Ihmisen toimintaa ja päätöksiä ohjaavat asetetut tavoitteet. Samoin keinoälyllä on toimiakseen oltava jokin tavoite, johon keinoälyn suorituskyky on suhteutettava. Selvittämisen arvoista on, millaisia tavoitteita sotateknologia ja sotilasilmaluteollisuus keinoälylle tulee tulevaisuudessa asettamaan. Historia tuntien on mahdollista, että juuri sotateollisuuden jokin osa-alue kuuluisi tuohon kapeaan sektoriin, jossa keinoäly pienin hyppäyksin etenee. Tällä perusteella keinoälyä pidetään tässä tutkimuksessa yhtenä teknologisen evoluution osa-alueista, joka voi automaation rinnalla vaikuttaa tulevaisuudessa hävittäjäalentäjän tehtäväkenttään.

4.3.3. Muisti

Muisti ymmärretään yleisesti henkiseksi kyvyksi palauttaa mieleen menneitä asioita tai tietoa-aineksia. Tiedonkäsittelyn kannalta muisti on monimutkainen kokonaisuus. Psykologian piirissä muisti nähdään olevan rakenteellisesti jaettavissa kolmeen osa-alueeseen: sensorinen rekisteri eli aistitiedon varasto, lyhytaikainen eli työmuisti sekä pitkäaikainen muisti.²⁵ Aistitiedon varasto on toiminnallinen yksikkö ja tiedon vastaanoton ensimmäinen vaihe, jossa ais-

²⁵ Englanninkieliset käsitteet ovat "sensory register", "short-term store/memory" ja "long-term store/memory".

teilta saatava tieto säilytetään erittäin lyhyen ajan, vain yhdestä kahteen sekuntia. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 106–108.)

Lyhytaikainen eli työmuisti on rajallinen aktiivisen ja väliaikaisen tiedon varasto. Työmuistille on ominaista, että pienikin häiriö voi hävittää sen irralliset asiat. Lyhytkestomuistia pysyvämmäksi varastoksi on esitetty pitkäkestoista työmuistia²⁶, joka ei ole yhtä herkkä lisätehtävien aiheuttamille rajoituksille, mutta sen muodostuminen edellyttää opittujen mieltämysyksiköiden käyttämistä. Pitkäkestomuisti on ihmisen muistivarastoista kaikkein laajin, jolle ei ole kyetty osoittamaan varsinaisia rajoja. Sinne taltioituu kaikki elämän kokemukset ja tiedot, jotka on jäsennelty semanttisten tieto- ja episodisten kokemusrakenteiden avulla. Pitkäkestomuistista on vaikea poimia yksittäisiä tietoja, vaikka ne liittyisivätkin ihmisen sen hetkiseen toimintaan. (Craik & Lockhart 1972, 679; Laarni ym. 2001, 116–119)

Konar ja Jain (2005, 6–12) esittävät ihmisen käsittelevän havaintoihinsa perustuvaa informaatiota kognitiivisessa muistissaan. Weinert (1999, 6; 2001, 46–55) käyttää kognitiivista kompetenssia kuvaamaan mentaalisten mallien ja osaamisen välistä suhdetta. Siinä sekä erikoistuneen, että yleisen kognitiivisen kompetenssin²⁷ yleispiirre on mentaalinen resurssi tai -mallit, joita tarvitaan toimialalla ilmenevien tilanteiden hallintaan.

Hävittäjäalentämisen on tunnistettu liittyvän useita monimutkaisia taitorakenteita ja niille edellytyksiä luovia kontekstisidonnaisia kompetensseja. Kompetenssien yhdenaikaiseen käyttöön liittyvät työmuistin vaatimukset sekä mahdolliset uudenlaiset tilanteet suhteessa ihmisen tiedonkäsittelykapasiteettiin lisäävät lentäjän työmuistiin kohdistuvaa kognitiivista kuormaa. Huomion arvoista on, että toimintojen prioriteetti vaihtelee tilanteiden vaatimalla tavalla, jolloin toiminnallisesti lähestytään monipuolisten mentaalisten mallien kautta *monimutkaisen kognition*²⁸ käsitettä. (van Merriënboer 1999, Herranen 2007 mukaan.)

Monimutkaiseen kognitioon läheisesti liittyvät kognitiiviset skeemat ovat yleensä hyvin järjestäytyneitä, deklaraatiivisen eli selittävän tiedon rakenteita, jotka voivat vaihdella yksinkertaisista monimutkaisiin, yksityiskohtaisista yleisiin ja konkreettisista abstrakteihin. Skeemoilla on erittäin suuri merkitys työmuistiin kohdistuvan kuormituksen vähentäjänä. Kognitiivisten skeemojen tärkeitä elementtejä ovat käsitteelliset mallit, suunnitelmat ja tavoite-suunnitelma hierarkiat, periaatteet ja kausaaliset- sekä mentaaliset mallit. Kognitiiviset skeemat mahdollistavat ongelmien luokittelun niiden syvällisemmän merkityksen mukaan ja tar-

²⁶ Käsitteellä on selkeitä yhtäläisyyksiä deklaraatiivisen ja proseduraalisen muistin perusluonteeseen.

²⁷ Kognitiivista kompetenssia käsitellään lisää luvussa 3.5.

²⁸ Complex Cognition. Käsitellessään tutkatorjunnan suorittamiseen liittyviä taitoja Herranen (2007, 36–38) viittaa van Merriënboerin käyttämään käsitteeseen toiminnoista, joista selviytymiseen ihminen tarvitsee monipuolisia mentaalisia malleja.

joavat samalla periaatteet samaan luokkaan kuuluvien ongelmien ratkaisemiseksi. Kognitiivisten skeemojen kehittymiseen liittyy niiden yksityiskohtaista työstämistä²⁹, jossa uusi informaatio liitetään olemassa olevaan skeemaan sekä induktiota, jossa skeemaa säädetään vastaamaan konkreettista kokemusta. Skeemojen työstäminen ja induktio ovat pääosin tiedostettuja sekä tietoisesti hallittuja prosesseja. Suurien tai abstraktien tietomäärien prosessointi voi kuitenkin tapahtua osin implisiittisesti ja tiedostamatta. Skeemojen muodostaminen ja sääntöpohjainen oppiminen täydentävät toisiaan, joka mahdollistaa ammattikohtaisen huippuosaimisen kehittymisen. (van Merriënboer 1997, 62–63; ks. myös Dreyfus & Dreyfus 1986)

4.3.4. Informaationhallinnalla tilanneymmärrykseen

Informaation käsittelyllä ihminen pyrkii luomaan itselle riittävän tilanneymmärryksen päätöksenteon tueksi. Kriittisiä tekijöitä ihmisen informaation käsittelyssä ovat huomiokyky ja työmuisti, jotka rajoittavat ihmisen kykyä tulkita ympäristöstä saatavaa informaatiota sekä muodostaa siitä tilannetietoisuutta. Mentaaliset mallit ja tavoitekeskeinen käyttäytyminen nähdään kriittisiksi keinoiksi näiden rajoitteiden minimoimiseksi. Laitesuunnittelua, työkuormaa, stressiä, systeemin monimutkaisuutta ja operaattorin tilannetietoisuuden muodostamisen automatisointia sekä tilannetietoisuuden virhetaksonomiaa on tutkittu sekä mallinnettu kognitiivisen psykologian tieteenalalla kohtalaisesti. Endsley (1995) kuvaa hävittäjäohjaajan riippuvuutta jatkuvasta muuttuvien tilanteiden arvioinnista sisältäen koneen toiminnalliset arvot, ulkoiset olosuhteet, navigaatiotieto, muut koneet sekä vihollistilannetekijät. Ilman tätä tietoisuutta, jonka tulee olla sekä tarkkaa ja täydellistä, ei miehistö kykene tehokkaasti toteuttamaan heidän toimintojaan. Jopa pienet viiveet tilannetietoisuudessa voivat johtaa katastrofaalisiin seurauksiin. (Endsley 1995, 32–33)

Ympäristön dynaamisuuden ja monimutkaisuuden lisääntyminen vaikeuttaa tilanneymmärryksen saavuttamista ja ylläpitoa. Muuttuvalle ympäristölle on omaleimaista se, että päätökset sekä tilannetietoisuus muodostetaan kapeassa aikaikkunassa ja tehtävät ovat riippuvaisia meillä olevasta ympäristön analysoinnista. Koska ympäristön tila on jatkuvasti muuttuva ja usein monimutkaisilla tavoilla, on tilannetietoisuuden saavuttamisesta ja ylläpidosta muodostunut suurin osa operaattoreiden työtä. Tilanneymmärryksen muodostamiseen ei riitä nykyisellään yksinkertaiset tilannetietoisuuden tuottavat havainnot, vaan sen edellytyksenä on tavoitteiden valossa muodostettu yhdistetty havaintonäkymä, joka muodostaa riittävän kokonaiskuvan päätöksenteon tueksi. (Endsley 1995, 33–34)

Tilannetietoisuus liitetään perinteisesti lentäjäjyhteisön pyrkimykseen ymmärtää jonkin virheen tai onnettomuuden syytä (Endsley 1995, 32). Automaation suhdetta ihmisen toimintaan on

²⁹ Vapaa suomennos termistä "elaboration".

tutkittu laajasti. Luottamus automaatioon muodostuu ja häviää samoilla periaatteilla, kuin ihmistenkin kesken. Liiallinen luottamus automaatioon heikentää ja hidastaa vikatilanteista palautumista. Tilannetietoisuus voi heikentyä tarkkaavaisuuden häiriintymisestä, kyllästymisestä tai passiivisen tarkkailijan roolin omaksumisesta. Kaikki nämä voivat pudottaa operaattorin ulos tilanteesta³⁰. Yksi automaation lisääntymisen seuraus on operaattoreiden fyysisten tai kognitiivisten taitojen heikentyminen ja korkeamman taitotason saavuttamisen vaikeus. Tilannetietoisuuden heikentyminen voi johtaa yllättävän kuormittumisen seurauksena tilannetietoisuuden romahtamiseen, jolloin operaattori ei kykene muodostamaan käytettävissä olevassa ajassa riittävää ymmärrystä puuttuakseen epäedullisesti etenevään tilanteeseen. Automaatio kykenee siis tuottamaan kognitiivisen kuormituksen molempia ääripäitä. Onkin esitetty väitteitä siitä, että ihmisen rooli systeemissä on muuttunut automaation lisääntymisen myötä entistä keskeisemmäksi. Yksi syy tähän on se, että vaikka automaatio helpottaa työkuormaa, on ihmisen edelleen kyettävä säilyttämään täysi tilannetietoisuus nykyisyydestä sekä tilanneymmärrys tulevista tilanteista. (Frohm 2008, 35–38)

Vaikka tilannetietoisuus ja tilanneymmärrys ovat termeinä helppo sekoittaa, on niiden merkityksessä käsitteellisiä eroja. Käytännössä nämä erot vastaavat yleisiä tiedon ja ymmärryksen käsitteellisiä eroja. Tilannetietoisuus tarkoittaa, että henkilöllä on konkreettista³¹ tietoa tilannesidonnaisista asioista. Tilanneymmärrys tarkoittaa sitä, että henkilöllä on kyky tilanteen abstraktiin³² tarkasteluun ja ennakointiin, mutta myös syvällisempää ymmärrystä siitä mitä tietää ja mitä ei. Tilanneymmärrystä kuvataan yleisesti kolmiportaisena ilmiönä, jonka ensimmäinen taso käsittää ympäristön elementtien havaitsemisen³³, toinen taso vuoropuhelun nykytilanteen kanssa³⁴ ja kolmas taso tulevien tapahtumien ennakoinnin (Endsley 1995).

Ihmisen ja teknologian tai systeemien vuorovaikutussuhteen muutos on johtanut tarpeeseen täydentää perinteistä jaottelua neljännellä tasolla. "*Edge awareness*" käsittää ymmärryksen kaikista tilanteeseen liittyvistä "reunoista", jotka voivat avata uusia mahdollisuuksia tai johtaa ei-toivottuihin seurauksiin. Näkemys perustuu teknologisen kehityksen mukanaan tuomaan haasteeseen ymmärtää systeemien ja järjestelmien toimintaa sekä niiden vaikutuksia tilanneymmärryksen muodostumisen kautta tehokkuuteen. (Stensson 2014, 148–154)

Frohmin (2008) ja Stenssonin (2014) havainnot osoittavat, että teknologisen kehityksen myötä välineiden ei voida yksiselitteisesti sanoa olevan ainoastaan käyttäjiensä jatkeita. Niillä on siinä määrin lisääntyvä vaikutus käyttäjän kognitiiviseen toimintaan, että toiminnan tehok-

³⁰ Englanninkielinen käsite on "Out-of-the-loop problem".

³¹ Vertaa Dreyfus & Dreyfus (1986, 17) "know-what".

³² Vertaa Dreyfus & Dreyfus (1986, 17) "know-how".

³³ Vertaa tilannetietoisuus.

³⁴ Vertaa reflektio.

kuutta eniten rajoittava "tekijä" ei ole enää yksiselitteinen ilmiö. Ihmisen ja kognitiivisen laitteen pyrkiessä "kilpaillen" ennakoimaan tilanteita voi suorituskyvyn "reunan" muodostaa yhtä hyvin ihminen, käytettävät järjestelmät tai niiden välinen rajapinta ja vuorovaikutus.

4.3.5. Päätöksenteko ratkaisujen ja toiminnan taustalla

Päätöksenteko on edellytys informaationkäsittelyprosessin seurauksena tehtäville käytännön toiminnoille. Se voi olla, ja yleensä onkin seurausta kognitiivisen prosessin aikana syntyneistä indikaatioista, joista johdetun päättelyn tuloksena syntyy tarve päätöksenteolle. (ks. Saari luoma 2001, 30–31; Haapasalo 2006, 68; Laarni ym. 2001, 85) Päätöksenteon pohjalla voi olla opittuja tai omaksuttuja strategioita, joiden pohjalta päätös syntyy. Valittu toimintamalli tai strategia perustuu tiedonkeruu- ja valintamenetelmiin sekä harkintaan. Tieteenalan tutkimuskentässä ihmisen on havaittu käyttävän useita erilaisia päätöksentekostrategioita, joiden valintaan vaikuttavat monet tekijät. Strategia voi perustua saavutettavissa olevan hyötysuhteen optimointiin. Tällöin käytettävissä oleva aika, resurssit sekä päätöksen kriittisyys ohjaa päätöksentekostrategian valintaa. *Optimointimallin* ei kuitenkaan nähdä kuvaavan riittävän yksiselitteisesti ja tarkasti sitä, miten ihminen tekee päätöksiä. Tähän on syynä se, että useissa päätöksissä ollaan tyytyväisiä riittävän hyvään lopputulokseen, eli kompromissiin. Tämän kaltainen *tyytyväisyysstrategia* tarjoaa päätöksentekoon pinnallisempaa tietoa. Toisaalta sen kognitiivinen kuorma on selkeästi matalampi, jolloin se soveltuu hyvin kapasiteetiltaan rajoitteellisen ihmisen toimintaan. (Janis & Mann 1977, 21–26)

Korkeamman muutos- tai toimintaintensiteetin ympäristöissä on havaittu myös "*rämpimistä*"³⁵ tai "kasautuvaa" päätöksentekoa, jossa toimintaa viedään eteenpäin tai ylläpidetään pienillä kehitysaskelilla. Toimintamallia leimaa kyvyttömyys varsinaiseen toimintastrategian muutokseen, sekä keskittyminen loputtomasti ilmenevien ongelmien ratkaisuun. Kansanomaisesti ilmiötä kutsutaan "jatkuvaiksi tulipalojen sammuttamiseksi" ja lentotoiminnassa "puskemiseksi". Mielenkiintoisen tästä toimintamallista tekee sen tyypillinen korkea intensiteetin ilmenemisympäristö, jollaiseksi myös hävittäjäohjaamo voidaan joissain tilanteissa laskea. *Sekalainen skannaus*³⁶ -niminen strategia nähdään synteessä tiukan rationaalisesta optimoinnista sekä rämpimisestä edellä mainitun kaltaisessa ympäristössä. Tämä strategia viittaa tiedon etsintään, keräämiseen, prosessointiin, arviointiin ja painottamiseen päätöksiä tehtäessä. Toisin sanoen kyse on kognitiivisen prosessin pääelementtien käyttämisestä ja valppaan tiedonkäsittelyprosessin orientaatiosta.³⁷ Päätöksentekijän joutuessa tilanteeseen, jossa toimintatapaa on tarve muuttaa, hän harkitsee tilannekohtaisten resurssien, kuten päätöksentekopro-

³⁵ Englanninkielinen käsite on "muddling".

³⁶ Englanninkielinen käsite on "mixed scanning".

³⁷ Englanninkielinen käsite on "vigilant information processing".

sessiin kohdennettavasta ajankäytöstä ennen ratkaisun tekemistä. (Janis & Mann 1977, 27–39) Eksperttimäinen päätöksentekijä aloittaa päätöksenteon yleensä luokittelemalla ja ymmärtämällä tilanteen jatkaen välittömästi toimenpiteen valintaan (Endsley 1995, 34).

Päätöksentekotilanteisiin liittyvää stressiä voi ilmentyä monella eri päätöksentekotasolla. Yleisesti ottaen stressitekijät ovat sidoksissa ihmisen havaitsemien tai olettamien henkilökohtaisten menetysten laajuuteen, joita tehty päätös voi tuoda tullessaan. Janis & Mann (1977) esittelevät mallin hätätilanpäättöksenteosta, jonka keskiössä on yksilön selviytymiskaavat vastattaessa ilmeneviin haasteisiin. Mallissa yhdistetään selviytymiskaavat subjektiivisten toimintamallivalintojen³⁸ ristiriitaisuuksien kautta syntyneeseen stressiin sekä päätöksenteon horjumiseen. He jakavat mallissaan päätöksenteon viiteen eri kaavaan. 1) *Unconflicted adherence*: Käytössä oleva toimintamalli ei sisällä vakavaa riskiä. Tuottaa matalan stressin, eikä aiheuta horjuvuutta päätöksentekoon. 2) *Unconflicted change*: Käytössä oleva toimintamalli sisältää vakavan riskin, mutta vaihtoehtoinen toimintamalli on riskitön. Tuottaa matalan stressin, eikä aiheuta horjuvuutta päätöksentekoon. 3) *Defensive avoidance*: Sekä nykyisessä, että vaihtoehtoisessa toimintamallissa on vakava riski, eikä parempaa ratkaisua ole olemassa. Vaihteleva stressitaso, joka yleensä nousee hetkessä uhkan noustessa huomattavaksi. Joko vähän tai ei lainkaan horjuvuutta päätöksenteossa, ellei uhka nouse huomattavaksi. 4) *Hyper-vigilance*: Sekä nykyisessä, että vaihtoehtoisessa toimintamallissa on vakava riski, parempi ratkaisu voi löytyä, mutta sen etsimiseen ja arviointiin ei ole aikaa. Tuottaa korkean stressin ja vahvan ahdistuneisuuden sekä erittäin korkean horjuvuuden päätöksenteossa. 5) *Vigilance*: Sekä nykyisessä, että vaihtoehtoisessa toimintamallissa on vakava riski, parempi ratkaisu voi löytyä ja sen etsimiseen sekä arviointiin on riittävästi aikaa. Tuottaa keskinkertaisen stressin kohtalaisella vaihteluvälillä riippuen uhkaavien ja rauhoittavien indikaatioiden välisistä riippuvuuksista ja määristä. Riippuen uuden informaation luonteesta, aiheuttaa joko keskikorkean tai korkean horjuvuuden päätöksenteossa. (Janis & Mann 1977, 52–80)

Päätöksenteon eri ratkaisustrategioista on havaittavissa, että päätöksentekoympäristöllä on vaikutusta päätöksenteon logiikkaan. Korkeampi päätöksentekointensiteetti ja paineet päätöksenteossa johtavat muistikapasiteetin rajallisuuden seurauksena käytetyn harkinnan vähenemiseen, jolloin erot kokeneen ja kokemattoman päätöksentekijän välillä kasvavat. Tämä ei ole seurausta muistikapasiteetin kasvusta, vaan enemmänkin kyvystä oppia hyödyntämään työmuistia tehokkaammalla tavalla (Busemeyer & Townsend 1993; ks. myös Rauste-von Wright ym. 2003, 82–85).

³⁸ ts. ongelmanratkaisustrategia.

4.3.6. Intuition edut ja haitat päätöksenteossa

Päätöksentekoon liittyviä kognitiivisen psykologian piiriin kuuluvia teorioita on runsaasti. Kaksoisprosessiteorian³⁹ kantavana ajatuksena on, että ihmisen päätöksenteko voidaan jakaa automaattisiin ja kontrolloituihin⁴⁰ päätöksiin ja, että päätöksenteko perustuu näiden kahden vuoropuheluun (Feldman Barrett, Tugade & Engle 2004, 553). Systeemi 1 (tiedostamaton) tuottaa intuitiivisia vastauksia esiintyviin ongelmiin ja systeemi 2 (tiedostettu) valvoo ja kontrolloi tehtyjä päätöksiä (Mäkinen 2006, 157). Tieteenalalla on useita teorioita, joissa on sama perusajatus päätöksenteon kaksijakoisuudesta. Käsitteiden moniulotteisuudesta sekä tieteenalalla vallitsevista vaihtelevista näkemyksistä johtuen, tässä tutkimuksessa on käytännöllistä käsitellä aihetta periaatteellisemmalla tasolla. *Autonominen päätöksenteko* on tällä käsittelytasolla rinnastettavissa intuitiiviseen tai automaattiseen päätöksentekoon, joita molempia käytetään kirjallisuudessa synonyymina autonomiselle päätöksenteolle. Harkinnanvaraisella päätöksenteolla tarkoitetaan hallittua, harkittua tai kontrolloitua päätöksentekoa, joita on yhtä lailla käytetty kirjallisuudessa kuvaamaan samaa ilmiötä. Tiedostettu ja tiedostamaton päätöksenteko ei ole rinnastettavissa edellä mainittuihin määritelmiin, vaan ne kuvaavat kohdehenkilön kykyä tiedostaa tai tunnistaa päätöksentekoprosessin olemassaolo.

Autonominen päätöksenteko on nopeaa ja toimii oletusarvoisena päätöksentekomallina, ellei päätös vaadi tai herätä tarvetta ylemmän tason päättelyprosessille. Autonominen päätöksenteko on kontekstisidonnaista, eikä kuormita työmuistia juuri lainkaan, kun taas *harkinnanvaraisen päätöksentekoprosessin* abstraktimpi ja hypoteettisempi luonne tuottaa työmuistille merkittävän kuorman. Harkinnanvarainen päätöksenteko voi kuitenkin olla myös kontekstisidonnaista. Autonominen päätöksenteko on rinnastettavissa intuition, jossa tilanteenarviointi ja päätöksenteko muodostuvat ikään kuin kognitiivisesti sisäänrakennettuina. Harkinnanvarainen päätöksentekoprosessi sisältää reflektiota, jonka seurauksena päätökset muodostuvat hitaammin. Nopeus ja korkea suorituskapasiteetti leimaavat autonomista päätöksentekoa, jolle tyypillistä on myös sen tiedostamattomuus. Tämä korreloi myös sen aiheuttaman vähäisen kognitiivisen kuorman kanssa. Autonomisen päätöksenteon katsotaan olevan ihmiselle luonteenomainen tapa reagoida. Harkinnanvarainen päätöksenteko on aina tiedostettua, joka on loogista seurausta sille, että tarve harkinnanvaraiselle päätöksenteolle informaatiovirran keskellä on tunnistettava. (Evans & Stanovich 2013, 223–227; Feldman Barrett ym. 2004, 554)

Autonomisella päätöksenteolla on ihmisen tiedonkäsittelyssä yhteys muodostuviin skeemoihin. Skeemat muodostuvat tietorakenteista tai näkymistä, joihin ihminen passiivisesti kiinnit-

³⁹ Dual-Process theory.

⁴⁰ Automatic ja controlled processing. Controlled processing on terminologisesta poikkeavuudesta riippumatta rinnastettavissa harkinnanvaraiseen (deliberate) päätöksentekoon.

tää huomiotaan käynnistäen samalla kokemuspohjaan perustuvat toimintojen ketjun. (Feldman Barrett ym. 2004, 554). Kognitiiviset skeemat ovat organisoituja ja selittäviä tietorakenteita, jotka voivat vaihdella yksinkertaisista monimutkaisiin, yksityiskohtaisesta yleistettäviin tai konkreettisista käsitteellisiin. Tärkeitä kognitiivisen skeeman muotoja ovat käsittäminen ja käsitteelliset mielikuvat tai mallit, suunnitelmat ja tavoite-suunnitelma hierarkia, periaatteet ja syy-seurausmallit ja mentaaliset mallit. Mentaaliset mallit voivat sisältää erilaista tietämystä mukaan lukien menetelmällisen tiedon. Skeemat helpottavat ongelmien jäsentelyä suhteessa kokonaisuuteen ja tarjoavat periaatteet samankaltaisten ongelmien ratkaisumalleiksi. Kognitiivisten skeemojen kehittymiseen liittyy yksityiskohtainen käsittely, jossa vanhoihin skeemoihin liitetään uutta informaatiota sekä induktioon, jossa skeemoja muotoillaan uudelleen tai säädetään vastaamaan konkreettisia kokemuksia. Skeemat kehittyvät tietoisten prosessien, kuten yksityiskohtaisen käsittelyn ja induktion seurauksena. Toisaalta on myös mahdollista, että niiden oppiminen tapahtuu enemmän tiedostamattomana toimintana epäsuorasti. Skeemojen muodostuminen täydentää myös sääntöjen automatisoitumista. Saavutetut skeemat voidaan riittävällä harjoittelulla kääntää luokkaspesifeiksi rakenteiksi, joka on erityisen tärkeää systemaattisen ongelmanratkaisukyvyyn ja päätöksenteon kehittymisen kannalta. (van Merriënboer 1997, 47–63; ks. myös Dreyfus & Dreyfus 1986)

Yleinen käsitys on, että harkinnanvarainen päätöksenteko puuttuu tarvittaessa autonomisen päätöksenteon prosessiin. Oman intuitiivisen toiminnan havainnointi ja tarkkailu tuottaa työmuistille peruskuormaa, jossa on todettu olevan yksilöllisiä eroja. Harkinnanvarainen päätöksenteko sisältää irtikytkennän kognitiivisesta prosessista muodostaen ikään kuin oman sivuprosessin muun kognitiivisen kuorman ohelle. Autonominen päätöksenteko on assosiativista ja perustuu kokemukseen sekä miellelyhtymiin ja tuottaa näin ollen implisiittisiä tai jopa puolueellisia päätöksiä. Harkinnanvarainen päätöksenteko perustuu sääntöihin ja normeihin ja tuottaa eksplisiittisempiä ja normatiivisempia tuloksia. Harkinnanvarainen päätöksenteko voi tapahtua erilaisissa moodeissa, esimerkiksi analyyttinen päättely tai avarakatseinen ajattelu-työ. Moodit ovat kulttuuri- tai ympäristöherkkiä ilmiöitä, joita ohjaavat tilanteen asettamat ulkoiset vaatimukset päätöksenteon tarkkuuteen tai nopeuteen. (Evans & Stanovich 2013, 223–230)

Työmuistin kuormittumista on mitattu eri tavoin useissa tutkimuksissa. Työmuistin kapasiteetissa on havaittu yksilöllisiä eroja (Feldman Barrett ym. 2004; Evans & Stanovich 2013, 235). Feldman Barrett ym. (2004, 553) esittävät hypoteesin, jossa yksilön kyky kontrolloida omaa tarkkaavaisuuttaan muodostaa yksilöiden väliset erot työmuistin kapasiteetin⁴¹ osalta. *Tarkkaavaisuuden kontrolloinnilla* tarkoitetaan kykyä seurata *autonomisen* ja *harkinnanvaraisen*

⁴¹ Working memory capacity - WMC.

päätöksenteon vuoropuhelua. Työmuistin operationaalinen määritelmä on melko johdonmukainen: Monimutkaisien työmuistia vaativan tehtävän aikana mieleen palautettavien mieltämysyksiköiden lukumäärä. Monimutkaisella työmuistia vaativalla tehtävällä tarkoitetaan tässä yhteydessä tehtävää, jossa joudutaan käyttämään samanaikaisesti sekä muistia⁴², että prosessointikomponenttia⁴³. Työmuistin käsitteellisen määrittelyn on todettu olevan paljon monimutkaisempaa, jonka seurauksena sille ei tieteenalalla ole yhteisesti hyväksyttyä määritelmää. Useissa tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että tarkkaavaisuuden kontrollointikyky on pääasiallinen määrittelijä yksilön suorituskyvylle toteutettaessa monimutkaista työmuistia vaativaa tehtävää. (Feldman Barrett ym. 2004, 553–554).

Vapaavuori ja Sorsa (2005, 101) kirjoittavat valikoivasta *tahdonalaisesta tarkkaavaisuudesta*, jolla tarkoitetaan sisään tulevan informaation suodattamista ja tarvittavan informaation siirtämistä keskushermoston käsiteltäväksi (ks. myös Laarni ym. 2001, 96–100). Yhtäläillä tälläkin viitataan ihmisen tiedonkäsittelyprosessiin sekä ihmisen oppimisen ja kokemuksen kautta syntyvään näkemykseen tilanteesta ja sen asettamista vaatimuksista. Vapaavuoren ja Sorsan painotus on lääketieteellisessä näkökulmassa, kun Feldman Barrett ym. (2004) käsittelevät aihetta abstraktimmin päätöksenteon psykologisiin perusteisiin liittyen. Vapaavuori ja Sorsa (2005) jakavat tarkkaavaisuuden valikoivaan ja hajautettuun tarkkaavaisuuteen, joiden erona on se miten ja mihin huomio kiinnitetään. Toiminta suunnataan ohjaamossa joko yhteen tai hajautetaan useaan kohteeseen. Hajautettu tarkkaavaisuus mahdollistaa simultaanikapasiteetin, joka on lentotyön olennainen edellytys. (Vapaavuori & Sorsa 2005, 103) Lääketieteellinen ja ammattispesifi lähestyminen keskittyy yksinomaan ihmisen aistien toimintaan. Tarkkaavaisuuden kontrolloinnilla (Feldman Barrett ym. 2004) ja tahdonalaisella tarkkaavaisuudella (Vapaavuori & Sorsa 2005) on niiden samankaltaisuudesta ja ammattisidonnaisuudesta johtuen annettavaa tutkittaessa tiedonkäsittelyn psykologista näkökulmaa.

Tiedon käsittelykapasiteetti on yksi keskeinen hävittäjäalentäjän toiminnan tuloksellisuutta määrittävä yksilötason tekijä. Tiedonkäsittelyä ohjaa informaation hallinta ja päätöksenteko, joiden suhde muistin kuormittavuuteen tiivistetään tutkimuksessa seuraavasti. Informaationhallintaan liittyvä hajautettu tarkkaavaisuus kuormittaa työmuistia merkittävästi valikoivaa tarkkaavaisuutta enemmän. Hidas tai harkinnanvarainen päätöksenteko kuormittaa työmuistia merkittävästi nopeaa, automaattista tai autonomista päätöksentekoa enemmän. Yksilön kapasiteettiin kohdistuva mentaalinen kuorma riippuu näiden tekijöiden merkityksistä tai suhteista koko toimintaketjussa.

⁴² Tiedon säilyttämistä aktiivisessa tilassa myöhempää käyttöä varten.

⁴³ Tiedon manipulointia meneillä olevaan laskentaan.

Edellä mainittu määritelmä ei kuitenkaan anna vastausta siihen, miten ammattitaito hävittäjälentäjän ammatissa muodostuu ja kehittyy harjoittelun myötä. Kapasiteetilla on biologiset keskushermostosidonnaiset rajoitukset, joten ammattitaidonkin voisi päätellä kehittyvän enemmänkin kapasiteetin käyttöperiaatteiden kehittymisen eli oppimisen, kuin kapasiteetin kasvamisen kautta.

4.4. Toimintatason kuvaus: taidot ja motoriset toiminnot

Tehtyään havaintoja ja käsiteltyään niihin liittyvän informaation, huipentuu ihmisen tiedonkäsitteilyketju toiminnoiksi. Aivotoiminta jalostuu motoriseksi lihasliikkeeksi, jolla annetaan lentokoneelle ja sen järjestelmille ohjauskäskyjä. Motoriset toiminnot perustuvat ihmisen tekemiin päätöksiin, joilla hän valitsee kyseiseen tilanteeseen sopivan toimintamuodon. Toimintamuodon valintaan vaikuttaa merkittävästi kokemus ja oppiminen, jolloin myös oppimisprosessin ymmärtäminen on toimintatason ymmärtämisen kannalta keskeistä. (Vapaavuori & Sorsa 205, 108)

Lentokoneen lentäminen on hävittäjälentäjän osaamisen kannalta keskeinen toiminnallista taitoa vaativa suorite. Motorisena suoritteena lentäminen vaatii sekä käsien, että jalkojen motorista kontrollia. Hienomotorisen kontrollin ansiosta ohjaaja kykenee säätelemään ohjauksen herkkyyttä tai kovuutta tilanteen vaatimalla tavalla. Lentämisen hienomotoriset toiminnot taltioituvat harjoittelun seurauksena proseduraaliseen muistiin, jolloin niistä tulee ajan myötä tiedostamattomia. Viime vuosikymmeninä hävittäjän lentäminen on muuttunut tietokoneiden ansiosta yksinkertaisemmaksi. Siitä huolimatta nykyaikaisen ilmataistelun luonne asettaa huomattavan määrän nimenomaan lentotilan ja asennonhallintaan liittyviä vaatimuksia.

Osa ilmataistelun vaatimista suoritteista automatisoituu ja hävittäjäohjaaja saattaa suorittaa monimutkaistakin taisteluliikehdintää lähes automaationa. Yleiseen lentämiseen liittyvien järjestelmien hallinta, kuten laskutelineiden ja laskusiivekkeiden sekä lentojarrun käyttö kuuluvat osaksi lentämistä. Nämä toiminnot ovat tapauskohtaisia ja vaativat käytännössä aina aktiivista harkintaa ja tietoista toimintaa. Satunnaisen poikkeuksen tässä tekee lentojarru, jonka käyttö on joskus hyvinkin refleksinomaista. Tämä johtuu siitä, että lentojarrua voidaan kontrolloida irrottamatta kättä kaasuvivulta, jolloin sen vaatimien motoristen toimintojen palautteen antaa tuntoaisti (Donders 1969, 420–421).

Nykyaikainen hävittäjä on käytännössä lentäjän kontrolloima aselavetti, joka voi ulottaa kiineettistä vaikutusta nopeasti maalle, merelle ja ilmaan. Pintaan vaikuttamisen edellytyksenä on pääsääntöisesti suunnittelua vaativa yhteistyö muiden puolustushaarojen kanssa. Tästä johtuen niihin liittyvä voimankäyttö on pääsääntöisesti suunniteltu ennalta jo maassa, jolloin

niiden sisältämä dynamiikka perustuu yleensä ennakoimattomiin tapahtumiin tai vajavaiseen suunnitteluun. Asejärjestelmän käytön osalta staattiseen maaliin vaikuttaminen ei muodosta nykypäivänä vaikeita motorisia suoritteita. Tosin tähän vaikuttaa käyttöön valittavat periaatteet, jolloin ilmasta maahan vaikuttaminen voi näyttäytyä myös äärimmäisen dynaamisena maavoimien lähitulitukena.

Ilmasta-ilmaan tapahtuva taistelu sisältää jo lähtökohtaisesti dynaamisemman luonteen. Näköetäisyyden sisäpuolella tapahtuva taistelu⁴⁴ on muuttunut kypärätähtäimen myötä. Motoristen suoritteiden tavoite ei ole enää takasektoriin pääsy tai nokan suuntaaminen vastustajaa kohti. Sen sijaan ammutapaikan saavuttamisen helpottumisesta johtuen on motoristen suoritteiden painopisteenä vastustajan asevaikutuksen estäminen ja oman ammunnan jälkeisen tilanteen ennakointi. Hienomotoriikan osalta sormet, kädet ja jalat tekevät edelleen omaa työtänsä, mutta lisäksi myös niskan kontrolloiman pään suuntaaminen pelkkien silmien sijaan on tullut osaksi ilmataistelua. Pään jatkuva kääntely asejärjestelmien kontrolloimiseksi vaihtelevien g-voimien aikana vaatii asentotajun harjaannuttamista.

Kypärätähtäimen lisäksi elektronisten sensorien käyttö on nykyaikaisen hävittäjän hienomotorisista toiminnoista selkeästi kuormittavin kokonaisuus. Nämä toiminnot korostuvat näköetäisyyden ulkopuolella käytävässä taistelussa⁴⁵. Sensoreiden kasvava määrä ja käyttöperiaatteiden monimutkaistuminen asettaa vaatimuksia useiden sensoreiden yhdenaikaiselle käyttämiselle. Sensorien kontrollointiin käytetään pääasiallisesti silmän antamiin syötteisiin perustuvaa ja sormien hienomotorista tuntoaistiin pohjautuvaa koordinaatiota. Sensorien kontrollointiin sormilla liittyy kymmeniä eri toimintoja, joista haastavin hienomotorinen suoritus on portaattoman kursorin liikuttelu vasemman käden etusormella. Samanaikaisesti toisilla sormilla kontrolloidaan muita sensoreita ja mm. asejärjestelmiä, radioita ja lennonhallintalaitteita.

Elektronisen sodankäynnin⁴⁶ sekä omasuojajärjestelmien käyttö on osin automatisoitua. Periaatteessa lentäjä voi halutessaan jättää kaikki elektronisen sodankäynnin aktiiviset toimet lentokoneen järjestelmien vastuulle. Tämä vaatii lentäjältä järjestelmien ennakoivaa ohjelmointia halutun toiminnan mukaiseksi. Etenkin kuluvien omasuojaresurssien osalta lentäjä haluaa usein itse kontrolloida kulutusta. Tällöin osa aktiivisista toimista vaatii hienomotorisen kontrollin käyttöä. Usein näiden resurssien käyttö liittyy tilanteisiin, jotka aiheuttavat kokonaisuudessaan suuren mentaalisen kuorman myös muille toiminnan osa-alueille kuten lentämiselle, kommunikoinnille ja muiden huomioimiselle.

⁴⁴ WVR - Within Visual Range.

⁴⁵ BVR - Beyond Visual Range.

⁴⁶ EW - Electronic Warfare.

Verkottuneessa sodankäynnissä erilaisten kommunikaatiomuotojen merkitys korostuu. Lentäjä voi kommunikoida muiden toimijoiden kanssa puheella radioiden kautta, visuaalisin näkömerkein sekä datalinkkikommunikaatiolla. Ennen lentotehtävää tapahtuvaan lentotehtävän valmisteluun liittyvä tehtävänanto on myös osa kommunikaatiota, joka vaatii taitoa esittää tai ymmärtää tiivistettyä tietoa yksiselitteisesti. Puhekommunikointi vaatii tangentin painamista puheen aikana. Haasteellisemmaksi tämän tekee se, että tangenteja on neljä ja niitä kaikkia kontrolloidaan samalla sormella. Tämä tapahtuu muiden toimintojen ohessa. Datalinkkien käyttö on pääasiallisesti ohjaajan näkökulmasta automatisoitua. Riippuen datalinkin kehitysteestä, sen käyttöön voi liittyä joitain lennonaikaisia ohjaajalta vaadittavia toimintoja, mutta ne ovat yleensä yksittäisiä tai kiireettömiä.

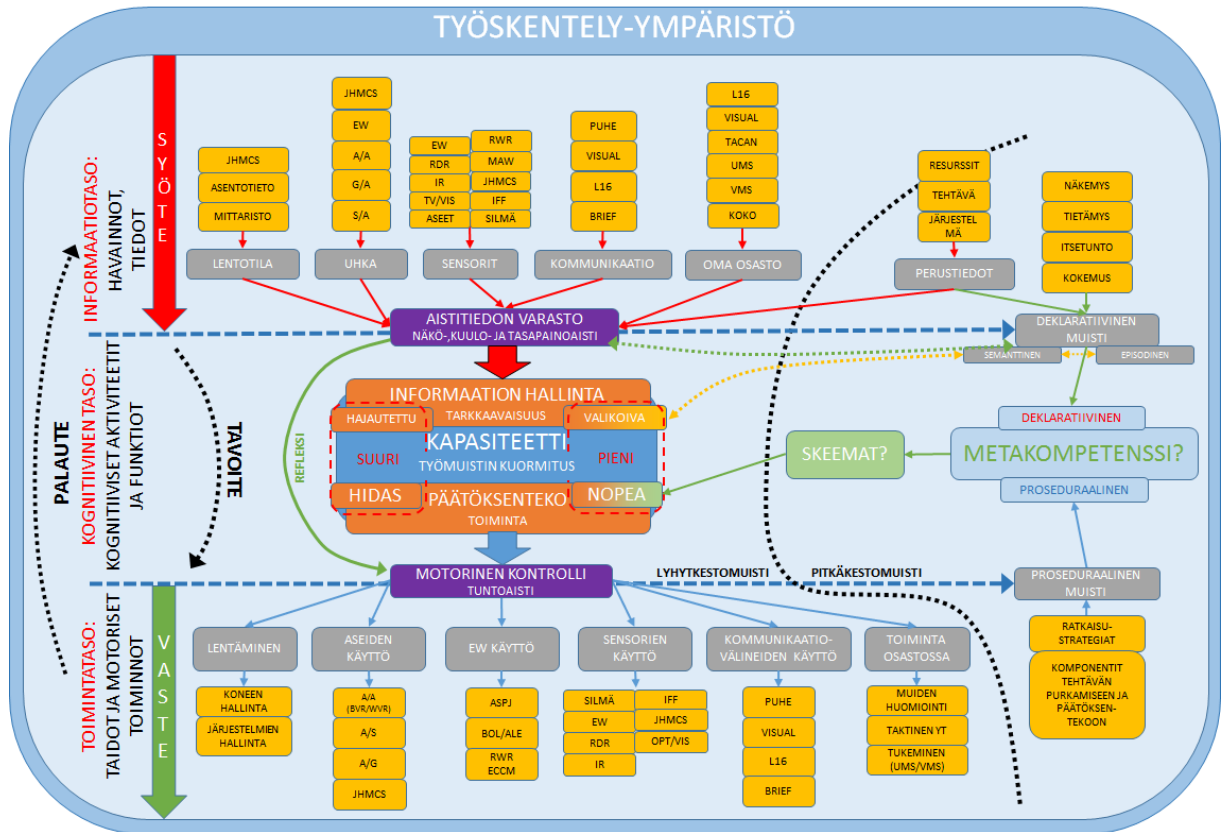
Vaikka yhteydenpito- ja tehtäväsuunnitteluvälineet tarjoavat mahdollisuuden päätöksentekotasen muuttumiseen, niin suurin osa hävittäjäohjaajan ilmassa tekemistä päätöksistä syntyy edelleen itsenäisesti. Yhteydenpitovälineet tarjoavat enemmänkin lisää informaatiota ohjaajan päätöksenteon tueksi, kuin vaikuttavat siihen kuka päätöksiä tekee. Ainakin vielä vuonna 2017 ilmataisteluun osallistuvien lentäjien muodostamien osastojen sisällä vallitsee selkeä päätöksentekohierarkia ja vastuunjako. Tämä parvien sisäinen hierarkia vaatii toimiakseen lentokuria, toisten huomiontia sekä yhteistä tai jaettua tilanneymmärrystä suhteessa osaston tehtäviin ja tavoitteisiin. Toisten huomiontia on osaston toiminnan, mutta myös kokonaisuuden kannalta keskeinen taito, jossa monet motoriset sekä informaatioon liittyvät toiminnot yhdistyvät. Se perustuu toisten tilanteen lukemiseen ja sen huomiontia omassa päätöksenteossa sekä toimeenpanossa.

Taktisten ja taisteluteknisten valintojen toimeenpano kuuluu osaksi hävittäjälentäjän osaamista. Toimintatasolla tämä vaatii kaikkien toiminnallisten elementtien käyttöä tavoitellun päämäärän saavuttamiseksi. Koska hävittäjälentäjä toimii pääasiallisesti osastossa, niin edellä mainittujen elementtien hallinta kiteytyy taktisessa yhteistoiminnassa.

4.5. Systemin tarina - osa 4: Sisäinen ja ulkoinen vuoropuhelu

Luvun 4 kirjallisuuskatsaus tuotti malliin suuren määrän lisäelementtejä ja alasysteemejä. Mallissa ilmenee ensimmäistä kertaa ammatinhallintaan liittyviä kompetensseja. Verrattaessa nykyistä mallia luvun 2.5 ensimmäiseen likiarvoiseen versioon, yhdistää niitä enää alussa määritellyt syöte, vaste ja työskentely-ympäristö. Mallin suurimmat hyppäykset ovat tapahtuneet kompetenssin kehittelyn ympärille rakennetuista alasysteemeistä ja elementeistä. Sekä mallin ulkoinen, että sisäinen vuoropuhelu on esitelty aikaisempaa yksityiskohtaisemmin. Osaamissysteemin ja ympäristön vuoropuheluun ei ole tullut radikaaleja muutoksia. Syöte ja

vaste muodostavat vuorovaikutusketjun ytimen. Hävittäjälentäjän tavoitteen ja palautteen⁴⁷ välinen jännite pitää toiminnan aktiivisena. Mallin informaatio- ja toimintatasossa olevat harmaat elementit on määritelty tässä tarkastelussa kompetensseiksi. Näihin kompetensseihin liittyy useita järjestelmä-, informaatio- tai toimintakategoriaan luokiteltavissa olevia alaelementtejä, jotka ovat mallissa oranssilla.



Kuva 11: Kognitiivisen, informaatio- ja toimintatason elementeillä täydennetty hävittäjälentäjän osaamisen likiarvoinen systeemikuvaus.

Malliin muodostuu kolme aktiviteettitasoa välistä rajapintaa, joista yhden muodostaa palaute. Informaatiotason ja kognitiivisen tason välisellä rajapinnalla toimii aistitiedon varasto. Eri kompetensseihin liittyvä informaatio siirtyy tarkkaavaisuuden salliessa kognitiiviselle tasolle, jossa hävittäjäohjaaja suorittaa informaationhallintaa aistitiedon varastoon tulleiden, sekä pitkäkestoisesta muistista poimittujen tietojen avulla. Näin ollen osa informaatiotason tiedosta on lentäjän sisäistä informaatiota. Informaationhallintaprosessin tuottama mentaalinen kuorma riippuu käsiteltävän tiedon määrästä sekä tarkkaavaisuuden tyypistä. Informaationhallinnan tavoitteena on tuottaa ohjaajalle riittävä tilanneymmärrys.

Osa aistiherätteistä on riittävän voimakkaita aiheuttamaan refleksitoiminnon, joka aktivoi välittömästi kognitiivisen- ja toimintatason välisessä rajapinnassa olevan motorisen kontrol-

⁴⁷ Rinnastettavissa reflektioon, joka toimii mm. mentaalisten mallien syntyedellytyksenä.

lin. Refleksin lisäksi proseduraaliseen muistiin taltioituneet hyvin automatisoituneet motoriset toiminnot ovat ihmisen ainoita tiedostamattomia toimintoja. Motorisella ja hienomotorisella kontrollilla käytetään järjestelmiä ja ohjataan lentokonetta. Yleensä motorisen kontrollin aktivoituminen on tahdonalaista toimintaa, joka vaatii päätöksen toiminnan käynnistämisestä. Päätökset voivat olla joko hitaita eli harkinnanvaraisia tai nopeita eli lähes intuitiivisia. Nopeat päätökset kuormittavat työmuistia merkittävästi harkinnanvaraisia vähemmän. Systemikuvauksessa ei ole vielä kuvattu yleisesti nopeisiin päätöksiin yhdistettyjen skeemojen syntymekanismeja. Se tiedetään, että deklarativisen- ja proseduraalisen metakompetenssin vuoropuhelu sekä reflektio liittyvät keskeisesti skeemojen muodostumiseen.

Osaamissysteemin monimutkaisuudesta riippumatta, siinä ei tällä hetkellä ole havaittavissa olennaisia kompetensseihin liittyviä vääristymiä. Siihen liittyvät ehdot, ulkoiset ja sisäiset vaikutukset sekä käsitteelliset vasteet on saatu määriteltyä. Systemin kehittämistä jatketaan täydentämällä sitä oppimisen psykologiaa käsittelevällä integroivalla kirjallisuuskatsauksella.

5. OPPIMINEN SYSTEEMIN SISÄISENÄ PROSESSINA

Hävittäjälentäjän osaaminen kehittyy oppimisen kautta. Lentokoulutusjärjestelmän tehtävänä on luoda mahdollisuudet oppimiselle. Saadaksemme tietää miten lentokoulutusjärjestelmän tulee varautua uuden hävittäjän aikakauteen, on selvitetävä kohdistaaako tulevaisuuden osaamisvaatimukset muutospaineita oppimisen periaatteisiin. Tämä muodostaa keskeisen osan rakennettavan suorituskyvyn koulutusympäristöille asettamien vaatimusten havainnoinnista, jonka teoreettisilla perusteilla on kytkeä koko tutkimuksen keskeisimpiin johtopäätöksiin (Pääesikunta 2014, 20).

5.1. Oppiminen huippuosaajaksi

Ruohotien ja Hongan (2003, 23) mukaan asiantuntijaksi kehittymistä edistävät korkeamman asteen ajattelun taidot, jotka ovat yhteydessä kognitiivisiin taitoihin kuten kriittinen päättely, ongelmanratkaisu ja luova ajattelu. Nämä taidot syventävät ymmärrystä, edistävät ammattispesifiä osaamista ja lisäävät tietojen ja taitojen siirrettävyyttä. Ammatillisen huippuosaamisen kehittymisen edellytyksenä pidetään ammattispesifiä taitotietoa, metakognitiivisia taitoja sekä kykyä soveltaa taitotietoa todellisiin tehtäviin. (Ruohotie & Honka 2003, 23) Kompetensseista puhuttaessa samaa ilmiötä kuvattiin määritelmällä siirtovaikutus eli transfer.

Koska suorituskykyä halutaan nähtävästi parantaa loputtomiin, on esiin noussut kiinnostus määritellä millä edellytyksillä työntekijä voi saavuttaa asiantuntijuutena pidettävän tason. On havaittu, että asiantuntija tai huippuosaaja kykenee merkittävästi paremmin herättämään tai jalostamaan skeemoja omista johtopäätöksistään, joka ilmiönä heijastelee mm. Weinertin (2001, 55) esittämiä näkemyksiä metakompetenssin tai kognitiivisen kompetenssin käsitteistä. Tämän lisäksi asioiden tunnistamisen laukaisema päättelykyky on syvällisempi kuin noviiseilla, jotka usein turvautuvat kirjaimellisempaan havaintojen tulkintaan. Asiantuntijaksi oppiminen on alakohtainen ilmiö ja sen vaatima aika vaihtelee myös alakohtaisesti. Yhteistä on kuitenkin se, että kehittyminen vaatii useiden vuosien intensiivisen ja tarkoituksellisen harjoittelun kyseisellä alalla. (Winterton ym. 2006, 42)

Vaikka luontainen kyvykkyys on tärkeää ammattitaidon kehittymisen kannalta, ovat asiantuntijuutta kuvaavat erityispiirteet yleensä alaspesifejä, jonka seurauksena harjoituksen merkitystä pidetään lahjakkuutta tärkeämpänä. Siitä huolimatta jotkin piirteet ovat laaja-alaisesti ominaisia asiantuntijoille 1) tietorakenteet, jotka mahdollistavat informaation koodittamisen suureksi merkitykselliseksi lohkoiksi 2) strategiat, jotka mahdollistavat useiden tehtävien edellyttämien komponenttien tehokkaan yhteensovittamisen 3) metakognitiiviset kyvyt, jotka mahdollistavat edistymisen arvioinnin. On kuitenkin havaittu, että korkeamman tason ajatteluun kykeneminen ei ole sidoksissa suoritettavan tehtävän tasoon. Kehittämällä kontekstisidonnais-

ta maalaisjärkeä yhdistettynä kokemukselliseen oppimiseen, voivat myös alemmilla tehtäväta-soilla olevat henkilöt vahvan teoreettisen tietämyksen ja reflektion tukemana toimia asiantun-tija tai huippuosaajatasolla. (Winterton ym. 2006, 42)

Oppimiseen tarvittavan harjoittelun kannalta keskeiseen asemaan nousevat motivaatio ja asen-teet itsensä kehittämistä kohtaan. Näistä affektiivisista piirteistä käytetään tieteenalalla määri-telmää motivoituneet toiminnalliset taipumukset⁴⁸, joka lähestyy Ruohotien ja Hongan (2003, 68–71) metakompetenssin yhteydessä käyttämää itsesäätelyvalmiuden käsitettä. Tieteenalalle on ilmestynyt laaja kattaus persoonallisuuspsykologiaankin viittaavia minäkäsitysmalleja⁴⁹, jotka ovat jaettavissa käsittelemään joko kompetenssin kognitiivista tai motivaatioon liittyvää osa-aluetta. Nämä mallit liittyvät yksilön tietämykseen ja uskomuksiin omasta oppimisestaan ja tehokkuudestaan. Keskeistä niissä on yksilön oman tehokkuudentunteen muodostama mo-tivaatio, itsetunto sekä -kontrolli. Näillä tekijöillä on vaikutusta siihen, miten yksilö arvioi omaa suoritustaan ja kokee omat suorituksensa suhteessa saavutettuihin lopputuloksiin, jol-loin muodostuu henkilökohtainen selitys onnistumisille ja epäonnistumisille. Näin yksilölle muodostuu käsitys siitä, millä keinoilla hän työssään menestyy. (Weinert 2001, 49–50; Gerber 2006, 39–40)

Motivaatio on tärkeä osa kompetenssin kehittymispotentiaalia, mutta sitä ei kuitenkaan voi laskea kompetenssin osa-alueeksi. Tähän on kaksi syytä 1) motivaatioon liittyvät tekijät voi-vat olla joko ulkoisia tai sisäisiä 2) jos motivaatio liitettäisiin kompetenssin käsitteeseen, muuttuisi kompetenssin mittaaminen, määrittely ja operationalisointi sellaisenaan vielä ny-kyistä monimutkaisemmaksi. (Winterton ym. 2006, 45)

Kompetenssin mittaamiseksi se on joissain malleissa jaoteltu subjektiivisiin ja objektiivisiin osioihin. Objektiiviset tehokkuusluonteiset kompetenssit voidaan mitata standardoidusti toisin kuin subjektiiviset, joiden mittaamiseen liittyy aina omakohtaista tunnetta tehokkuuteen tar-vittavien taitojen arvioinnissa. Subjektiiviset kompetenssit jaetaan kolmeen komponenttiin⁵⁰ 1) Heuristinen kompetenssi 2) Tietoteoreettinen⁵¹ kompetenssi 3) Aktualisoitu⁵² kompetenssi. Heuristinen kompetenssi kuvaa yksilön kyvykkyyttä yleisellä tasolla erilaisissa tehtävissä - *yleistetty minäkäsitys*. Tietoteoreettinen kompetenssi sisältää uskomukset ja luottamuksen yksilön omaamista alakohtaisista taidoista ja tiedoista tehtävien sekä ongelmien ratkaisuun tietyllä alalla - *alakohtainen minäkäsitys*. Aktualisoitu kompetenssi on yksilön hallitsema het-

⁴⁸ Englanninkielinen käsite on motivational action tendencies.

⁴⁹ Englanninkielinen käsite self-concept - minä käsitys, jota on viime aikoina alkanut korvata käsite "minärakenne" (Rauste-von Wright ym. 2003, 43).

⁵⁰ Weinert (1999; 2001) käyttää jaottelussaan Stenbergin & Kolligian Jr. 1990 luomaa jaottelua.

⁵¹ Englanninkielinen käsite on epistemological competence.

⁵² Englanninkielinen käsite on actualized competence, jonka vapaa suomennos voisi olla toteutunut kompetenssi.

kellinen subjektiivinen varmuus kyvyistä, taidoista tai tiedoista, jotka yksilö uskoo välttämättömiksi konkreettisesti suoritus- tai oppimistilanteessa - *ajankohtainen tai dynaaminen aktualisoitu minäkäsitys*. (Weinert 1999, 10; 2001, 49–50)

Rauste-von Wright ym. (2003) esittävät, että mitään yhtenäistä oppimisen mekanismia ei löytyne. Sen sijaan on odotettavissa, että erilaiset oppimisen muodot nivoutuvat toisiinsa sopeututtaessa uuteen sekä ratkaistaessa uusia ongelmia erilaisilla resursseilla. Ihmisillä on taipumus yksinkertaistaa monimutkainen informaatio hallittavaan muotoon muun muassa jäsentämällä tapahtumia selviin perusluokkiin. Hyvin usein se tapahtuu vastakohtien kautta. Ihmisen tekemien päätelmien taustalla vaikuttaa luonteenomainen piirre pyrkiä jäsentämään asiat säännönmukaisien seuraantojen verkostona, eli kausaalisesti. Saadun informaation jäsentämisen nähdään olevan biologisesti looginen vastaus siihen, että ihmisen hetkellinen tiedon käsittelykapasiteetti on varsin rajallinen. (Rauste-von Wright ym. 2003, 82–85; ks. myös Feldman Barrett ym. 2004)

Ihmisen työssäoppimisesta on monia käsityksiä. Usein sitä käsitellään aikuisoppimisen osa-alueena tai se on muulla tavoin eriytetty varsinaisesta opiskelun konseptista. Tästä johtuen esimerkiksi luvussa 3.3 kuvattu siirtovaikutus voidaan ymmärtää usealla eri tavalla. Työssä oppiminen on kuitenkin kiteytettynä sellaisten asioiden oppimista, joita normaali elämä ei tarjoa. Työssä oppimiseen liitetään myös organisaatiokulttuuri ja työilmapiiri, joilla on todettu olevan vaikutusta yksilöiden kykyyn kehittyä työssään. Oppiminen voidaan karkeasti jakaa siihen mitä opitaan ja siihen miten opitaan. Gerberin mukaan oppimista voidaan tukea seuraavilla asioilla 1) virheistä oppiminen 2) itseopiskelu työssä ja sen ulkopuolella 3) työhön sitoutuneisuus jaettujen arvojen kautta 4) käytännön tekemisen liittäminen teoriapohjaan 5) kokemusten käyttö ongelmanratkaisutilanteissa 6) vuorovaikutus muiden ihmisten kanssa 7) tietojen ja taitojen jakaminen 8) avoin ajattelu ja itsensä haastaminen 9) toiminta työntekijöiden edustajana 10) laadun ja työmenetelmien kehittymisen tarkkailu. Organisaatiokulttuurin pitäisi kyetä tukemaan ja rohkaisemaan kaikkiin näihin osa-alueisiin siten, että jokainen työntekijä voi tarpeen tullen ilman aliarvioimisen riskiä kertoa oman mielipiteensä ja näkemyksensä käsiteltävistä asioista. (Gerber 2006, 35–39)

Huomiota on saanut myös kognitiotieteen virittämä eksperttityden tutkimus, jonka kiinnostuksen kohteena ovat oppimisprosessit joilla noviisista kehittyäksesi ekspertti (Rauste-von Wright ym. 2003, 102–104). Dreyfus & Dreyfus (1986, 16–35) käsittelevät tätä kehittymisen polkua viisivaiheisena prosessina.

Asiantuntijuuteen tai ekspertin-käsitteeseen liitetään usein termi "*know-how*"⁵³. Se kuvastaa jotakin hallinnassa olevaa taitoa tai kykyä, jonka sisällön tai osaamisen muuttaminen faktoiksi ja säännöiksi ei sen hallitsemisesta huolimatta ole mahdollista. Organisaatiotasolla tämän kaltaisesta tiedosta puhutaan hiljaisena tietona. Jos osaaminen kyetään purkamaan sen edellyttämiksi tiedostettaviksi säännöiksi tai faktoiksi, puhutaan käsitteestä "*know-that*"⁵⁴. Esimerkkinä käsitteiden eroista on autolla ajaminen. Riittävän kokemuksen jälkeen autolla ajaminen sujuu tiedostamatta ja luontaisesti eikä se aiheuta juurikaan ylimääräistä kuormaa. Jos autolla ajamisen vaatimia toimintoja, kuten vaihteen vaihtamista, ryhtyisi tiedostetusti suorittamaan sääntöpohjaisesti, veisi se selkeästi enemmän kapasiteettia ja huomiokykyä, jolloin "*know-how*":n tilalle on astunut "*know-what*". (Dreyfus & Dreyfus 1986, 17) Tämä käänteinen esimerkki kuvaa eroja ekspertin ja noviisin välillä.

Ihmiset oppivat taitoja ja päätöksentekoa opetuksen sekä kokemusten kautta. Yleensä näiden taitojen oppimiseen ei ole oikopolkua, vaan se tapahtuu portaittain ihmisen ymmärryksen ja näkökulman laajentuessa sekä yksilön sitoutumisen lisääntyessä opittavaa asiaa kohtaan. Päätöksenteon osalta ongelmat voivat olla joko strukturoituja tai strukturoimattomia, joihin mm. van Merriënboerin (1997) käyttämällä yksinkertaisten ja monimutkaisten sekä toistuvien ja ei-toistuvien taitojen käsitteillä on kategorinen yhteys. Strukturoidussa ongelmassa relevantti lopputulos ja tavoiteltavat vaikutukset ovat yleensä ennalta tiedossa. Strukturoimattomien ongelmien ilmeneminen on kuitenkin yleisempää ja niiden sisältö on monisyisempi, jolloin niiden ratkaisemiseen tarvitaan huomattavasti enemmän kokemusta. (Dreyfus & Dreyfus 1986, 20)

5.2. Polku noviisista ekspertiksi

Aloittelija tai noviisi oppii havaitsemaan erilaisia taidon kannalta relevantteja asioita ja piirteitä sekä perustaa toimintansa muodostuneiden tai opittujen sääntöjen pohjalle. Noviisi ei kuitenkaan kykene sitomaan näitä asioita siihen kokonaistilanteeseen tai kontekstiin, jossa ne ilmenevät. Tällöin päätöksenteko on puhtaasti kontekstivapaata tiedonkäsittelyä ilman holistista näkemystä. Myös oppijan näkemys omasta kehittymisestään perustuu siihen, miten tarkasti hän kykenee näitä opittuja sääntöjä noudattamaan. Kun sääntöjä opitaan lisää, vaatii niiden noudattaminen niin paljon keskittymistä, että hänen kapasiteettinsa ei mahdollista juurikaan muuta samanaikaista toimintaa. (Dreyfus & Dreyfus 1986, 21–22)

⁵³ Käsitteen suomennoksia on useita kuten tietotaito, taitotieto, asiantuntemus tai "know-how" sellaisenaan.

⁵⁴ "Tieto". Käsitteelle ei ole löydettävissä selkeää suomennosta. Käsitettä kuvaavat tilanteet, joissa tekeminen perustuu olemassa oleviin sääntöihin tai faktoihin, toisin sanoen tietoisesti.

Tietorakenteen köyhydestä johtuen noviisi on sidottu ongelman yksittäisiin ilmiöihin ja käyttää resurssinsa näiden analysoimiseen yrittäen soveltaa niihin ulkoisia määritelmiä ja spesifejä strategioita. Näiden tilojen väliset riippuvuudet ja analogiat jäävät noviisilta näkemättä, joka johtaa helposti kognitiiviseen kaaokseen. (Haapasalo 2006, 61.) Lentokoulutuksen alkuvaiheessa eräs tämän kaltainen esimerkki on peruslentämiseen liittyvien toimintojen, kuten kaasuvivun ja sauvan liikuttaminen halutun vasteen aikaansaamiseksi. Annettujen arvojen noudattaminen kuormittaa noviisin kapasiteettia siinä määrin, ettei samanaikainen puhuminen radioon onnistu tai onnistuessaankin se vaikuttaisi dramaattisesti lentokoneen ohjaamiseen. Syynä tähän on se, että lentotilan hallinta perustuu opittuihin sääntöihin. Jos korkeutta halutaan lisätä, pitää nokkaa nostaa, joka tapahtuu vetämällä sauvaa. Tämän seurauksena nopeus pienenee aiheuttaen uuden korjaustarpeen. Tiedostetut päätökset ja sääntökettujen aiheuttama kuormittavuus ei mahdollista juurikaan muita samanaikaisia toimintoja.

Noviisin suorituskky nousee kokemuksen myötä hyväksyttävälle tasolle hänen kyetessä suoriutumaan todellisista tilanteista. Tämä rohkaisee oppijaa näkemään asioita kontekstivapaammin ja muodostamaan kehittyneempiä sääntöjä niistä selviytymiseksi. Samalla ymmärrys käytettävistä taidoista laajenee. Käytännön kokemuksen ja aikaisempien esimerkkien kautta *edistynyt aloittelija* löytää havaitsemilleen elementeille tilannesidonnaisia merkityksiä. Joskus tämä tapahtuu irrallaan asiayhteydestä, jolloin reagoinnissa alkaa ilmentymään tilanteen mukaista toimintaa. Tässä vaiheessa kokemuksella on oppimisen kannalta merkittävästi sanallista toimintojen kuvaamista suurempi rooli. (Dreyfus & Dreyfus 1986, 22–23)

Lento-oppilaalle muodostuu kokemuksen ja taitojen kehittymisen myötä kyky tehdä itsenäisiä päätöksiä tilanteen vaatimalla tavalla. Tämä perustuu siihen, että nämä tilanteet on koettu aikaisemmin ja niihin on muodostunut jonkin asteinen rutiini. Hän alkaa luottaa enemmän aistihavaintoihinsa, jolloin huomattavasti kuormittavampi sääntöpohjainen mittareihin tukeutuminen jää toissijaiseksi keinoksi. Tämän seurauksena oppilas kykenee monimutkaisempiin suoritteisiin, ennakoimaan tutuiksi tulleissa tilanteissa omien päätöstensä seurauksia sekä vapautuneen kapasiteetin avulla jakamaan omaa tarkkaavaisuuttaan useampiin asioihin.

Lisäkokemuksen myötä aikaisemmin mainittujen tiedostettujen tilanteenmukaisten toimintojen ja päätösten sekä kontekstivapaiden elementtien määrä todellisessa toimintaympäristössä kasvaa radikaalisti. Kokonaisvaltaista käsitystä näiden elementtien ja toimintojen tärkeydestä tai hierarkiasta ei kuitenkaan vielä tässä vaiheessa synny. Selvitäkseen tilanteista, joissa on yhä useampi määrä muuttuvia ja toisistaan riippuvia tai riippumattomia tekijöitä, on keskeistä löytää tai muodostaa niiden välille syy-seuraussuhteita sekä oppia oikeanlainen ongelmanratkaisun logiikka. Tämän edellytyksenä on kyky jäsenellä, yksinkertaistaa ja priorisoida esiin

tulleita ongelmia, jolloin pienistä muuttujanipuista muodostuu suunnitelma ongelman ratkaisemiseksi ja tavoitteen saavuttamiseksi. Koska toiminta ei enää täysin perustu annettuihin sääntöihin, vaan myös omiin johtopäätöksiin, kasvaa yksilön osallisuudentunne päätösten seuraamuksiin. Omien valintojen kautta onnistumisista ja epäonnistumisista jää vahva muistikuva sekä lopputuloksen mukainen tunnetila. Tässä vaiheessa oppijaa voidaan kutsua *päteväksi*. (Dreyfus & Dreyfus 1986, 22–23)

Lento-oppilas alkaa kokonaisvaltaisemman näkemyksensä myötä hahmottamaan vaihtoehtoisia toimintatapoja ongelmien ratkaisemiseksi. Rutiinin ja itseluottamuksen kasvu ja toisaalta toiminnan muuttuminen tavoiteorientoituneemmaksi saattaa kuitenkin johtaa joidenkin asioiden huomiotta jättämiseen. Riski virheellisten päätösten syntymiselle kasvaa, koska vaihtoehtoisessa ratkaisussa ei välttämättä ole kyetty huomioimaan tai priorisoimaan kaikkia asiaan liittyviä tekijöitä. Oppilas saattaa esimerkiksi kehittyvän itseluottamuksensa turvin rohkeammin hyväksyä lennonjohdon ehdottamia lento-ohjelmaan kuulumattomia menettelytapoja, joista ei ole aikaisempaa kokemusta. Osan toiminnoista muuttuessa tiedostamattomiksi saattaa oppilaalle syntyä virheellinen mielikuva tehtävän kuormittavuudesta suhteessa omaan kapasiteettiin, jolloin riski odottamattomien häiriöiden seurauksena syntyvälle hetkelliselle toimintakyvyttömyydelle kasvaa. Tämän kaltaisten tilanteiden seurauksena itseluottamus tervehtyy realistisemmalle tasolle kehittäen henkilökohtaista riskienhallintakykyä ja myös oppiminen syventyy.

Päätöksentekotaidon ja tehtävään syventymisen myötä tiedostetut ja harkitut päätökset eivät synny enää ainoastaan annettujen tavoitteiden heijastamisella useisiin eri vaihtoehtoihin. *Ammattitaitoinen suoriutuja*⁵⁵ on tyypillisesti syvällä tehtävän sisällössä ja hänelle muodostuu vahva näkemys ympäröivistä tapahtumista. Näkemyksestä johtuen, jotkin ilmenevät yksityiskohdat muuttuvat silmiinpistäviksi muiden jäädessä taka-alalle. Koska vallitsevat tapahtumat muokkaavat yksityiskohtia, suunnitelmia, olettamuksia ja jopa näiden yksityiskohtien suhteellista tärkeyttä, ei erillistä valintaa tai harkittua päätöksentekoa välttämättä ilmene. Ne vain tapahtuvat, koska samat tilanteet ovat toistuneet aikaisemminkin ja niistä muodostuneet muistot laukaisevat aikaisemminkin vastaaviin tilanteisiin sopineet toimintamallit. Henkilö ei välttämättä enää havaitse tilanteen yksittäisiä elementtejä, vaan kokonaisvaltaisen havaintokentän muodostamasta näkymästä syntyvä tunne käynnistää aikaisemmin menestykseen johtaneen toimintaketjun. Tämän intuitioon⁵⁶ viittaavan tunteen ansiosta, toimija voi hyödyntää hahmottamia asioita vaivattomasti purkamatta niitä komponenteiksi, jolloin kapasiteetille ei synny

⁵⁵ Dreyfus & Dreyfus (1986) käyttävät osaamisen kehitysvaiheisiin (stages) liittyen termiä "proficiency" (1986, 27) ja taitotason (skill level) yhteydessä "proficient" (1986, 50).

⁵⁶ Tässä yhteydessä termistä "intuitiivinen kyky" käytetään myös nimeä "holistic similarity recognition", joka on vapaasti suomennettuna "kokonaisvaltainen yhtäläisyyden tunnistaminen". Samankaltaisia piirteitä on myös kognitiivisessa hahmopsykologiassa (ks. Haapasalo 2006, 68).

ylimääräistä kuormaa. Tälläkään osaamisen tasolla kaikkia ongelmia ei ratkaista puhtaasti intuitiivisella tasolla, vaan intuitiivinen ymmärrys herättää joidenkin asioiden kohdalla tarpeen erilliseen päätöksentekoon. (Dreyfus & Dreyfus 1986, 27–30)

Sotilaslentotoiminnassa tämän kaltaisia tilanteita tulee vastaan kokemuksen myötä. Esimerkkinä intuitiivisesta toiminnasta on liikehtely kaartotaistelun aikana. Taidon kehittyessä ei ohjaaja enää mieti tarkalleen mihin lentorata tulisi suunnata tai millaisia liikkeitä sen hetkiset lentoarvot mahdollistavat. Usein ratkaisut perustuvat kokonaisvaltaiseen havaintoon ja tunteeeseen siitä, millä toiminnoilla haluttuun loppuasetelmaan päästään ja mitä rajoitteita tilanteessa vallitsee. Tämä tunne pitää sisällään suuren määrän tiedostamatonta, mutta aikaisemmin opittua informaatiota, jonka käsittely on kokemuksen kautta automatisoitunut. Tämän tason osaaminen vaatii jatkuvaa harjoittelua, muuten toimintaa alkavat jälleen ohjata ponnistelua vaativat harkinnanvaraiset päätökset. Toisaalta intuitiivinen ymmärrys voi hyökkäysgeometrian aikana laukaista esiin pistävän tunteen, ettei siipimiestä ole tähystetty riittävän tiiviisti suhteessa tilanteen muutosnopeuteen. Tunne herättää tarpeen tilannekuvan päivittämiselle ja uuden tilanteen mukaisille korjaustoimenpiteille.

Asiantuntijan tietämys ja taidot perustuvat kypsyyneeseen ja harjaantuneeseen ymmärrykseen. Syvälinen osallistuminen toimintaympäristössä selviytymiseen johtaa siihen, ettei hän näe ongelmia irrallisina asioina tai työnä niiden ratkaisemiseksi. Hänen ei myöskään tarvitse muurehtia tulevaisuuden suunnitelmien laatimisesta, koska ratkaisukeinot ja toimintatavat ovat ikään kuin sisäänrakennettuna. Toisin sanoen jos asiat etenevät normaalisti, asiantuntija ei ratkaise ongelmia tai tee päätöksiä vaan hän tekee ne siten, mikä normaalisti toimii. Vaikka asiantuntijan suorituskyky tuntuu katkeamattomalta ja ei-reflektoivalta, niin ajan salliessa ja lopputuloksen ollessa erityisen tärkeä, hän käyttää harkintaa ennen toimintaa. Tämä harkinta ei kuitenkaan vaadi laskelmoivaa ongelmanratkaisukykyä, vaan perustuu enemmänkin oman intuition kriittiseen reflektointiin. Kriittisestä reflektoinnista riippumatta asiantuntija voi tehdä vääriä päätöksiä uusissa tilanteissa. Kokemuspohjaisen kokonaisvaltaisen yhtäläisyyden tunnistamisen avulla asiantuntija voi suoriutua spesifeistä tehtävistä erittäin nopeasti ilman merkittävää tehokkuuden heikentymistä. Tämä johtuu siitä, että toiminta tapahtuu intuitiivisesti ilman analysointia tai vaihtoehtojen vertailua. (Dreyfus & Dreyfus 1986, 30–36)

Rikkaan tietorakenteensa avulla ekspertti hahmottaa ongelman nopeasti. Hän kykenee yhdistämään konseptuaaliset⁵⁷ ja proseduraaliset⁵⁸ tietorakenteet tarkoituksenmukaisesti luoden niistä semanttisia rakenteita, jolloin jotkin toiminnot automatisoituvat perusrutiineiksi. (Haa-

⁵⁷ Konseptuaalinen, eli käsitteellinen tieto on liitetty yleensä staattisiin asiantietoihin, kuten "ymmärtäminen miksi?" (Haapasalo 2006).

⁵⁸ Proseduraalinen tieto on liitetty yleensä kysymykseen "miten?" (Haapasalo 2006).

pasalo 2006, 61.) Harjaantuneen ja kokeneen hävittäjälentäjän toiminta muuttuu harjoittelun myötä luontaiseksi. Hän ei enää ajattele lentävänsä lentokonetta, vaan ajattelee vain lentävänsä, jonka seurauksena lentämiseen liittyvä peruskuorma on hyvin pitkälti automatisoitunut ja muuttunut pääosin tiedostamattomaksi. Hänelle jäävä ylimääräinen kapasiteetti näkyy syväliempänä tilanneymmärryksenä eli kykyinä ennakoita tilanteita pidemmälle sekä huomioida muita toimijoita aikaisempaa paremmin. Myös osa lentämiseen liittyvän peruskuorman ulkopuolelle jäävistä elementeistä saavat tiedostamattomia piirteitä, kuten omasuojatoimenpiteiden tiedostamaton aloittaminen joidenkin indikaatioiden ilmentyessä. Kokonaisuuden hahmottaminen ja tilanteen seuranta muuttuu osaksi normaalia toimintaa. Aikaisemmin opittu priorisointikyky on kypsynyt, eivätkä yllättävätkään tilanteet juuri heikennä toiminnan tehokkuutta. Tämän tason saavutettuaan on mahdollista, että asiantuntija kykenee omilla toimillaan parantamaan myös muiden toimijoiden suorituskykyä. Tämä on seurausta sille, että hän kykenee oman toimintansa ohella huomioimaan muut ja näin vähentämään toisille omasta toiminnastaan syntyvää lisäkuormaa tai jakamaan omaamaansa informaatiota muita tukevalla tavalla.

Edellä mainitun kaltaisesta huomioonottavasta keskinäisestä riippuvuudesta ja sen tuesta kollektiiviseen toimintaan⁵⁹ on tehty havaintoja monimutkaisissa ja riskejä sisältävissä työyhteisöissä, kuten lentotukialuksilla. Systemiin kuuluvat toimijat tuottavat oman kontribuutionsa ymmärtäen, että systeemi sisältää useita toisiinsa sidoksissa olevia representaatioita⁶⁰ joiden muodostamaan systeemin sisään oma toiminta tulee sovittaa⁶¹. Muodostuneet huomioimisen variaatiot vaikuttavat toimijoiden kykyyn käsittää levittäytyviä tapahtumia, joka pienentää virheiden esiintymistodennäköisyyttä. (Weick & Roberts 1993, 357)

Kognitiivisen organisaatioteorian mukaan organisaatio on järjestelmä, jota pitää koossa yhteiset ja ymmärretyt representaatiot. Nämä representaatiojärjestelmät muodostavat kaikille toimijoille yhteisen käsityksen tavoitteista, rooleista ja organisaation olemassa olon tarkoitukselta. (Kamppinen & Ruohonen 2001, 252–253.) Samankaltainen näkemys vallitsee kognitiotieteessä käytettävässä konnektionismissä informaation käsittelyn teoriassa, jossa mentaaliset prosessit mallinnetaan symbolisten ilmaisujen sijaan verkostoina, jotka muodostuvat yksinkertaisista ja tiheästi toisiinsa sidoksissa olevista perusyksiköistä (Revonsuo 2001, 65; ks. myös Weick & Roberts 1993, 358–360).

⁵⁹ Termiä "collective mind" käytetään kuvaamaan tilannetta, jossa muiden huomioiminen ja keskinäinen riippuvuus ovat monista toimijoista riippumatta niin syväliemällä tasolla, että työntekijät ikään kuin tuntuvat ajattelevan yhteisillä aivoilla - yhtenä systeeminä.

⁶⁰ Alkuperäinen termi "representation" kuvaa tilannetta, jossa monta toimintoa tapahtuu samanaikaisesti muodostaen esityksen, eli "representaation". Samaa termiä käytetään kognitiotieteessä kuvaamaan yksilölle syntyvästä representaatiosta eli tietoesityksestä (ks. Revonsuo 2001; Laarni ym. 2001).

⁶¹ Alkuperäinen termi "subordination" kuvaa tilannetta, jossa oma toiminta alistetaan yhteiselle "esitykselle".

Ryhmän tehokkuus perustuu jaettuun ymmärrykseen siitä, miten tilanteen vaatimat toiminnot jaetaan, sovitaan tai alistetaan suhteessa toimijoiden rooleihin. Sotilasilmailussa tällainen ryhmäkiinteys voidaan kehittää muodolliselle tasolle yhteisillä ohjeistuksilla, säännöillä ja menetelmillä. Kiinteyden kehittäminen sovellettavissa olevalle tasolle vaatii kuitenkin edellä mainittujen asioiden lisäksi paljon yhteistä harjoittelua ja muiden toimijoiden yksilöllisten toimintatapojen tuntemusta. Kiinteyden kehittymisen kannalta on keskeistä ymmärtää, että hävittäjätoiminnassa muodostuu lukematon määrä erilaisia taktisia tilanteita tai representaatioita, joihin ei ole muuttujien suuresta lukumäärästä ja keskinäisistä riippuvuuksista johtuen yhtä ainoaa ratkaisumallia. Kokemuksen ja harjoittelun myötä lento-osastoille kehittyy tästä huolimatta kyky toimia yhdessä jopa ilman keskinäistä puhekommunikaatiota.

5.3. Mentaaliset mallit oppimisen perustana

Skeemojen edellytyksinä toimivia kognitiivista toimintaa ohjaavia monipuolisia mentaalisia malleja löytyy lentokoulutuksessa käytettävästä arkikielestä tai "hiljaisesta tiedosta" runsaasti. Luultavimmin niiden vahvasta kontekstisidonnaisuudesta johtuen, niistä ei ole muodostettu lentokoulutusta käsittelevään kirjallisuuteen termistön sisältöä kuvaavaa käsitteistöä tai taksonomiaa. Merkitykseltään nämä mentaaliset mallit kuuluvat osaamissysteemin kognitiiviseen tasoon. Tiedonkäsittelyketjussa mentaalisilla malleilla on vaikutusta siihen, millaisia asioita lentäjä huomioi kerätessään ja käsitellessään informaatiota sekä mihin tehdyt päätökset ja toiminnot perustuvat. Näin ollen kognitiivisessa tasossa olevat mentaaliset mallit muodostavat kognitiiviseen prosessiin deklarativista- ja osin proseduraalista metatietoa sisältäviä rakenteita, jolloin ihminen käsittelee tilanteita kokemukseensa ja tietämykseensä perustuen hyväksi kokemillaan ongelmanratkaisustrategioilla. (Weinert 2001, 55; van Merriënboer ym. 2002, 48–50)

Mentaalisen mallin syntymisen edellytyksenä on pitkäkestomuistiin kuuluvien proseduraalisen ja deklarativisen muistin käymä vuoropuhelu. Deklarativiseen muistiin kuuluu tietämyksemme, kokemuksemme ja näkemyksemme. Deklarativista muistia käytetään silloin, kun muodostamme mielikuvia tai näkemyksiä asioista. Deklarativinen muisti sisältää semanttisen⁶² ja episodisen⁶³ muistin, joita molempia tarvitaan deklarativisen muistin toimintaan. Proseduraaliseen muistiin kuuluu tietoisuudesta riippumattomat asiat kuten automatisoituneet motoriset taidot ja tavat tehdä asioita. Sitä hyödynnetään ratkaistaessa ongelmia ja tehtäessä päätöksiä. (Tulving & Donaldson 1972; Tulving & Markowitsch 1998; Weinert 2001, 55.)

⁶² Tietomuisti eli ihmisen muistijärjestelmässä kauan tietoa säilyttävä osa.

⁶³ Tapahtumamuisti eli ihmisen muistijärjestelmän osa, johon tallentuu henkilökohtaisia aikaan ja paikkaan sidottuja kokemuksia.

Tutkimuksen luvussa 3.4 mainitut proseduraalinen ja deklaraatiivinen metakompetenssi ovat kykyä hyödyntää näitä muistin osa-alueita tavoitteen saavuttamiseksi.

Mentaaliset mallit ovat deklaraatiivisia näkymiä asioiden välisistä suhteista ja järjestyksestä, joihin ihminen peilaa kompetenssiensa käyttöä. Mentaalet mallit sisältävät yleistä, käsitteellistä sekä konkreettista tietoa, joiden avulla kausaalinen päättely on mahdollista. Mentaalet mallien myötä ihminen kykenee tekemään johtopäätöksiä ja ennakoimaan⁶⁴ asioiden kulkua kokemukseen ja tietoihinsa nojautuen myös uusissa tilanteissa. Mentaalet mallit liittyvät vahvasti aikaisempiin kokemuksiin perustuviin yleisiin tiedon verkostoihin, eli skeemoihin, joiden sisältöön mentaalet mallit usein konstruoidaan käytön hetkellä. (van Merriënboer 1997, 131–148; van Merriënboer ym. 2002, 48–50)

Mentaalet mallit mahdollistavat ilmenevien ongelmien havaitsemisen ja ymmärtämisen nopeammin. Tämä perustuu mentaalet mallin syntylogiikkaan. Mentaalet mallin perustana toimivat deklaraatiiviset näkymät vaativat syntyäkseen johdonmukaisuutta, vastaavuutta sekä suhteen taustatietämykseen⁶⁵. (Konar & Jain 2005, 17–19.) Yhdistettäessä tämä näkemys luvussa 3.4 käsiteltyyn metakompetenssiin, syntyy looginen kokonaisuus, jossa edellä mainitut johdonmukaisuus ja vastaavuus lähestyvät proseduraalista metakompetenssia.

Johdonmukaisuudella tarkoitetaan, että hahmotettavan näkymän kaikki osat tai komponentit ovat järkeenkäypiä. Vastaavuus viittaa ongelman ja mentaalet näkymän väliseen keskinäiseen vertailuun ja kartoittamiseen.⁶⁶ Taustatietämys toimii edellytyksenä ongelman osiin purkamiseksi ja muiden ympäröivien yhteyksien löytämiseksi. (Konar & Jain 2005, 17–19.) Näiden tekijöiden seurauksena, jonkin näkymän osasen menettäessään vastaavuutensa mentaalet malliin voi seurauksena olla "epäilyttävä" tunne, vaikka varsinaista syytä sille ei tiedostakaan. Vallitseva taustatietämys voi kuitenkin mahdollistaa ongelman ymmärtämisen, jolloin syy epäilyttävälle tunteelle saattaa löytyä. Taustatietämyksen tilanteenmukainen opettaminen monimutkaisten taitojen kouluttamisessa on tuotu kompetenssipohjaisen koulutuksen 4C/ID -mallissa esiin tukevana tietona⁶⁷ (van Merriënboer ym. 2002, 44).

Mentaalet mallit muuttuvat kokemuksen myötä. Hävittäjätoiminnassa mentaalet mallien kehittyminen näkyy kykyä vähentää lentoon liittyvien osatapahtumien määrää ja toisaalta kykyä jättää epäolennaisia asioita huomiotta. Kokenut lentäjä kykenee kategorisoimaan tilanteita eri, suureiden kuten kiireellisyyden mukaan. Mentaalet malli muodostaa siten laa-

⁶⁴ Vastaa tilanneymmärryksen kehittymistä ennakoinnin mahdollistavalle tasolle (Stensson 2014, 148).

⁶⁵ Englanninkieliset käsitteet: Coherence, Correspondence ja Relationship to background knowledge.

⁶⁶ Vastaa käsitystä, jonka mukaan mentaalet mallit muodostuvat metakompetenssissa deklaraatiivisen- ja proseduraalisen metakompetenssin vuoropuheluna (luku 3.4).

⁶⁷ "Supportive information", johon liittyy mentaalet mallit, kognitiiviset strategiat ja palaute.

jemman kokonaisuuden, jolloin pienempien osatekijöiden sekä käsiteltävien asioiden määrä vähenee vapauttaen kapasiteettia. Laajempien kokonaisuuksien hallinta helpottaa ongelmanratkaisua, säästää aikaa ja yksinkertaistaa päätöksentekoa, jolloin tilanneymmärryksen⁶⁸ ylläpitäminen helpottuu. (Amalberti & Deblon 1992, 655–656, Salakari 2004 mukaan)

Mentaaliset mallit on nähtävissä suodattimiksi, joiden läpi todellisesta maailmasta poimittu kuva heijastuu abstraktiksi toimintaa tukevaksi sisäiseksi näkymäksi. Lentämiseen liittyviä mentaalisia malleja voi muodostua esimerkiksi ajan- ja riskienhallinnan sekä seurausten arvioinnin ympärille. Käsitys siitä, mitä tai kuinka paljon missäkin ajassa voi tehdä, on esimerkki mentaalisesta mallista, johon havainnot ja päätöksenteko sovitetaan. Kyky arvioida seurauksia tai tapahtumiin liittyviä riskejä on myös käsitettävissä mentaaliseksi malliksi.

Skeemojen ja mentaalisten mallien muodostumisella on selkeä yhteys oppimiseen, johon myös metakompetenssin käsite liitetään. Ymmärtääkseen kognitiivisten taitojen kehittymisen osana kompetenssien kokonaisvaltaista kehittymistä, on mentaalisten mallien syntylogiikan ymmärtäminen keskeisessä asemassa. Mentaaliset mallit yhdistyvät skeemoissa luoden monimutkaisia rakenteita, joilla ympäristöstä havaittuun tietoesitykseen⁶⁹ reagoidaan. Käytännön työskentely, jossa havaintotietoa yhdistetään taidon käyttöön sekä siitä saatuun reflektioon toimivat edellytyksenä mentaalisten mallien muodostumiselle. Mentaaliset mallit ovat ehdottomia etenkin monimutkaisten skeemojen muodostumisen kannalta. Ilman skeemoja ei sujuva toiminta monimutkaisessa ja korkean intensiteetin ympäristössä ole mahdollista (ks. Raustevon Wright ym. 2003, 82–85).

Mentaaliset mallit ovat keskeinen osa hävittäjäalentäjän osaamista. Ne tallentuvat pitkäkesto-muistiin sisältäen paljon tietoa ja vastauksia kysymyksiin miksi tai miten? Seuraavaksi hävittäjäalentäjämisen toimintaympäristöstä tunnistetaan mentaalisia malleja, joihin hävittäjäalentäjä tukeutuu suorittaessaan tilannekohtaista arviointia. Tutkimuksen aikaisempien vaiheiden kirjallisuuskatsaukseen perustuen määritän tutkimuksessa käytettävät mentaaliset mallit seuraavien ehtojen kautta 1) Sen kautta on kyettävä arvioimaan ilmiöitä, tapahtumia ja seurauksia 2) Sen kautta on kyettävä luomaan kokempohjaisia näkemyksiä 3) Sillä on kyettävä vaikuttamaan ratkaisuihin 4) Se ei sisällä toimintaa tai siihen kiinteästi liittyvää päätöksentekoa 5) Sen on mahdollistettava "keskusteluyhteys" kokemuksen/näkemyksen/tietämyksen ja mahdollisten ratkaisujen välille 6) Sen on kyettävä toimimaan suodattimen lailla samanaikaisesti muiden mentaalisten mallien kanssa. Arviointitaulukko on liitteenä 2.

⁶⁸ Vertaa Stenssonin (2014, 149–152) käsitteeseen "edge awareness", jolla tarkoitetaan ymmärrystä tilanteeseen liittyvistä rajoista, joiden ylittäminen johtaa ennakoimattomiin tai odottamattomiin seurauksiin.

⁶⁹ Tietoesitys eli representaatio, jota käsitellään myös tutkimuksen luvuissa 4.3.1 ja 5.1.

Arvioinnin perusteella mentaaliksi malleiksi muodostuivat tavoitteellisuus, kiireellisyyden arviointi, holistisuus⁷⁰, riskien arviointi, ajanhallinta, tärkeyden arviointi, seurausten arviointi ja kuormittavuuden arviointi. Näiden mallien lisäksi työtehtävissä ilmenee todennäköisesti tässä tarkastelussa tunnistamattomia mentaalisia malleja. Mutta ainakin näiden suodattimien kautta hävittäjäalentäjän sisäinen tilanneymmärrys rakentuu päätöksenteon taustalla. Mentaalisten mallien asemointi riippuu proseduraalisen ja deklaraatiivisen muistin tilannesidonnaisuudesta vuoropuhelusta, joka taltioituu deklaraatiiviseen muistiin mentaaliseksi malliksi. Tämän prosessin toistuminen muodostaa skeemoja, joiden rakennuspalikoina myös mentaaliset mallit toimivat.

5.4. Metakompetenssi osaamissysteemin prosessien muovaajana

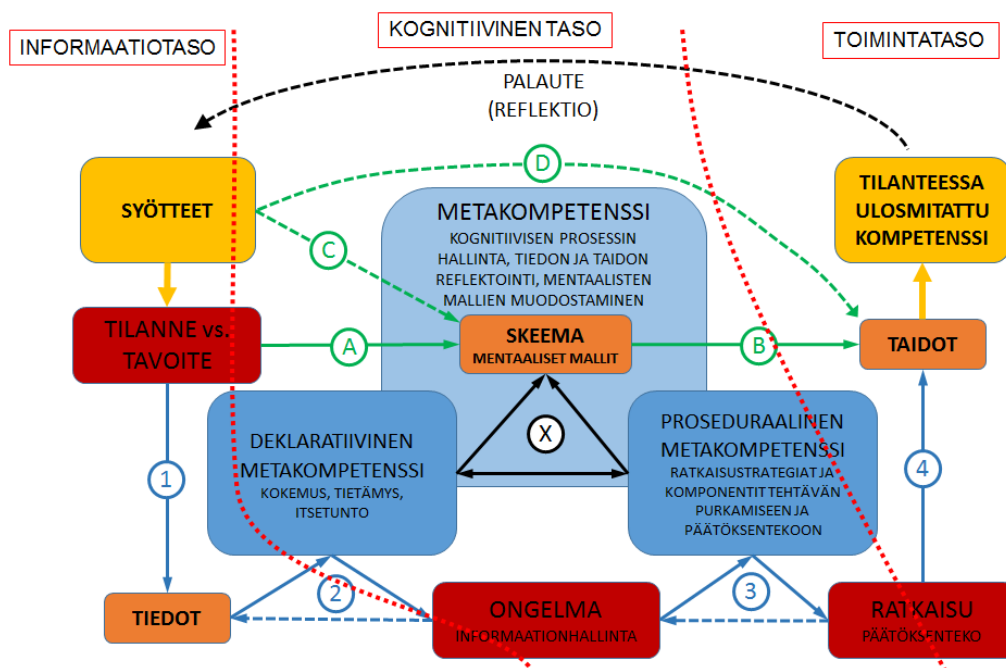
Luvussa 4.1.1 oppiminen sisällytettiin osaamissysteemiin. Vaikka oppiminen on kognitiivinen tapahtuma, ei perusteita oppimisen sijoittamiselle systeemiin kuitenkaan vielä ollut. Keskeinen havainto luvussa 3.4 esitellystä metakompetenssista on sen kriittisyys uusien mentaalisten mallien syntymisessä. Toisin sanoen metakompetenssilla on keskeinen rooli siinä, miten taitoja kognition kautta opitaan. Toinen keskeinen havainto metakompetenssista on sen keskeisyys kompetenssien käytön hallinnassa. Metakompetenssi on määriteltävissä tietojen sekä taitojen tilanne- ja tavoitesidonnaiseksi yhdistämiskyvyksi, jonka seurauksena tapahtuu oppimista. Metakompetenssin jäsentely siihen liittyviin alakäsitteisiin mahdollistaa käsitteellisen mallin luomisen ja tarkastelun.

Metakompetenssi alakategorioineen sijoittuu tietojen ja taitojen välimaastoon, joiden rajapintoina informaationkäsittelyn osalta toimii deklaraatiivinen metakompetenssi ja päätöksenteon osalta proseduraalinen metakompetenssi.⁷¹ Näiden vuoropuheluna tieto ja taito yhdistyvät muodostaen mentaalisia malleja, joiden avulla tilanteeseen vaadittavan kompetenssin ulosmittaaminen nopeutuu huomattavasti. Tähän syynä on se, että mentaalisten mallien avulla muodostuvien näkymien ansiosta käsiteltävän informaation määrä koko ketjussa vähenee merkittävästi. Kuvaan 12 on mallinnettu tämän tutkimuksen havainnot metakompetenssin suhteesta oppimiseen ja kompetenssien hallintaan.

⁷⁰ Kokonaisvaltaisuus.

⁷¹ Ks. luku 3.4.

Kuvassa 12 on kolme eri ketjua, joilla ilmaantuvat syötteet muutetaan tiedonkäsittelyn, ongelmanratkaisun ja taitojen käytön kautta lopulta ulosmitatuksi kompetenssiksi. Luodun mallin tarkoituksena on kuvata yksittäisen kompetenssin käyttöä ja kehittymistä. *Ketjut 1–4 ja A–D* kuvaavat kompetenssin kehityksen eri vaiheita metakompetenssikeskeisesti ottaen huomioon lukujen 5.1 ja 5.2 havainnot huippuosajaksi kehittymisestä. Lukujen 4.3.4 ja 4.3.5 havainnot informaationhallinnan⁷² sekä päätöksenteon⁷³ kuormittavuudesta tukevat mallissa tehtyjä määrittelyjä.



Kuva 12: Metakompetenssin käsitteistöstä sekä kognitiivisen psykologian teoriasta muodostettu likiarvoinen oppimissysteemi.

Kompetenssin ulosmittaaminen ilman valmiita mentaalisia malleja on kuvattu *ketjulla 1–4*. *Linkissä 1* henkilö muodostaa ilmaantuvista syötteistä tietoa jäsentämällä sen merkitykselliseksi muuttujanipuiksi.⁷⁴ Esimerkiksi saadessaan näytölleen tutkamerkin aloitteleva hävittäjä-lentäjä kokoaa löydettävissä olevat mielenkiinnon kohteena olevat faktat ja käsittelee niitä suhteessa tavoitteeseen, eli torjunnan suorittamiseen. Näin henkilölle muodostuu eri lähteistä saatuja tavoitteeseen sitoen jäsenneiltyjä muuttujanippuja, joita hän vertaa *silmukassa 2* omaan kokemukseensa, tietämykseen sekä tuntemuksiinsa siitä, mitä tilanne vaatii tavoitteen toteutumiseksi. Torjuntaan pääseminen voi vaatia esimerkiksi korkeuden nostamista, nopeuden lisäämistä ja lentoradan suuntaamista. Samalla hän joutuu arvioimaan myös tilanteeseen liittyviä rajoitteita. Käsitellessään tätä informaatiota hänelle rakentuu kuva vallitsevan tilanteen

⁷² Hajautettu tarkkaavaisuus (Vapaavuori & Sorsa 2005, 102–103).

⁷³ Näihin verrattavissa olevat hidas ja nopea päätöksenteko (luku 4.3.6) näkyvät mallissa sinisenä ja vihreänä ketjuna.

⁷⁴ Vertaa Rauste-von Wright ym. (2003, 82–85) saadun *informaation jäsentämiseen* sekä Dreyfus ja Dreyfusin (1986, 22–23) *merkityksellisiin elementteihin*.

ja tavoitteen välisestä erotuksesta. Erotus muodostaa ongelman tai ongelmia. Ongelma voi olla vaikka se, että kohde on torjunnalta kielletyllä alueella tai se, että lyhyt etäisyys ei mahdollista optimaalista torjuntageometriaa. Jos muodostunut ongelma vastaa aikaisempaa kokemusta, johon perustuen löytyy valmiita ratkaisumalleja tai -strategioita, siirrytään *silmukkaan 3* arvioimaan, miten ratkaisu olisi parasta toimeenpanna. Esimerkiksi, jos lyhyt etäisyys ei mahdollista optimaalista geometriaa, lentäjä ratkaisee tilanteen aikaisempaan kokemukseensa perustuen kääntämällä pois päin ja pyytämällä apua muilta. Tämä valinta perustuu kokemuksen kautta vastaavan informaationkäsittelytilanteen seurauksena muodostuneeseen deklaratii-visen ja proseduraalisen metakompetenssin onnistuneeseen vuoropuheluun, jonka myötä kokemuspohjaisen tiedon ja ratkaisun välille on muodostunut versio mentaalista mallista.

Ennen kokemattomat ongelmat vaativat huomattavasti enemmän informaation käsittelyä sekä tilannekohtaisten muuttujanippujen vertailua kokemusten ja tietämyksen välillä, jolloin *silmukka 2* voi pahimmillaan jäädä päälle muodostaen jatkuvasti uusia ongelmia vanhojen tilalle. Jatketaan edellisestä esimerkistä. Pyynnöstä huolimatta apua ei ole tarjolla ja lentosuunta on pois päin maalista, jolloin tarkkaa tietoa maalin sijainnista ei sensorien rajoitteista johtuen enää ole. Lentäjälle muodostuu useita eri ongelmia, joihin ei välttämättä ole valmiita ratkaisumallia. Tällöin ilmenee tarve ongelman uudelleenjäsentelyyn. Tämä silmukka jatkuu, kunnes joku jäsennellyistä ongelmista vastaa proseduraalisesta metakompetenssista löytyvää ratkaisustrategiaa tai, jos ongelmaan voidaan löytää ratkaisu aikaa vievällä harkinnanvaraisella analyttisellä päättelyllä. Tämä kuvaa ilmiötä, jossa ongelma pilkotaan pienempiin osiin ratkaisun löytämiseksi.

Ongelmien osiin pilkkomisen lisäksi ongelman voi ratkaista määrittämällä tavoitteen uudelleen. Alussa torjuntaan pyrkineen lentäjän tavoite voi vaihtua tilanteesta johtuen selviämistrategioiden etsimiseksi. Tavoitteen muuttaminen vaikuttaa tilanteen ja tavoitteen väliseen ristiriitaan, jolloin tilanteen synnyttämät ongelmat muodostetaan lähes tyhjältä pöydältä. Näin myös mahdollisten ratkaisumallien kenttä vaihtuu. Tavoitteen vaihtaminen on tutkijan omaan subjektiiviseen kokemukseen perustuen kuormittavassa tilanteessa erittäin haastavaa, koska useimpiin tilanteisiin ei ole ennalta määritettyä tavoitteen muuttamiskynnystä. Sotilasilmailussa kyvyttömyyttä tavoitteen muuttamiseen sanotaan "puskemiseksi", joka voi tilanteesta riippuen olla hyvin vaarallinen ilmiö.

Deklaratiiviseen metatietoon kuuluvalla itsetuntemuksella arvioidaan oman tietämyksen tai kokemuksen määrää suhteessa ilmeneviin ongelmiin. Itsetuntemus kontrolloi yksilön alttiutta toimeenpanna tekemiään päätöksiä, jos tilanne sisältää epävarmuustekijöitä. Jos tavoitteen muokkaaminen ei ole mahdollista ja muodostunutta ongelmaa ei kyetä lohkokomaan sellaiseksi

ongelmaksi, johon löytyy valmis ratkaisumalli, astuu kiireen, paineen tai turhautumisen seurauksena kuvaan heuristinen kokeilu (ks. Polya 1957). Tällöin joku yrityksen ja erehdyksen kautta kokeiltavista ratkaisuista voi mahdollisesti sopia olemassa oleviin ongelmiin.

Silmukka 2 päättyy, kun ongelma on saatu käsiteltyä sellaiseksi, että siihen on löydettävissä proseduraalisesta metakompetenssista ratkaisustrategia tai tehtävän osiin purkamiseen vaadittavat elementit. Proseduraalinen metakompetenssi tarjoaa edellytykset ratkaisun löytämiselle ja päätöksenteolle sekä mahdollisten ratkaisumallien keskinäiselle vertailulle. *Silmukassa 3* päätöksenteko voi häiriintyä tai hidastua, jos ratkaistavien ongelmien määrä on suuri tai niillä on monimutkaisia keskinäisiä riippuvuuksia. Tällöin päätöksenteko jatkuu niin pitkään, kunnes ongelmat, niiden ratkaisut sekä mahdolliset seuraukset on saatu priorisoitua ja tarvittavista päätöksistä on saatu muodostettua polku kohti ratkaisua. Esimerkiksi aikaisemman kuvauksen lentäjä on vaihtanut strategiakseen selviytymisen ja puntaroi mahdollisia vaihtoehtoja lentäessään pois päin uhkasta. Jatkamalla samalla suunnalla hän saa pelattua aikaa mahdollisen avun toivossa. Toisaalta tilanne muuttuu koko ajan huonommaksi, joka kostautuu jos apu jää kokonaan saamatta. Toinen vaihtoehto on yrittää lyhyen etäisyyden geometriaa, johon sisältyy myös riskejä. Lentäjän tekemä ratkaisu perustuu todellisuudessa koko käytössä olevaan informaatiotason tarjontaan, jota kuvattiin luvussa 4.2. Tällöin päätöksenteon rakenne on todennäköisesti kuvattua huomattavasti monimutkaisempi kokonaisuus.

Päätöksenteko on johtanut haluttuun ratkaisuun ja sitä kautta taitojen käyttöön *linkissä 4*. Kompetenssi on ulosmitattu ja sen muodostama palaute tuottaa uuden syötteen. Jos tilanne ja tavoite saadaan vastaamaan toisiaan, myös tietoinen päätöksentekoprosessi loppuu.

Mentaaliset mallit rakentuvat äsken kuvatun *ketjun 1–4* sisällä tapahtuneiden deklaraatiivisen- ja proseduraalisen metakompetenssin vuoropuhelun eli kognitiivisen prosessin hallinnan sekä tiedon ja taidon reflektoinnin tuloksena.⁷⁵ Mentaalisten mallien muodostuminen on kuvattu *silmukassa X*. Mentaaliset mallit kehittyvät tämän vuoropuhelun jatkuessa muodostaen uusia yhteyksiä tavoitteista ja vallitsevasta tilanteesta johdettujen ongelmien ja ratkaisumallien välille. Näiden yhteyksien lisääntyessä kyky vastata kyseistä kompetenssia vaativiin ongelmiin lisääntyy ja kapasiteettia vapautuu muihin toimintoihin.

Kompetenssien ulosmittaaminen mentaalisen mallin kautta on kuvattu *ketjulla A–B*. Henkilö saa ympäristöstä syötteitä, jotka muodostavat kuvan tilanteesta. Tilanne suhteutetaan vallitsevaan tavoitteeseen. Jos tavoitteen ja tilanteen välisen ristiriidan muodostama näkymä tai tietoesitys laukaisee *linkin A* välityksellä skeeman käynnistymisen, niin tilanteen arviointi tapah-

⁷⁵ Vertaa luvussa 4.3.6 kuvattuun autonomiseen/nopeaan päätöksentekoon ja sen kehittymiseen hi-taan/harkinnanvaraisen päätöksenteon kautta.

tuu tiedostamatta mentaalisten mallien kautta. Mentaaliset mallit konstruoidaan skeemaan tapahtumahetkellä, jolloin niiden muodostama näkymä, *linkki B* käynnistää taidon käytön ja sitä kautta tilanteessa ulosmitatun kompetenssin käytön. Osa palautteen aiheuttamista syötteistä voi laukaista suoraan *linkin C* mukaisesti skeeman kautta tapahtuvan taidon käytön, jolloin toiminta on muodostunut simultaaniseksi ja tiedostamattomaksi⁷⁶ (Dreyfus & Dreyfus 1986; Vapaavuori & Sorsa 2005, 102–103). Tällöin kyseinen kompetenssi on kehittynyt tasolle, jossa henkilö ei enää kykene purkamaan osaamistaan pienemmiksi paloiksi. *Linkki D* eli refleksi tai heijaste on elimistön suojamekanismi, joka muuttaa ärsykkeen suoraan motoriseksi toiminnaksi (Vapaavuori & Sorsa 2005, 29).

Oppimismalliin liittyvien ehtojen, vaikutusten, vääristymien, vasteiden tai dynaamisten ominaisuuksien arviointi on haasteellista. Mallin tarkoitus on lisätä ymmärrystä ja tarkentaa käsitystä niistä elementeistä, joita monimutkaisten taitojen oppimiseen liittyy. Vaikka malliin jää epätarkkuuksia, joiden korjaaminen vaatisi perusteellisemman perehtymisen aineistoon, on oppimissysteemin kuvaus riittävä keskeisten elementtien siirtämiseksi osaamissysteemiin.

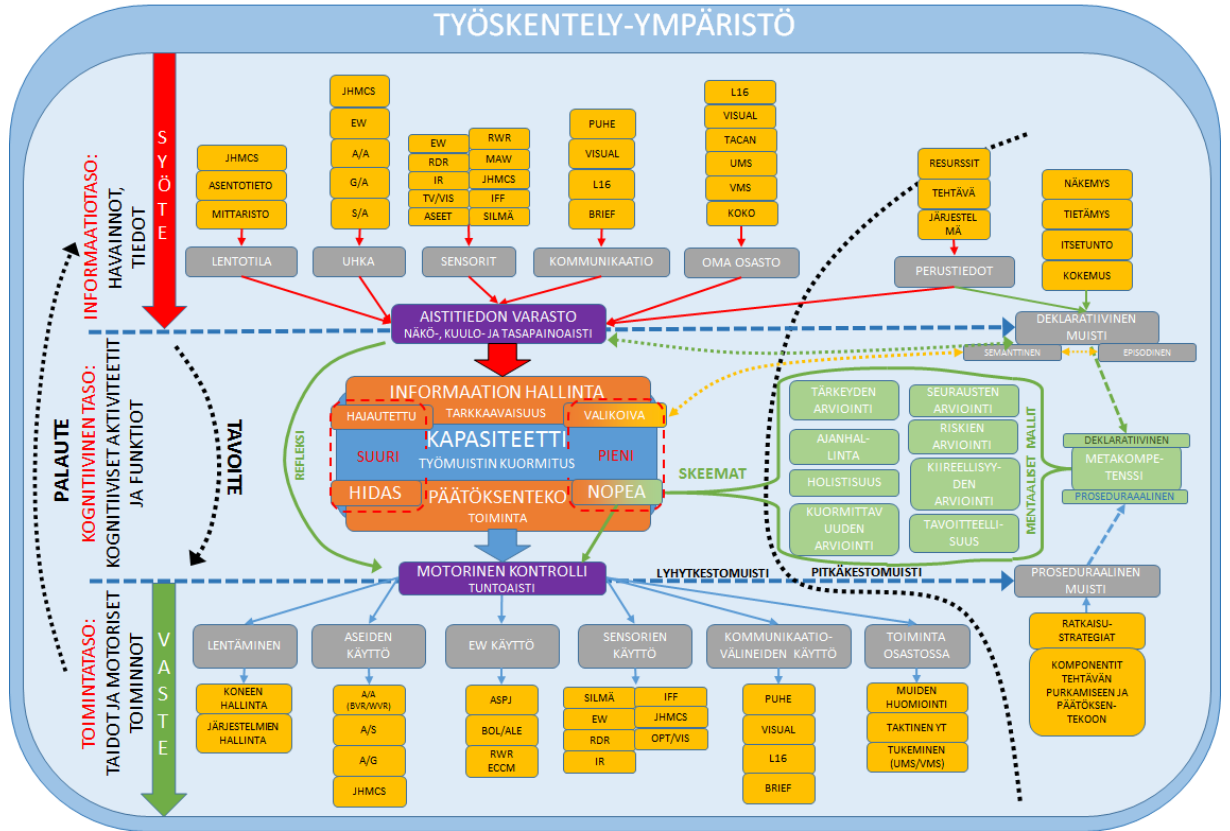
Huomionarvoista on oppimissysteemin logiikan vastaavuus Stenssonin (2014, 148–152) esiin tuomiin periaatteisiin tilanneymmärryksen kolmiportaisesta muodostumisesta sekä "edge awareness" käsitteestä. Muodostuva teoreettinen side tilannetietoisuuden muodostamisen ja metakompetenssin välillä antaa perusteet esittää, että tilanneymmärryksen muodostamisen oppiminen voi tapahtua ainoastaan harjoittelun kautta. Oppimisen perustana toimii taustatieto tilanneymmärryksen muodostamiseen liittyvistä rajoitteista, tilanteen johdonmukaisuus sekä vastaavuus yleiseen taustatietämykseen (ks. Konar & Jain 2005, 17–19).

5.5. Systemin tarina - osa 5: Sisäisten prosessien dynamiikka

Oppimissysteemin kuvauksesta ja sen käsittelyä pohjustaneista mentaalisisistä malleista sekä metakompetenssin elementeistä muodostettiin osaamissysteemiin toinen päätöksentekoketju informaatio- ja toimintatason välille. Aikaisemmin tätä ketjua kuvattiin skeemoilla. Tämä ketju toimii "oikopolkuna" nopeille päätöksille tilanteissa, joihin on muodostunut mentaalisten mallien kautta skeemoja. Tällöin aistitiedon varastoon muutamaksi sekunneiksi jäävät havainnot yhdistyvät passiivisesti deklaratiiiviseen muistiin tallentuneisiin tavoitteisiin ja mielikuviin muodostaen näkymän mahdollisesta ratkaisusta. Skeema muuttuu päätökseksi käynnistäen motorisen toiminnan. Osaamismallin sisäisen dynamiikan määrään vaikuttavat informaation määrä ja laatu, mutta ennen kaikkea se muodostuvatko päätökset nopeasti "oikopolkua" pitkin vai hitaan harkinnan seurauksena. Ammattitaidon lisääntymisen eli oppimisen ja

⁷⁶ Vertaa myös luvun 4.3.6 tiedostamattomaan päätöksentekoon, jossa päätöksentekijä ei tiedosta päätöksenteon olemassaoloa.

harjaantumisen myötä päätöksenteko muuttuu nopeamman kaavan mukaiseksi. Silti osa eksperttien päätöksistä vaatii aina harkintaa ja hidasta päätöksentekoa. Hävittäjäohjaajan mentaaliseen kuormaan vaikuttaa tämän seurauksena myös tarkkaavaisuuden muoto, joka ohjaa informaatiokäsittelyä sekä päätöksentekoon tarvittavan tilanneymmärryksen muodostamista.



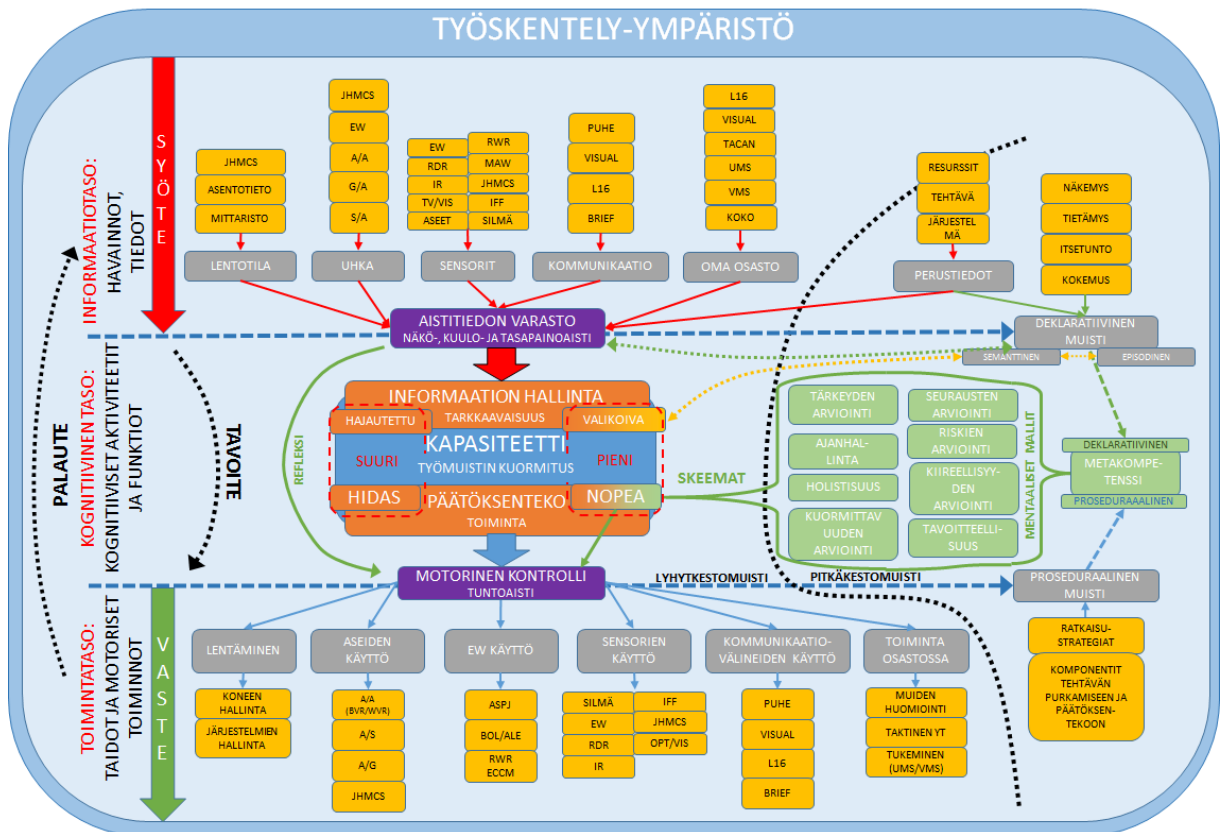
Kuva 13: Mentaalisilla malleilla ja skeemoilla täydennetty hävittäjälentäjän osaamisen systeemikuvaus.

Tällä hetkellä mallissa havaittavat epätarkkuudet liittyvät toimintojen tuottamaan palautteeseen. Mallissa ei ole kuvattu millä eri tasoilla ja minkä elementtien tai alajärjestelmien välille muodostuu palautetta. Mallissa palaute yleistetään siten, että se tapahtuu kokoluokasta riippumatta aina alhaalta ylöspäin, siis toiminnasta kohti ympäristöä, jonka kautta se muokkaa havaittua informaatiokenttää. Malliin liittyvät ehdot, vaikutukset, vasteet ja dynaamiset ominaisuudet on nyt arvioitu. Mallin elementtien tai alajärjestelmien keskinäiset riippuvuudet eivät muodosta tutkimuksen tavoitteet huomioiden tarvetta teoreettisen aineiston lisätarkastelulle. Malli kuvaa osaamissysteemiä riittävällä tarkkuudella empiirisen tiedon liittämiseksi sen muodostamaan teoriapohjaan.

6. TEORIAN YHTEENVETO JA TYÖHYPOTEESI

6.1. Hävittäjälentäjän osaamissysteemi

Tässä tutkimuksessa hävittäjälentäjän osaamissysteemin sekä systeemikuvauksen tarkoituksena on toimia uuden tulevaisuustiedon teoreettisena alustana. Määritelmässä kuvataan tiivistetysti systeemiin kehityksen aikana muodostuneiden elementtien merkitys ja vuorovaikutussuhteet sekä esitellään siihen liitettävissä olevat keskeisimmät muospaineen aiheuttajat.



Kuva 14: Hävittäjälentäjän osaamissysteemi.

Hävittäjäohjaaja saa ympäristöstään syötteitä, joihin hän tuottaa kompetensseillaan tai osaamisellaan vasteen. Tämän vuoropuhelun seurauksena osaaminen kehittyy ja toiminnasta tulee tehokkaampaa. Ympäristön kanssa tapahtuva vuoropuhelu perustuu informaation muuttamiseen toiminnoiksi kognitiivisen prosessin kautta. Kognitiivisen prosessin avainkompetensseiksi laskettavissa olevat elementit ovat informaationhallinta ja päätöksenteko, joilla on tärkeä rooli lentäjän tavoitteellisen toiminnan ohjaamisessa. Informaation keräämiseen ja toimintojen suorittamiseen liittyy paljon kompetensseja, jotka muodostuvat pääosin useita eri taitoja tai tietoja yhdistämällä.

Osaamisen hyödyntämistä eli taitojen ja tietojen käyttöä pitää yllä vallitsevan tilanteen ja olemassa olevan tavoitteen välinen jännite. Toiminnasta saatava palaute muodostaa lentäjän

käsityksen toiminnan tehokkuudesta tai oikeellisuudesta. Informaationhallinta vaatii lentäjältä joko hajautettua tai valikoivaa tahdonalaista tarkkaavaisuutta. Päätöksenteko tapahtuu joko harkinnanvaraisesti tai intuitiivisesti. Se miten informaationhallinta tai päätöksenteko toteutetaan vaikuttaa merkittävästi lentäjän kognitiivisen kapasiteetin kuormittumiseen. Kuormittavinta on hajautettua tarkkaavaisuutta vaativa harkinnanvarainen päätöksenteko ja kevyintä intuitiivinen valikoivaa tarkkaavaisuutta vaativa päätöksenteko. Intuitiivisen päätöksenteon edellytyksenä ovat skeemat ja mentaaliset mallit muodostuvat ihmisen muistissa olevien tietojen ja ratkaisumallien välisen vuoropuhelun seurauksena.

Systeemin vasemmassa laidassa on kuvattu lentäjän vuorovaikutussuhde työskentelyympäristön kanssa. Ympäristön syötteet sekä lentäjän tuottamat tavoitteelliset vasteet eli palautteet pitävät systeemin aktiivisena. Systeemin sisäisiä aktiviteetteja tapahtuu kolmessa tasossa jotka ovat informaatiotaso, kognitiivinen taso sekä toimintataso. Näiden tasojen sisäiset kompetenssit sekä elementit kuvaavat edellä mainittuun vuorovaikutussuhteeseen osallistuvia systeemin osia. Informaatiota ohjaajalle tuottavat lentokoneen laitteet, järjestelmät sekä muut ulkoiset ja sisäiset vaikuttimet. Osa systeemin informaatiosta on tallentuneena lentäjän pitkäkestomuistissa sijaitsevaan deklaratiiviseen muistiin kokemuksena, näkemyksenä ja tietämyksenä. Valikoivan ja hajautetun tarkkaavaisuuden avulla lentäjän työmuistin käsiteltäväksi saapuu aistitiedon varastosta havaintoja. Nämä havainnot rinnastetaan deklaratiivisen muistin sisältöön, joka käynnistää informaationhallinnan osana kognitiivisen tason toimintaa. Meta-kompetenssi toimii itsesäätelyvalmiutena tai valmiutena arvioida omaa ymmärryksen määrää ja toiminnan vaikutuksia tavoitteiden toteutumiseen. Metakompetenssin seurauksena tarkkaavaisuuden ja kapasiteetin priorisointi olennaisiin asioihin tehostuu ja tapahtuu oppimista.

Tarkkaavaisuus on keskeinen osa informaationhallintaa. Sen avulla uuden informaation kerääminen on mahdollista. Valikoiva tarkkaavaisuus kuormittaa työmuistin kapasiteettia selkeästi hajautettua tarkkaavaisuutta vähemmän, koska mielenkiinnon kohde pysyy informaationkäsittelyn ajan samana. Informaationhallinnalla lentäjä muodostaa tilanaymmärrystään päätöksenteon perusteeksi. Nopeat päätökset voivat olla luonteeltaan yksinkertaisia tai harjoittelun myötä jopa intuitiivisia, jolloin ne kuormittavat työmuistia merkittävästi harkinnanvaraista päätöksentekoa vähemmän. Harkinnanvarainen eli hidas päätöksenteko liittyy usein monimutkaisiin tai uusiin tilanteisiin, johon ei ole valmiita ratkaisumalleja, vaan päätöksenteko tapahtuu analyttisellä päättelyllä. Hitaaseen päätöksentekoon liittyy usein tarve myös hajautetulle tarkkaavaisuudelle, joka aiheuttaakin suurimman osan hitaan päätöksentekoprosessin kuormituksesta. Nopeat tai intuitiiviset päätökset monimutkaisten ongelmien yhteydessä perustuvat aina harjaantumiseen. Tämän prosessin aikana deklaratiiviseen ja proseduraaliseen muistiin tallentuneet tiedot käyvät muodostuneisiin ongelmiin liittyvää vuoropuhelua, jonka

pohjalta muodostuu mentaalisia malleja. Nämä mallit konstruoidaan käytön hetkellä käsitteelliseksi skeemoiksi, jotka mahdollistavat intuitiivisen päätöksen muodostumisen. Refleksi on tahdosta riippumaton suojaheijaste, eli oikotie suoraan aisteilta motoriselle kontrollille.

Päätöksenteon jälkeen motorinen kontrolli vastaa haluttujen vaikutusten toimeenpanosta. Motorinen muisti kehittyy toistojen kautta parantaen kykyä haluttujen vasteiden tuottamiselle. Osa taidoista tallentuu ajan myötä motoriseen muistiin siinä määrin, että jotkin toiminnot muuttuvat simultaanisiksi. Esimerkiksi peruslentämiseen liittyy runsaasti toimintoja, jotka voivat automatisoitua. Sekä informaatio-, että toimintatasolla on kuvattu hävittäjälentämiseen liittyviä kompetensseja ja niissä tarvittavia osatekijöitä tai järjestelmiä. Osaamisen hyödyntäminen ja vuorovaikutus ympäristön kanssa tapahtuu näiden kompetenssien kautta.

Lentäjän toiminnan tehokkuuden kannalta systeemin keskeisimmät elementit löytyvät kognitiivisesta tasosta, jotka ylläpitävät vuorovaikutusta ympäristöön sekä ohjaavat kaikkien muiden kompetenssien käyttöä. Nykytiedon valossa työmuistin kapasiteettiin ei voida vaikuttaa, joten tutkimus on perusteltua toteuttaa kapasiteetin käyttöperiaatteiden kautta. Informaationhallinta ja päätöksenteko ovat molemmat työmuistin kapasiteettia kuormittavia tekijöitä. Kognitiivisen tason elementit ovat lisäksi ammattitaidon näkökulmasta universaaleja ja kontekstiin sopeutuvia. Niiden olemassaolo ei ole siis riippuvainen vaihtelevista muuttujista kuten tehtävät, käytettävät laitteet, järjestelmät tai käyttöperiaatteet. Toisaalta ilman informaatio- ja toimintatason kompetensseja ei lentäjä kykene toteuttamaan asetettuja tehtäviä.

Osaamismalliin muodostuu "ketjuja", joissa informaatio muovataan kognition kautta toiminnaksi. Näiden "ketjujen" tai aktiviteettien monimutkaisuus, toistuvuus ja luonne ovat riippuvaisia tilanteeseen edellytettävien kompetenssien määrästä, keskinäisistä suhteista sekä käytökontekstista. "Ketjujen" informaatio- tai toimintatasoon kohdistuvat perustavanlaatuiset muutokset vaikuttavat näin ollen myös kognitiivisen tason toimintaan.

6.2. Delfoin perusteet, pohjaolettamukset ja hypoteesit

Käsiteltäessä lentokoneen ja ihmisen välistä yhteistyötä, on automaation ja keinoälyn kehityksellä kognitiotieteeseen tehdyn kirjallisuuskatsauksen perusteella vaikutusta ihmisen kognitiivisen prosessin kaikkiin tasoihin. Automaation luonteenpiirteistä johtuen sillä on taipumusta keventää motoriseen kontrolliin liittyviä käytännön toimintoja kun taas keinoälyn lisäämisellä pyritään korvaamaan ihmisen tiedonkäsittelyä. Keinoäly on nähtävissä automaation monimutkaisemmaksi kehitystasoksi, jonka vuoksi sen seurannaisvaikutukset ulottuvat suoraan myös osaamissysteemin kognitiiviseen tasoon. Automaation vaikutukset kognitiiviseen tasoon ovat välillisiä ja perustuvat kognition osallisuuteen informaatiosta toiminnoiksi "ketjuun".

Tukea esitetylle näkökulmalle on löydettävissä van Merriënboerin (1997) käsitteistä monimutkaiset ja yksinkertaiset sekä toistuvat ja ei-toistuvat taidot. Ongelman sekä siihen vaadittavan abstraktin päättelyn luonnetta ja määrää voidaan kuvata Dreyfus ja Dreyfusin (1986) käyttämällä strukturoidun ja strukturoimattoman ongelman käsitteillä. Jaottelua hyödyntäen automaatiolla ja tarpeen vaatiessa keinoälyllä on ensimmäiseksi korvattavissa helpoimmat, eri konteksteissa samanlaisina toistuvat yksinkertaiset taidot, joita käytetään strukturoitujen ongelmien ratkaisuun. Tämä suuntaus toimintojen automatisoinnin kehittymisessä on nähtävissä jo nykyisessä hävittäjä sukupolvessa.

Tarkasteltaessa yleisesti taitojen, suoritteiden tai aktiviteettien luonnetta, ovat niiden ominaisuudet luokiteltavissa kolmen kategorian avulla. 1) Haastavuus⁷⁷: Yksinkertainen taito on sellainen, joka ei vaadi useiden eri taitojen yhdistämistä. Monimutkainen taito on sellainen, joka vaatii useamman yksinkertaisen taidon yhdistämistä. 2) Toistuvuus⁷⁸: Toistuva taito toistuu eri tilanteissa samanlaisena. Ei-toistuva taito toistuu eri tilanteissa tai joissain tapauksissa myös samoissa tilanteissa erilaisena. 3) Ongelman luonne⁷⁹: Strukturoidussa ongelmassa mahdolliset lopputulokset tai seuraukset ovat päätöksentekijän tiedossa. Strukturoimattomassa ongelmassa mahdolliset lopputulokset tai seuraukset eivät ole tiedossa päätöksentekohetkellä.

NÄKEMYS SUORITEKATEGORIOISTA SEKÄ SUORITTAJISTA		ONGELMAN LUONNE (Dreyfus & Dreyfus 1986)		TOISTUVUUS (van Merriënboer 1997)	
		Strukturoitu	Strukturoimaton	Toistuva	Ei-toistuva
HAASTAVUUS	Yksinkertainen	AUTOMAATIO	IHMINEN (KEINOÄLY)	AUTOMAATIO	IHMINEN (KEINOÄLY)
	Monimutkainen	IHMINEN (KEINOÄLY)	IHMINEN	AUTOMAATIO	IHMINEN
TOISTUVUUS	Toistuva	AUTOMAATIO	IHMINEN (KEINOÄLY)	Taulukon yläosassa on suoritettu kahden kategorian ristiinarviointi. Se soveltuu suoritteisiin, joissa kolmas kategoria on tarkastelun kannalta merkityksetön.	
	Ei-toistuva	IHMINEN (KEINOÄLY)	IHMINEN		
HAASTAVUUS JA TOISTUVUUS (van Merriënboer 1997)	Yksinkertainen & toistuva	AUTOMAATIO	IHMINEN (KEINOÄLY)	Taulukon alaosassa suoritettussa ristiinarvioinnissa on käytössä kaikki kolme määritellyä kategoriaa.	
	Yksinkertainen & ei-toistuva	IHMINEN (KEINOÄLY)	IHMINEN		
	Monimutkainen & toistuva	IHMINEN (KEINOÄLY)	IHMINEN		
	Monimutkainen & ei-toistuva	IHMINEN	IHMINEN		

Kuva 15: Suoritteiden kategorisointi ja arviointi van Merriënboerin (1997) sekä Dreyfus ja Dreyfusin (1986) käyttämiin luokkiin perustuen.

⁷⁷ Luku 3.1. van Merriënboer (1997).

⁷⁸ Luvut 3.3 ja 3.5. van Merriënboer (1997).

⁷⁹ Luku 5.1. Dreyfus & Dreyfus (1986).

Kuvassa 15 vihreään kategoriaan määritellyt suoritteet ovat mahdollisia automaatiolle, jolla tarkoitetaan esiohjelmoituihin algoritmeihin perustuvia itsenäisiin toimintoihin kykeneviä laitteita tai järjestelmiä. Keltaisella kuvatuissa suoritteissa keinoäly voi joidenkin suoritteiden osalta korvata ihmisen tulevaisuudessa. Keinoälyllä tarkoitetaan tilanteeseen sopeutuvaa sekä tilanteenarviointiin ja rajoitettuun oppimiseen tai oman toiminnan kehittämiseen kykenevää edistyneempää automatiikkaa. Keltaisella kuvatut suoritteet ovat vielä vuonna 2017 ihmisen vastuulla. Punaisella kuvatuissa suoritteissa ihmisen korvaaminen on käytännössä mahdotonta niiden vaatiman abstraktin ajattelun, luovuuden, intuition ja suoritteeseen liittyvien riippuvuuksien sekä kokonaisuymmärryksen asettamien vaatimusten vuoksi.

Taulukossa käytetyt suoritekategorioiden ilmentävät samalla suoritteiden yleistä haastavuutta ja ne ovat näin sijoitettavissa myös oppimiskontekstiin. Punaisen kategorian suoritteet vaativat pääsääntöisesti monimutkaisten kognitiivisten skeemojen ja tietorakenteiden muodostumista (ks. van Merriënboer 1997; van Merriënboer ym 2002; Herranen 2007). Myös keltaisen kategorian suoritteet ovat luonteeltaan monimutkaisia ja oppisen kannalta vihreän kategorian suoritteita haasteellisempia.

Ongelmakenttä on kaksijakoinen. Suoritteessa käytettävien taitojen määrän lisääntyessä ja toistuvuuden sekä lopputuloksen ennustettavuuden heikentyessä, ihmisen korvaaminen suorittajana vaikeutuu. Toisaalta edellä mainitut tekijät muodostavat suoritteista myös ihmisen oppimisen kannalta kaikkein haasteellisimpia. Edellä mainitut tekijät sekä suoritteiden haasteellisuus otetaan lentokoulutusjärjestelmässä huomioon jäsentämällä opetettavat asiat oppimiskyvyn kannalta sopiviksi osakokonaisuuksiksi. Taulukon esitystapaan tukeutuen perinteisen lentokoulutuksen yleinen periaate on aloittaa koulutus vihreän kategorian suoritteilla. Opituista yksinkertaisista suoritteista muodostetaan lentokoulutuksen edetessä suurempia kokonaisuuksia, jotka näyttäytyvät taulukossa keltaisina ja punaisina suoritteina. Tämän kaltaisella "building block" ajattelulla on omat vahvuutensa, mutta viime aikoina sitä on pyritty vähentämään kompetenssipohjaisen koulutusmallin tutkimuksesta saatujen tulosten jalkauttamisella koulutusjärjestelmään.

Taitojen tai suoritteiden korvaamisen lisäksi automaatiolla ja etenkin keinoälyllä voi olettaa olevan vaikutusta myös käyttäjän tilanneymmärrykseen. Frohmin (2008) sekä Stenssonin (2014) havaintojen pohjalta käyttäjän tilanneymmärryksen ylläpitämisen aiheuttama kuormitus tulee vaihtelevaan laidasta laitaan. Toisaalta ymmärrys käyttäjän ja keinoälyä sisältävän laitteen tilannekohtaisesta maksimaalisesta yhteistehokkuudesta monimutkaistuu, jos sekä ihminen, että keinoäly pyrkivät "kilpaa" pysymään tilannetietoisuuden ylimmällä tasolla, eli ennakoimaan tulevia tapahtumia. Ihmisen ja laitteen yhteistyö ja rajapinnat ovat syystäkin

nähtävissä ongelmallisiksi. Rinnastettaessa ihmisen ja koneen yhteistyö kognitiivisen organisaatioteorian periaatteisiin, nousevat yhteiset ja ymmärretyt representaatiot keskeiseen asemaan. Näin ollen kognitiivisen tai automaattisen laitteen tulee jakaa lentäjän kanssa yhteiset käsitykset tavoitteista, rooleista ja yhteistyön olemassaolon tarkoituksesta. (Kamppinen & Ruohonen 2001, 252–253.)

Tilannetietoisuuden muodostamisen voi oppia ainoastaan harjaantumisen kautta riippumatta laitteiden osallisuudesta tilannetietoisuuden muodostamiseen. Oletamus perustuu tilanneymmärryksen ja metakompetenssin muodostumisen perustavanlaatuisiin systeemitason yhtäläisyyksiin.⁸⁰

Tulevaisuuden osaamismallin muodostaminen perustuu esiteltyyn oletukseen siitä, että automaatio ja keinoäly voivat tulevaisuudessa korvata osan ihmisen toiminnoista. Tutkimuksen empiirisen osuuden tarkoituksena on selvittää, missä osaamissysteemin elementeissä tämä trendi näkyy tulevaisuudessa korostuneimmin. Delfoi-kysely perustuu osaamissysteemin määritelmään sekä neliosaiseen työhypoteesiin. Työhypoteesi toimii tutkimuksen empiirisen vaiheen käsitteellisenä kehyksenä ohjaten kyselyiden aineiston keruuta. Tutkimuksen tulokset eivät ole riippuvaisia työhypoteesin onnistumisesta tai epäonnistumisesta.

1. Suoritteiden tai ongelmien luonne ja ominaisuudet (kuva 15) vaikuttavat niiden korvattavuuteen automaatiolla tai keinoälyllä.
2. Purkamalla tehtäväkenttä osiin (kuva 14), voidaan selvittää mihin toimintoihin automaatio ja keinoäly tulevaisuudessa korostuneimmin vaikuttavat.
3. Kompetensseista muodostuviin "ketjuihin" kohdistuvat painotusmuutokset informaatio- ja toimintatasojen välillä muuttavat kompetenssin käytön vaatimia kognitiivisia ominaisuuksia.
4. Kompetensseihin kohdistuvat kognitiivisen tason muutokset vaikuttavat eniten valinta- ja koulutusjärjestelmän kehittämistarpeeseen.

⁸⁰ Ks. Stensson (2014, 148–152) ja Konar & Jain (2005, 17–19) luvussa 5.4.

7. DELFOIN TULOKSET

Tässä luvussa esitellään delfoi-kyselyn tulokset. Tutkimuksen asiantuntijapaneelin muodosti 13 henkilöä. Näistä kuusi toimivat virkatehtävissään HX-hankkeen parissa ilmavoimien esikunnassa joko suunnittelu- tai operatiivisella osastolla. Yksi henkilö kuului Maanpuolustuskorkeakoulun opettajistoon. Edellä mainitut henkilöt muodostivat ensimmäisen kierroksen kohderyhmän yksi. Lisäksi paneeliin valittiin kuusi hävittäjätaustaista henkilöä, joilla oli lentueenpäällikkötason kokemus tai tehtävähistoria hävittäjälentolaivueessa. Jälkimmäisenä mainitut henkilöt muodostivat kohderyhmän kaksi.

7.1. Delfoin pilottikierrokset

Ennen varsinaista kyselyä suoritettiin kyselylle kaksi pilottikierrosta. Ensimmäinen pilottikierros suoritettiin 25.10.–26.10.2016 paperisena kahdelle henkilölle. Tämän kierroksen seurauksena kyselylomaketta kehitettiin ymmärrettävämmäksi, käsitteet määriteltiin tarvittavilta osin selkeämmin sekä kysymyksiä korjattiin yksiselitteisemmiksi. Toisen pilottikierroksen kohdehenkilöinä olivat kaikki YEK58 ilmasotalinjan hävittäjätaustaiset ohjaajat, jotka toimivat samalla kohderyhmänä kaksi. Toinen pilottikysely toteutettiin sähköisenä webropol-kyselynä, jossa vastaajia pyydettiin varsinaisten vastausten lisäksi antamaan kommentteja myös itse kyselystä. Kyselyn vastaajien osallistumisprosentti oli 100. Toisen koekierroksen seurauksena saatiin tutkimusaineistoa sekä parannusehdotuksia kyselyn kehittämiseksi ensimmäistä kyselykierrosta varten. Toisen pilottikierroksen lomake vastauksineen on liitteenä 3. Toisessa pilottikierroksessa kerätty aineisto saatiin hyödynnettyä täysimääräisesti ensimmäisen delfoi-kierroksen aineistoksi, koska kysymyksiin ei tarvinnut tehdä yhtä kysymystä lukuun ottamatta merkittäviä muutoksia. Suurin muutos tehtiin väitteeseen 7, jonka osalta pilottikierroksella nähtiin tarve yksiselitteisyyden lisäämiselle. Yksiselitteisyyttä lisättiin vähentämällä väitteestä muuttujia, jonka seurauksena tapahtunut väitteen sisällön muuttuminen voidaan havaita myös saaduissa tuloksissa.

7.2. Delfoin ensimmäinen kierros - kognitiivinen taso

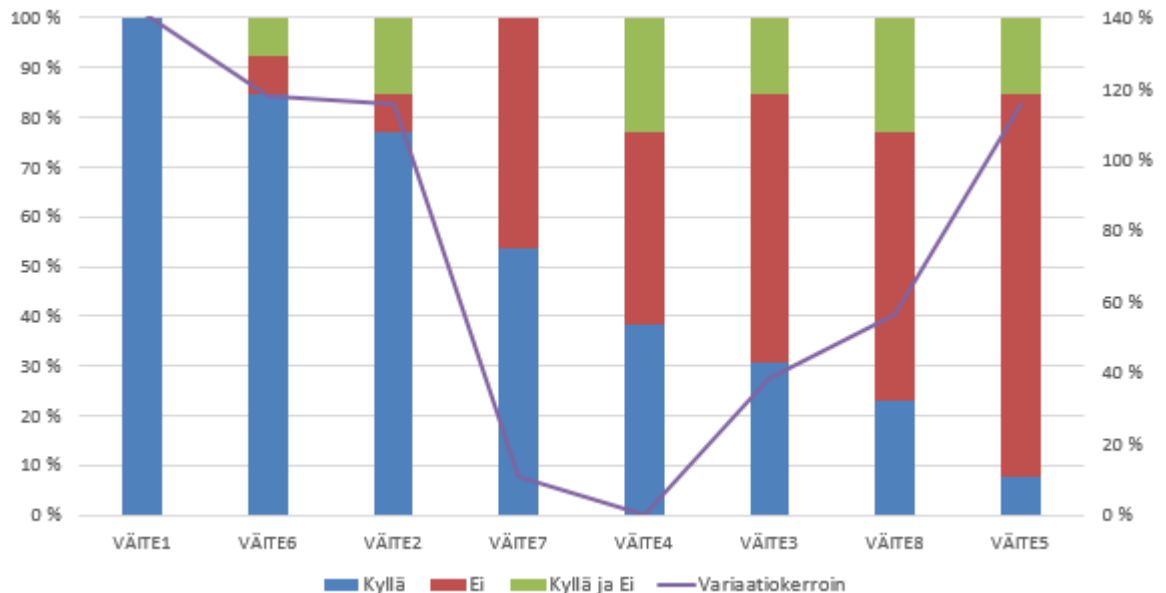
Delfoin ensimmäisen kierroksen kysely lähetettiin seitsemälle henkilölle. Kyselyn vastaajien osallistumisprosentti oli 100. Näin ollen ensimmäisen kierroksen asiantuntijapaneelin kokonaisotannaksi saatiin kolmetoista henkilöä osallistumisprosentilla 100. Ensimmäisellä kyselykierroksella saatu aineisto on liitteessä 4. Yhdistettynä tästä aineistosta käytetään nimeä ensimmäinen kyselykierros. Ensimmäinen kyselykierros muodostui kahdeksasta pääväitteestä, joista neljä käsittelivät informaationhallintaa ja neljä päätöksentekoa.

Pääväitteiden lisäksi kyselyn runkoon kuului yhdestä kolmeen väitekohtaista apukysymystä, joita hyödynnetään molempien kyselykierrosten johtopäätösten tekemisessä. Sekä väitteet, että apukysymykset olivat avoimia kysymyksiä. Kerätystä aineistosta muodostetaan informaationhallintaa ja päätöksentekoa koskevat johtopäätökset, jotka toimivat samalla visiona niiden tulevaisuuden näkymistä. Uuden hävittäjän aikakautta leimaaviksi muutostekijöiksi kyselyyn määriteltiin automaation ja keinoälyn kehittyminen. Lisäksi kyselykierroksella toteutettiin kontrollisarja kognitiivisen tason elementteihin liittyviä "kyllä/ei" väittämiä. Kontrolliväitteiden tehtävänä oli toimia tilastollisena aineistona sekä tukea pääväitteiden tulosten luotettavuuden arviointia tuloksia esiteltäessä.

7.2.1. Tulosten yhteenveto

Koska tutkimuksen tarkoituksena ei ollut verrata eri hävittäjämalleja keskenään, määriteltiin kyselyssä käytetty termi "uuden hävittäjän aikakausi" tarkoituksellisesti abstraktiksi ja laveaksi. Tehdyn valinnan heikkoudeksi voidaan todeta se, että Hornetin eri seuraajavaihtoehdot ovat automaation ja keinoälyn osalta hyvin eritasoisia, jolloin asiantuntijapanelistien tulevaisuusnäkymiä on luultavimmin vahvasti ohjannut teknologisesti kehittyneimmän hävittäjävaihtoehdon ominaisuudet. Tämä ei ole ainoastaan huono asia, sillä teknologisen harppauksen kokoluokka vaikuttaa valinta- ja koulutusjärjestelmän muutostarpeen mittasuhteisiin. Näin ollen vastaajien teknologinen orientaatio lisää mielenkiinnon kohteena olevien ilmiöiden havaittavuutta ja erottamista. Uusi hävittäjä nähdään tutkimuksessa teknologisen kehityksen ilmentymäksi kohti keinoälyä, jonka vuoksi tarkastelutaso nostetaan yksittäisten hävittäjävaihtoehtojen yläpuolelle.

Tulosten esittely aloitetaan väitteestä, johon panelistit suhtautuivat myönteisimmin. Vaikka kyseessä on laadullinen tutkimus, niin esittely aloitetaan havainnoimalla korrelaatiokertoimella kohderyhmien välistä yhdenmielisyyttä. Variaatiokertoimella kuvataan suuntaa antavasti vastauksissa ilmenevää konsensuksen tasoa. Suuri variaatiokerroin merkitsee kyselyn raamisessa suurta väitekohtaista eroa "kyllä" ja "ei" vaihtoehtojen määrässä, joka on seurausta vastaajien keskinäisestä yhdenmielisyydestä väitteen suhteen. Väitteiden tulokset esitellään argumentteineen mielipidejärjestyksessä 1) "kyllä" 2) "ei" 3) "kyllä/ei". Kysely ei alkuperäisessä muodossaan sisältänyt kolmatta vastausvaihtoehtoa, mutta "kyllä/ei" ilmeni vastauksissa niin johdonmukaisesti, että se nostettiin raportissa yhdeksi vaihtoehdoksi kahden muun rinnalle.



Kuva 16: Panelistien yhdenmielisyyys pääväitteiden (liite 5) kanssa. Variaatiokertoimella kuvataan vastaajien välistä yhdenmielisyyden astetta.

VÄITE 1: Automaatio helpottaa tulevaisuudessa ohjaajan informaationhallintaa. Ensimmäisen väitteen osalta asiantuntijapaneeli oli yksimielinen ("kyllä" 13/13 = 100 %) siitä, että automaatio helpottaa tulevaisuudessa ohjaajan informaationhallintaa. Tämä tulos tuotti variaatiokerroimen 141 %. Kohderyhmien välinen korrelaatiokerroin oli 1, eli kohderyhmien mielipiteet vastasivat toisiaan. Keskeisiksi tekijöiksi tähän liittyen nostettiin automaation kyky parempaan sensorifuusioon, tietojen yhdistelyyn ja esiprosessointiin sekä laadukkaampaan tiedonesitykseen. Näillä keinoilla ohjaajan kapasiteetista jää enemmän kohdennettavaksi esimerkiksi taktiseen päätöksentekoon. Toisaalta hävittäjäalentämiseen liittyvien ilmiöiden nähtiin monimutkaistuvan siinä määrin, että ohjaajan työkuorma on automaation avulla kyetty pitämään suhteellisesti samalla tasolla. Vasta automaation seuraavan kehitysvaiheen katsottiin aidosti vapauttavan kapasiteettia päätöksentekoon.

VÄITE 6: Tulevaisuudessa hävittäjätoimintaan liittyvät päätökset jaetaan joko koneen järjestelmien (tekoälyn) tai ohjaajan tekemiin päätöksiin, joista koneen tekemät päätökset ovat osin ohjaajan hyväksymiä. Kuudennen väitteen osalta asiantuntijapaneelin näkemykset olivat yhdensuuntaisia. Tulosten variaatiokerroin oli 118 %. Ryhmien välillä vallitseva korrelaatiokerroin oli 1. Selkeä enemmistö ("kyllä" 11/13 = n. 85 %) tuki väitettä. Argumenteiksi nostettiin esiin se, että jo nykyiselläänkin osa päätöksistä tapahtuu järjestelmien toimesta automaattisesti lentäjän niin halutessa. Keinoälyn roolin nähdään korostuvan eritoten suojautumisen ja elektronisen vaikuttamisen osalta. Molempien päätöksentekotapojen nähdään tulevaisuudessa olevan keskeisessä roolissa osana ilmasodankäynnin päätöksentekoa. Yksi vastaaja ("ei" 1/13 = n. 8 %) oli väitettä vastaan perustellen sen sillä, että ohjaajan ollessa hyväksyjä, on hän

myös päättäjä. Tässä yhteydessä hyväksymisellä viitattiin todennäköisesti tekoälyn esittämien vaihtoehtojen hyväksymiseen. Yhden vastaajan ("kyllä/ei" 1/13 = n. 8 %) mielestä kineettisen vaikuttamisen ketjuun liittyvät päätökset tulee pysymään vielä pitkään ohjaajan vastuulla, mutta suojautumisen ja elektronisen vaikuttamisen osalta ne tulevat automatisoitumaan täysin.

VÄITE 2: Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät päättävät pääasiallisesti mikä informaatio on tärkeää. Toisen väitteen osalta asiantuntijapaneelin näkemykset olivat yhdensuuntaisia ("kyllä" 10/13 = n. 77 %) siitä, että tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät päättävät pääasiallisesti informaation priorisoinnista. Vastausten variaatiokerroin oli 118 % ja kohderyhmien välinen korrelaatio oli 0,99. Sensori- ja esitysjärjestelmien nähtiin jo nykyisellään suodattavan informaatiota algoritmeihin perustuen. Tulevaisuudessa myös sensorien valintaan sisältyy optimoivaa automatiikkaa. Informaation muodostamiseen liittyvän logiikan ymmärtämistä ei nähdä enää tulevaisuudessa tarpeelliseksi. Erilaisten algoritmien, laskentaohjelmien ja vaihtoehtosimulointien katsotaan kehittyvän siinä määrin, että tulevaisuudessa hävittäjien kehityksessä panostetaan nimenomaan koneen ja ihmisen välisen rajapinnan kehittämiseen ja helpottamiseen sekä OODA-silmukan nopeuttamiseen. Poikkeavien näkemysten ("ei" 1/13 = n. 8 %; "kyllä/ei" 2/13 = n. 15 %) mukaan koneen järjestelmät tuottavat tietoa, mutta ohjaaja päättää omilla valinnoillaan, miten ja missä formaatissa sitä näytetään tai vaihtoehtoisesti ohjaaja voi halutessaan vähintäänkin perehtyä suodatettuihin tietoihin.

VÄITE 7 (Kohderyhmä 1): Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät suorittavat arviointia tilanteisiin ja toimintaan liittyvistä riskeistä. VÄITE 7 (Kohderyhmä 2): Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät tekevät päätökset toimintaan liittyvistä hyväksyttävistä riskeistä (uhka/tehtävä/tilanne jne) ja jatkotoimien optimoinnista/määrittämisestä. Seitsemännen väitteen osalta asiantuntijapaneelin näkemykset jakautuivat ymmärrettävästi kahtia. Tulosten variaatiokerroin oli 11 %. Ryhmien välillä vallitsi täysi erimielisyys korrelaatiokertoimen ollessa -0,5. Väite sai täyden ("kyllä" 7/7 = 100 %) tuen kohderyhmältä 1 ja kohderyhmä 2 oli täysin väitettä vastaan ("ei" 6/6 = 100 %). Tämä ilmiö selittyy sillä, että kohderyhmille esitetyt väitteet poikkesivat toisistaan pilottikierroksen perusteella väitteeseen tehtyjen muutosten vuoksi. Kohderyhmälle kaksi esitetty väite on asenteeltaan ja ilmaisultaan selkeästi kohderyhmälle yksi esitelty väitettä jyrkempi, joka selittää kielteisemmän suhtautumisen väitteeseen. Keskeinen ero väitteiden väliltä löytyi vastaajien argumenttien perusteella siitä, että toiseen oli jätetty maininta lentokoneen järjestelmästä päätöksentekijänä ja toiseen ei. Väitettä koskevan kontrolliväitteen 15 tulokset eroavat kohderyhmien välillä selkeästi vähemmän, vaikka itse kontrollikysymys on molemmille ryhmille ollut sama. Koska tarkastelun tavoitteena ei ole ryhmien tai tulosten keskinäinen vertailu, vaan kerätyn aineiston laadullinen havainnointi, tuodaan molempien ryhmien vastaukset raportissa esiin. Väitettä tuke-

vat ("kyllä" 7/13 = n. 54 %) kohderyhmän yksi argumentti perustui näkemykseen siitä, että ohjelmoimalla tietokoneita ja tuottamalla parempia algoritmeja verkottunut multisensoriympäristö kykenee tuottamaan niin monimuotoisen tilannekuvan, että esimerkiksi voimatasapainon arviointi voidaan toteuttaa automaattisesti. Tietokoneiden laskentatehon kasvun myötä operaatioanalyysityökalujen nähtiin kykenevän tulevaisuudessa dynaamisempaan ja reaaliaikaisempaan taistelun tukemiseen. Myös taisteluteknisen tason automaation, kuten ohjusväistön ja muiden etäisyys- ja uhkasidonnaisten toimintojen suositusten tai kehittyneempien esitystapojen uskotaan lisääntyvän osana lentokoneen järjestelmien suorittamaa riskienhallintaa. Väitettä vastustavan ("ei" 6/13 = n. 46 %) kohderyhmän kaksi argumentti perustui pääasiallisesti myös aikaisemmin tehtyyn havaintoon siitä, että lentokoneen järjestelmät eivät tee päätöksiä, vaan pikemminkin esityksiä, ehdotuksia ja tilannetietoisuutta lentäjän päätöksenteon tueksi.

VÄITE 4: Tulevaisuudessa automaatio ja koneen järjestelmät vastaavat pääosin toiminnan yhteensovittamiseen tarvittavasta kommunikoinnista. Neljäs väite jakoi asiantuntijapaneelin mielipiteet myös kohderyhmien sisällä. Vastausten variaatiokerroin oli 0 %. Ryhmien välinen korrelaatiokerroin oli 1. Kohderyhmän 1 vastaukset jakautuivat tasan joko "kyllä" tai "ei" mielipiteiksi, joka muodosti ryhmän sisälle suuren hajonnan. Kohderyhmän 2 vastaukset jakautuivat tasaisesti kaikkiin luokkiin, joka muodosti ryhmän sisälle tilastollista hajontaa pienemmän mielipidehajonnan. Koko otannasta reilu kolmasosa ("kyllä" 5/13 = n. 38 %) oli sitä mieltä, että tulevaisuudessa koneen järjestelmät vastaavat pääosin toiminnan yhteensovittamiseen tarvittavasta kommunikoinnista. Väitettä tukevin argumentteina näyttäytyivät tulevaisuuden kommunikaatiotarpeen kasvun asettamat vaatimukset automaation määrän lisäämiselle sekä näkemys siitä, että tulevaisuuden teknologia sen myös mahdollistaa. Tilannekuvan muodostamisen osalta järjestelmät voivat näkemysten mukaan tulevaisuudessa kommunikoida suoraan keskenään ja muodostaa näin täydellisen reaaliaikaisen tilannekuvan tulenkäytön ja maalittamisen tarpeisiin. Puhekommunikaatio tulee valtaosan näkemyksistä mukaan vähenemään, mutta toiminnan yhteensovittamisen osalta automaation ei nähty varsinaisesti muuttavan lentäjän roolia. Vastauksissa oli havaittavissa eroja siinä, miten yhteensovittaminen ymmärretään. Osa ymmärsi sen lentoratoihin tai muuten lentämiseen liittyväksi yhteensovittamiseksi, kun taas osa käsitti sen enemmänkin sensorien ja asejärjestelmien käytön yhteensovittamiseksi. Reilu kolmannes ("ei" 5/13 = n. 38 %) vastaajista oli väitettä vastaan. Vastustavina argumentteina käytettiin sitä, että koneiden välistä kommunikaatiota tapahtuu datalinkkien välillä jo nykyään ja puhekommunikaatiolla kyetään automaatiota parempaan toiminnan yhteensovittamiseen. Myös luovien ratkaisujen viestittämisessä ihminen koettiin jatkossakin välttämättömäksi, vaikka perustietojen ja tilannekuvan välittäminen jatkossa muuttuisikin

automaatioksi. Pääasiallinen vasta-argumentti oli, että jatkossakin toimintojen yhteensovittamisesta, tilanteenmukaisista tulkinnoista ja päätöksentekoon liittyvästä kommunikoinnista vastaa lentäjä. Väitteen moniulotteisuuden osoittaa kohtuullisen suuri vaihtoehtojen väliin ("kyllä/ei" 3/13 = n. 23 %) sijoittuneiden näkemysten määrä. Nämä vastaukset toistivat näkemystä siitä, että kommunikaatio ja tiedon välittäminen tulee automatisoitumaan, mutta toiminnan yhteensovittaminen ei.

VÄITE 3: Automaatio ja informaation laitepohjainen esikäsittely (kuten sensorifuusio ja edistyneet näyttölaitteet) muuttaa tulevaisuudessa ohjaajan informaationkäsittelyä siinä määrin, että hajautetun (simultaanisen) tarkkaavaisuuden merkitys vähenee tulevaisuudessa merkittävästi. Kolmannen väitteen osalta asiantuntijapaneelin keskuudessa vallitsi erimielisyyttä. Vastausten variaatiokerroin oli 39 %. Kohderyhmien sisäistä erimielisyyttä ei juurikaan ollut, mutta kohderyhmien välillä vallitsi lähestulkoon päinvastaiset näkemykset korrelaation ollessa -0,4. Kohderyhmä 1 oli 71 prosenttisesti väitteen kanssa eri mieltä, kun kohderyhmä 2 oli 67 prosenttisesti väitteen kanssa samaa mieltä. Koko otannasta noin kolmasosa ("kyllä" 4/13 = n. 31 %) oli sitä mieltä, että automaatio ja informaation laitepohjainen esikäsittely tulee muuttamaan tulevaisuudessa lentäjän informaationkäsittelyä siinä määrin, että hajautetun tarkkaavaisuuden merkitys vähenee tulevaisuudessa huomattavasti. Näkemystä perusteltiin sillä, että tulevaisuudessa informaatio on fuusioidumpaa ja valmiimmin prosessoitua sekä sen saaminen tapahtuu yhdeltä näytöltä tai tiivistetyimmistä esityksestä useiden eri tietolähteiden sijaan. Lisäksi kypärätähtäimen ja äänikomentojen kehittyminen nähtiin yhdeksi ristiintarkkailun tarvetta vähentäväksi elementiksi. Hieman yli puolet ("ei" 7/13 = n. 54 %) olivat eri mieltä väitteen kanssa. Argumentteina käytettiin sitä, että myös tulevaisuudessa ohjaajan tulee ajatella monia asioita, vaikka osa näistä ajattelutasoista voidaan korvata automaatiolla. Ilmaoperaatioiden monimutkaisuuden ei nähdä vähenevän tulevaisuudessa, jolloin kyky taistelutilassa tapahtuvien ilmiöiden syntyperän ymmärtämiseen sekä niiden sitomiseen osaksi kokonaisuutta nähtiin keskeiseksi myös tulevaisuudessa. Näiden kahden tekijän yhdistämisen nähtiin toimivan edellytyksenä merkityksellisten asioiden poimimiselle ja käsittelylle abstraktilla tasolla. Vaikka hajautettu tarkkaavaisuus nähtiin tulevaisuudessakin keskeiseksi, niin tarpeen perinteisessä mielessä tapahtuvalle korostamiselle nähtiin poistuvan. Hajautetusta tarkkaavaisuudesta mahdollisesti vapautuvan kapasiteetin nähtiin kuitenkin siirtyvän johonkin muuhun toimintoon, joista selkeästi useimmin esiin nostettiin ulos katsominen eli tähyttäminen. Loput paneelistista ("kyllä/ei" 2/13 = n. 15 %) oli sitä mieltä, että laitteet helpottavat, mutta myös tulevaisuudessa paremmalla tarkkaavaisuuden hajauttamiskyvyllä pääsee parempiin lopputuloksiin.

VÄITE 8: Automaatio tulee korvaamaan hävittäjäohjaajan suurimmalta osin nopeita ja monimutkaisia (intuitiivisia) päätöksiä vaativien tilanteiden osalta, jolloin ohjaajan vastuulle jää lähinnä harkintaa vaativat hitaammat päätökset. Kahdeksannen väitteen osalta asiantuntijapaneelin näkemykset olivat jokseenkin yhdensuuntaisia. Tulosten variaatiokerroin oli 57 %. Kohderyhmien välillä vallitsi jokseenkin yhdenmukainen näkemys korrelaatiokertoimen ollessa 0,65. Noin neljännes vastaajista ("kyllä" 3/13 = n. 23 %) oli väitteen kanssa samaa mieltä. Keskeisin väitettä puoltava argumentti oli, että automaation avulla kapasiteettia ei tarvitse käyttää niin runsaasti taistelutekniseen ajatteluun, jolloin lentäjä voi keskittyä enemmän jatkonsuunnitteluun, joka vapauttaa enemmän aikakapasiteettia taktisiin ja tärkeisiin päätöksiin. Itsestään selvät ja nopeat päätökset jäisivät siis tietokoneiden hoidettavaksi. Yli puolet vastaajista ("ei" 7/13 = n. 54 %) oli väitettä vastaan. Argumentteina käytettiin sitä, että juurikin ihmisen intuitio ja nopea päätöksenteko on yksi niistä tekijöistä, jotka ovat keinoälyllä vaikeimmin korvattavissa. Pääasiallisesti nähtiin myös, että automaation tuki päätöksenteolle mahdollistaa erilaisten optimointikeinojen avulla nopeamman ja kattavamman päätöksenteon, muttei muuta ihmisen roolia kokemuspohjaisten intuitiivisten päätösten osalta. Eräs havainto oli myös, että päätöksen aikakriittisyys ei ole kiinni päätöksentekotasosta, mutta nopeat sekä harkintaa vaativat päätökset tulisi erotella paremmin toisistaan. Noin neljännes ("kyllä/ei" 3/13 = n. 23 %) näki, että joidenkin tekijöiden, kuten omasuoja- ja elektronisen sodankäynnin järjestelmien osalta väite voi pitää paikkansa. Automaation avun ei nähdä olevan riippuvainen päätöksenteon aikajänteestä, vaan pikemminkin päätöksen vaikuttavuudesta. Yksittäinenkin nopea tulenkäyttötilanne vaatii lentäjältä vaikeasti korvattavissa olevan päätöksen. Perusperiaatteiltaan yksinkertaiset nopeat päätökset nähdään helpommin automatisoitaviksi kuin suurempaan kokonaisuuteen vaikuttavat abstraktia harkintaa ja ajattelua vaativat päätökset.

VÄITE 5: Tulevaisuudessa kohteen valinnan jälkeen lentokoneen järjestelmät tekevät päätökset siitä, miten kohteeseen vaikutetaan. Viidennen väitteen osalta asiantuntijapaneelin näkemykset olivat keskenään yhdensuuntaisia. Tulosten variaatiokerroin oli 116 %. Ryhmien välillä vallitsi yhdenmielisyyttä korrelaatiokertoimen ollessa 0,98. Väittämään yhtyi yksi henkilö ("kyllä" 1/13 = n. 8 %), jonka mielestä teknologia mahdollistaa tämän jo nykyisellään ja viitteitä ilmiöstä on havaittavissa jo nyt, mutta länsimainen eettinen ja moraalinen käsitys estävät sen käytännön toteuttamisen. Väitettä vastusti enemmistö vastaajista ("ei" 10/13 = n. 77 %). Väitteen vastaiset argumentit perustuivat pääasiallisesti siihen, että keinoälyn ja lentokoneen järjestelmien rooli nähtiin enemmänkin priorisoitujen vaihtoehtojen tuottajana, ihmisen säilyessä kuitenkin varsinaisena päätöksentekijänä. Ihminen nähtiin välttämättömäksi osaksi päätöksentekoketjua, jossa päätetään seurausten vakavuudesta. Pieni osa vastaajista ("kyllä/ei" 2/13 = n. 15 %) näki väitteen mahdolliseksi, mutta ei vielä seuraavan hävittäjä sukupolven

aikana. Myös väitteeseen liittyvät riippuvuudet tarkasteltavaan asejärjestelmään tai vaikutustapaan tuotiin ilmi kineettisen ja elektronisen vaikuttamisen välisenä erona.

7.2.2. Kontrolliväitteiden tulosten yhteenveto

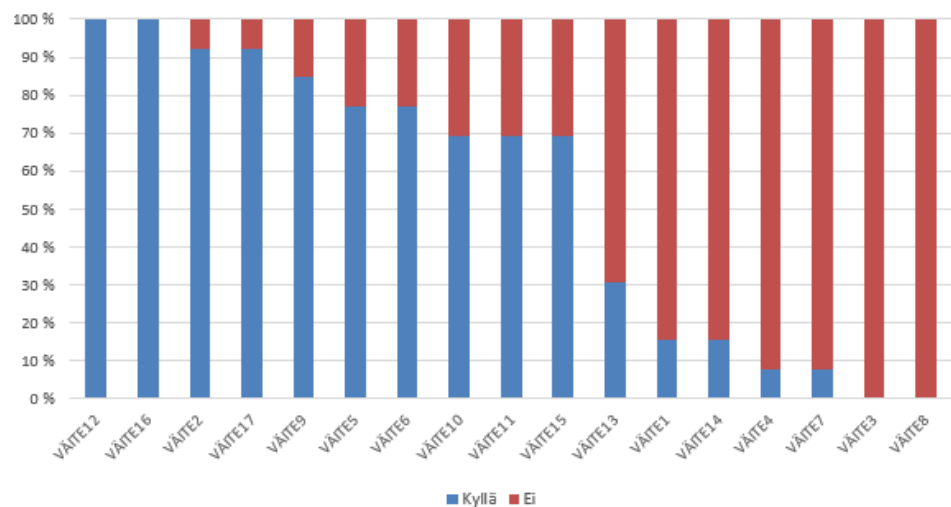
Koska ensimmäisen kyselykierroksen kysymyksenasettelulla saatavat vastaukset jättävät laadullisesta luonteestaan johtuen tulkinnanvaraa, on kontrolliväitteiden tarkoituksena tukea näkemysten siirrettävyyttä määrälliseen muotoon. Tulosten esittely aloitetaan suurimman saturaatioasteen saaneesta väitteestä. Yksityiskohtaisemmat tulokset ja tiedot ovat liitteenä 4.

100 % vastaajista oli sitä mieltä, että tarve eri laitteiden mekaaniselle kontrolloinnille vähenee tulevaisuudessa automaation myötä. 100 % vastaajista oli sitä mieltä, että automaatio vähentää peruslentämisen ohjaajalle muodostamaa työkuormaa. 92 % vastaajista oli sitä mieltä, että lentokoneen järjestelmien kyky häiriö- tai vikatilanteiden itsenäiseen korjaamiseen paranee tulevaisuudessa merkittävästi. 92 % vastaajista oli sitä mieltä, että teknologinen kehitys kykenee uuden hävittäjän aikakaudella muuttamaan ohjaajan roolia hävittäjätoiminnassa. 85 % vastaajista oli sitä mieltä, että tulevaisuudessa hävittäjäohjaajan tekemät päätökset perustuvat enenevässä määrin hävittäjän järjestelmien tekemiin esityksiin, joiden pohjalta ohjaajan rooli on suorittaa lähinnä harkintaa päätösten toimeenpanemiseksi. 77 % vastaajista oli sitä mieltä, että informaationhallinta kuormittaa tulevaisuudessa ohjaajaa nykyistä vähemmän. 77 % vastaajista oli sitä mieltä, että ohjaajalta tullaan vaatimaan tulevaisuudessa informaationhallinnan osalta enemmän lähdekriittisyyttä, koska saadun tiedon lähde ei ole välttämättä tiedossa. 69 % vastaajista oli sitä mieltä, että tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät kykenevät riskinhallintaan osana automaatiota. 69 % vastaajista oli sitä mieltä, että tulevaisuudessa hävittäjä esittää informaation ohjaajalle niin selkeästi, että olennaisen informaation löytäminen ei vaadi tarkkaavaisuuden hajauttamista useisiin kohteisiin.

31 % vastaajista oli sitä mieltä, että hävittäjäalentäjä joutuu tekemään tulevaisuudessa yhä enemmän päätöksiä. 15 % vastaajista oli sitä mieltä, että ohjaaja rooli päätöksentekijänä pienenee tulevaisuudessa. 15 % vastaajista oli sitä mieltä, että tulevaisuudessa hävittäjäalentäjä joutuu yhä enemmän kiinnittämään huomiota muihin alueella oleviin omiin koneisiin. 8 % vastaajista oli sitä mieltä, että ohjaajan ei tarvitse tulevaisuudessa päättää millä tai miten kohteeseen vaikutetaan, koska automatiikka suorittaa asiaan liittyvät päätökset. 8 % vastaajista oli sitä mieltä, että laitepohjainen informaation esikäsittely vääristää tai heikentää ohjaajan tilan tietoisuutta. 0 % vastaajista oli sitä mieltä, että ohjaajan ei tarvitse tulevaisuudessa juuri miettiä ympäröiviä uhkia, koska keinoäly ja uudet teknologiat suorittavat tarvittavat toimenpiteet uhkalta välttymiseksi. 0 % vastaajista oli sitä mieltä, että hävittäjäosaston sisäistä tai yh-

teistä tilannetietoisuutta ei juuri enää tulevaisuudessa tarvittaisi, koska keinoäly ja automaatio optimoisivat osaston sisäisen toiminnan yhteensovittamisen.

Vastaajaryhmien mielipiteet olivat pääosin linjassa keskenään. Selkeimmät erot ryhmien välillä oli havaittavissa kahden väitteen osalta. Kohderyhmästä yksi 57 % oli väitteen kanssa samaa mieltä siitä, että hävittäjäohjaaja joutuu tulevaisuudessa tekemään yhä enemmän päätöksiä. Kohderyhmästä kaksi kukaan ei ollut väittämästä samaa mieltä. Kohderyhmästä yksi 86 % oli sitä mieltä, että lentokoneen järjestelmät kykenevät tulevaisuudessa riskinhallintaan osana automaatiota. Kohderyhmässä kaksi vain 50 % oli samaa mieltä.



Kuva 17: Kontrolliväitteiden saturaatioaste, eli panelistien yhdenmielisyys kontrolliväitteiden kanssa (liite 4).

7.2.3. Analyysi kognitiivisen tason muutoksista

Automaatio muuttaa hävittäjälentäjän roolia tulevaisuudessa sekä tukee hävittäjälentäjän informaatiohallintaa. Tämä ei takaa suoraan informaatioympäristön aiheuttaman kuormituksen vähentymistä kokonaisuutena. Käyttöperiaatteiden sekä toimintaympäristön muutos ja mahdollinen monimutkaistuminen voi automaatiosta riippumatta kasvattaa hävittäjäohjaajan todellista kuormitusta informaationhallinnan osalta. Tulosten valossa voidaan todeta, että informaationhallinnasta automaation, sensorifuusion, tietojen yhdistämisen ja esiprosessoinnin sekä esitystavan avulla **vapautuva kapasiteetti** on hyödynnettävissä taktiseen päätöksentekoon. Myös puheohjauksen kehittyminen ja virtuaaliset miehistönjäsenet rajoitetuilla kognitiivisilla ominaisuuksilla ovat tulevaisuudessa yksi tapa keventää lentäjän informaationhallintaa. Lentokoneen järjestelmät kykenevät yhä paremmin analysoimaan ja jalostamaan informaatiota sekä arvioimaan tiedon eheyttä, joka voidaan nähdä jonkinasteisena teknologisenä vasteena ihmisen metakompetenssille (ks. Winterton ym. 2006, 33–34).

Osaamissysteemiin sidottuna tämä tarkoittaa sitä, että osa työskentely-ympäristön tuottamista syötteistä muuttuu suoraan automaation avulla vasteeksi ja osassa muutos tapahtuu edelleen ihmisen kognitiivisten toimintojen kautta. Tämä ilmiö kuvastaa teknologisen kehityksen yleistä luonteenpiirrettä, eli **tehokkuuden parantamista teknologian keinoin**. Automaation ja keinoälyn lisääminen tehostaa koko systeemin kykyä muuttaa syötteitä vasteiksi, joka kuvaa järjestelmän kokonaistehokkuuden paranemista. Järjestelmällä tässä yhteydessä tarkoitetaan hävittäjää ja sen lentäjää, joiden yhteistyön kehittämiseksi lentäjän tulee osata hyödyntää käytössä olevia välineitä. Toimintaympäristölle tyypilliset henkinen ja fyysinen stressi tulevat näkymään jatkossakin, mutta informaation kokoamiseen tarvittavien mekaanisten taitojen merkitys tulee vähenemään. Toisaalta, kuten Frohm (2008) toteaa, voi keinoälyn liiallinen kehittyminen johtaa myös haasteisiin tilanneymmärryksen muodostamisessa⁸¹.

Hävittäjätoiminnassa tapahtuvat päätökset tulevat yhä enenevässä määrin jakautumaan sekä ihmisen, että lentokoneen järjestelmien tekemiin päätöksiin. Molemmat päätöksentekomekanismit ovat tulevaisuudessa tärkeitä, joten tarve niiden välisen eron korostamiselle lisääntyy tulevaisuudessa. Tämä kuvastaa lentäjän tarvetta tietää miten lentokoneen järjestelmät mihinkin tilanteeseen reagoivat. Nykyistä teknistä ohjekirjallisuutta leimaa tapa kuvata asioita sääntökeskeisesti, eli mitä mistäkin käyttölaitteesta tapahtuu tai mitä lentäjän tulee tehdä halutun vaikutuksen saamiseksi. Ohjekirjallisuus sisältää erityisesti sensorien osalta jo nykyisellään sääntöpohjaisia **toimintalogiikkojen** kuvauksia, joiden merkityksen voidaan nähdä lisääntyvän tulevaisuudessa niiltä osin, kuin ne ovat yhteydessä ihmisen suorittamiin aktiviteetteihin. Havainto tukee teoriaosuuden⁸² tehtyjä havaintoja ihmisen ja koneen välisen yhteistyön periaatteista sekä haasteista (Revonsuo 2001, 51–52; Saariluoma 2001, 37–38; Konar & Jain 2005, 6–34; Frohm 2008).

Automaatio ja tekoäly nähdään ensisijaisesti päätöstä tekevän ihmisen **apuvälineenä**, mutta yksinkertaisimpien ja "tylsimpien" päätösten nähdään automatisoituvan tulevaisuudessa. Tulos on linjassa Mäkisen (2009, 103) sotilaspsykologiasta tekemän määritelmän kanssa. Lentäjän tekemien päätösten määrä tulee vähenemään, mutta tehtyjen päätösten merkitys ja keskimääräinen haastavuus tulee lisääntymään. Tämä asettaa lentäjille lisää teoreettisia pohjatietovaatimuksia, mutta myös kyky **abstraktiin ajatteluun** ja ongelmanratkaisuun korostuu. Jos automaatio tai tekoäly osallistuu päätöksentekoon tulevaisuudessa, korostuu ohjekirjallisuuden sekä algoritmien ja toimintalogiikkojen ymmärtäminen entisestään. Loogiseksi kehityskulksi päätöksenteon automatisoitumisen osalta on nähtävissä, että kehitys etenee nopeimmin niissä järjestelmissä, joissa automatiikkaa käytetään jo nykyisellään (Davis 2014). Tällaisiksi

⁸¹ Ks. Luku 4.3.2 Kognitiotiede, automaatio ja tekoäly.

⁸² Ks. Luku 4.3.2 Kognitiotiede, automaatio ja tekoäly.

järjestelmiksi nousevat esiin koneen omasuoja- sekä elektronisen sodankäynnin järjestelmät, mutta myös sensorien kontrollointiin liittyvä automatiikka.

Lentokoneen järjestelmien osallistuminen **informaation priorisointiin** tulee lisääntymään. Jo nykyisellään kerätyn tiedon määrä on niin mittava, että järjestelmät suodattavat ja yhdistävät informaatiota ohjelmoituihin algoritmeihin perustuen. Tulevaisuudessa kerätyn informaation määrä voi kasvaa räjähdysmäisesti, jolloin lentäjälle näytettävän tiedon rajoittaminen on välttämätöntä. **Sensorifuusion** lisäksi tulevaisuudessa järjestelmiin sisältyy enemmän myös sensorien valintaan liittyvää optimoivaa automatiikkaa, jolloin lentäjän ei ole välttämätöntä tietää miltä sensorilta informaatio tulee tai edes merkittävästi kontrolloida sensorien toimintaa. Tulevaisuudessa OODA-silmukkaa nopeutetaan kehittämällä ihmisen ja koneen välistä rajapintaa paremmilla käyttöliittymillä ja esitystavoilla sekä dynaamisilla ja lähes reaaliaikaisilla simulaatioilla. Lentäjällä säilyy siitä huolimatta kyky asettaa vaatimuksia tai rajoitteita automaation toiminnalle esimerkiksi tuotettavien herätteiden hallintaan liittyen. Loppujen lopuksi ihmistä tarvitaan vähintään arvioimaan automaation suoriutumista tehtävästä sekä päättämään mahdollisista korjaavista toimita (Sheridan 1992, Frohm 2008, 33 mukaan).

Näiden toimintojen kehittäminen ei ole mahdollista ilman oppivia tai adaptiivisia tekoälyyn perustuvia ratkaisuja. Automaation lentäjälle aiheuttamaksi haasteeksi muodostuu **informaation eheyden arviointi** tiedon alkuperän ollessa tuntematon. Automaation lisääntyminen voi aiheuttaa myös sen, että ohjaajan päätöksenteon perusteena oleva tilanneymmärrys heikkenee, koska se tulee ikään kuin annettuna eikä muodostettuna. Tällöin se lähestyy käsitteenä tilannetietoisuutta vailla laajempaa ymmärrystä (ks. Endsley 1995, 33–34). Tämän seurauksena lentäjän kyky arvioida omaa tilannetietoisuuttaan voi heikentyä ja johtaa pahimmillaan tilanteeseen, jossa lentäjä ei tiedosta omaa vääristynyttä tilannetietoutta. Tilanneymmärryksen ylläpito lisää tulevaisuudessa **kuormittavuuden molempien ääripäiden** ilmenemistiheyttä hävittäjälentäjän työssä, jolloin mahdollisten orientaatiohaasteiden todennäköisyys lisääntyy (ks. Frohm 2008, 35–38).⁸³

Tulevaisuudessa lentokoneen **järjestelmät osallistuvat** tilanne- tai toimintakohtaiseen **riskien arviointiin**. Tämä tulee näkymään lentäjälle operaatioanalyysityökalujen reaaliaikaisempana päätöksenteon tukena dynaamisia simulaatioita ja visualisointeja hyödyntäen. Osana riskienhallintaa lentokoneen järjestelmät kykenevät tuottamaan ehdotuksia taktisista tai taisteluteknisistä ratkaisuista päätöksenteon tueksi. Riskienhallintaan liittyvä automaatio tulee kehittymään erityisesti taisteluteknisellä tasolla. Taktisella tasolla sen nähdään lähinnä tarjoavan valmiita ratkaisumalleja päätöksenteon tueksi. Vapautuvan kapasiteetin johdosta tästä voi

⁸³ Ks. luku 4.3.4 Informaationhallinnalla tilanneymmärrykseen.

seurata lentäjän päätöksentekostrategian muuntuminen *tyytyväisyysstrategiasta* kohti *optimointimallia*, jossa parhaan hyötysuhteen tavoittelu lisääntyy ja kompromissien määrä vähenee. Edellä mainittu kuormittavuuden ääripäiden lisääntyminen yhdistettynä optimointimalliin johtaa *sekalainen skannaus* -strategiaan, jota leimaa syklinen tiukan rationaalisen optimoinnin sekä kasautuvien päätösten ajoittainen vaihtelu. (Janis & Mann 1977, 21–39.)

Toimijoiden väliselle kommunikaatiolle asetettavat vaatimukset kasvavat tulevaisuudessa. On mahdollista, että tiedonvälitykseen liittyvät kasvavat vaatimukset johtavat teknologisen kehityksen kiihtymiseen sekä automaation lisääntymiseen kommunikaatiovälineiden osalta. Osin tämä on totta jo nykyisellään, kun suurin osa tietovuo tai datalinkki liikenteestä on automatisoitunutta. Tällä hetkellä lähes kaikki kommunikaatio sen toteuttamistavasta riippumatta liittyy keskeisesti lentäjän tai lento-osaston tekemien päätösten tukemiseen sekä tilannekuvan jakamiseen. Tulevaisuudessa osa kommunikaatiosta "ohittaa" lentäjän ja tieto voi välittyä esimerkiksi suoraan tilannekuvaa muodostavien ja/tai maalitietoa jakavien järjestelmien välillä. Mahdollisia muutoksia puhekommunikaation tulevaisuuden osalta sanelee todennäköisesti se, miten joustaviksi, nopeiksi ja luovuutta tukeviksi vaihtoehtoiset tilannetiedon välittämistavat kehittyvät. Myös käyttöperiaatteisiin liittyvät tarpeet puhekommunikaation tuottamille viestinnällisille eduille ovat ratkaisevia sen tulevaisuuden kannalta. **Rutiininomainen tiedonvaihto ja kommunikaatio tulevat pääosin automatisoitumaan.** Joskaan se ei tule poistamaan lentäjän tarvetta eri toimijoiden välisen toiminnan yhteensovittamiselle sekä ihmiselle osana luovia ratkaisuja ja päätöksiin liittyvää kommunikointia, jotka jalostuvat yhteisesti jaeuiksi ja ymmärretyiksi näkemyksiksi (ks. Weick & Roberts 1993, 357; Kamppinen & Ruohonen 2001, 252–253; Revonsuo 2001, 65).

Laitteiden käyttöön ja lentämiseen liittyvän **mekaanisen kontrolloinnin** määrä tulee vähenemään, joka pienentää peruslentämiseen ja laitteiden käyttöön liittyvää taustakuormaa. Tuloksesta voidaan Mäntylän (2001, 129–144) ja Saariluoman (2001, 37–38) havaintoihin perustuen päätellä lentokoneiden vastaavan käytettävyydeltään ja soveltuvuudeltaan jo nykyisellään tulevaisuuden tarpeita.

Vaikka sensorien tuottama informaatio fuusioidaan, suodatetaan ja esikäsitellään sekä lopulta näytetään tiivistetympin yhdellä näytöllä usean tietolähteen sijaan, ei kaikkia lentäjän tarvitsemia ajattelutasoja voida korvata automaatiolla tai käyttöliittymäparannuksilla. Näin ollen lentäjän kyky **hajauttaa tarkkaavaisuuttaan** on jatkossakin keskeinen ominaisuus ja siihen liittyvät vaatimukset kuormittavat lentäjää merkittävästi myös tulevaisuudessa. Ilmataistelun monimutkaisuus ei tule vähenemään. Tilanneymmärryksen muodostaminen ja ylläpito useita informaatiovirtoja hyödyntäen säilyy osana hävittäjälentämisen ominaispiirteitä, vaikka sitä ei

nykyisessä merkityksessään tarvitsekaan tulevaisuudessa korostaa. Näyttölaitteiden ja käyttöliittymien kehittäminen tulee parantamaan lentäjän edellytyksiä poimia tietolähteistä olennaisista informaatiota, jolloin riittävien havaintojen muodostaminen onnistuu helpommin myös valikoivaan tarkkaavaisuuteen perustuen. Jos tulevaisuuden ohjaamotyöskentelyssä korostuu hajautetun tarkkaavaisuuden sijaan valikoiva tarkkaavaisuus, on sillä lentäjän kapasiteettia vapauttava vaikutus.

Automaatio tai tekoäly ei tule korvaamaan ihmisen **intuitiivista päätöksentekoa** hävittäjätoiminnassa. Sillä tultaneen korvaamaan yksinkertaiset ja kuormittavat taustatehtävät, joiden toteuttamisessa ei tarvita luovuutta. Tämän kaltaisia päätöksiä tulee esiintymään eniten taistelukonetehtävillä tai muuten matalammilla päätöksentekotasolla ja niiden tarkoituksena on vapauttaa aikakapasiteettia tärkeämpien taktisten ja ylemmän tason päätösten tekemiselle. Automaatiolla ja optimointivälineillä tuetaan tulevaisuudessa lentäjän päätöksentekoa siinä määrin, että harkinnanvaraiset päätökset tapahtuvat nopeammin ja kattavammilla perusteilla, mutta intuitiivista päätöksentekoa niillä ei voida korvata. Lentäjä tarvitsee tulevaisuudessakin kokemukseen perustuvaa nopeaa ja intuitiivista päätöksentekoa, mutta päätöksenteon perusteet eivät välttämättä vaadi kaikkien nopeiden päätösten osalta ruohonjuuritason ymmärrystä asioiden välisistä riippuvuuksista. Automaation ja keinoälyn esiasteiden lisääntyminen muodostaa osaamissysteemiin linkin automaation ja lentäjän informaationhallinnan välille. Tämä linkki on keskeinen ohjaajan kannalta, koska sen perusteella lentäjä muodostaa tilanneymmärryksen automaation roolista ja aktiviteeteista eri tilanteissa. Linkki vastaa Stenssonin (2014) käsitettä "*edge awareness*" ja sen toiminta on tehokkaan lentokone-lentäjä yhteistyön edellytys.

Kineettisten asejärjestelmien käytön osalta päätöksenteko tulee säilymään tulevaisuudessakin ihmisellä. Automatiikka tekee mahdollisesti ehdotuksia käytettävistä aseista tai keinoista, mutta ihminen toimii lopullisena hyväksyjänä myös tulevaisuudessa. Vaikka teknologia mahdollistaisikin automatiikan asejärjestelmien käytön osalta, on länsimaisen moraalikäsitteen mukaan ihmisen jatkossakin oltava osa päätöksentekoketjua, jossa päätetään vaikuttamisen seurausten vakavuus. Tämän seurauksena asejärjestelmän käyttö ei tule ohjaajan päätöksenteon osalta muuttumaan radikaalisti uuden hävittäjän aikakaudella. Käytettävien aseiden lukumäärä ja käytön aiheuttamat kustannukset vaikuttavat aseiden käyttökynnykseen. Tämän seurauksena aseiden käyttöön liittyvä päätöksenteko perustuu pääasiallisesti "*optimointimalliin*", jossa hyötysuhteen arviointi korostuu (Janis & Mann 1977, 21–26).

7.3. Delfoin toinen kierros - informaatio- ja toimintataso

Delfoin toinen kyselykierros perustui ensimmäisen kierroksen tapaan teoriaosuudessa laadittuun osaamissysteemiin ja sen kuvaukseen. Kysely lähetettiin ensimmäisen kierroksen mukaiselle 13 henkilön asiantuntijapaneelille. Vastaajien osallistumisprosentti oli 92,3 (12/13). Toisella kyselykierroksella saatu aineisto on liitteessä 5. Kyselykierros muodostui kolmesta osasta. Kaksi ensimmäistä osaa muodostuivat informaatio- ja toimintatasoon jäsennellyistä monivalinnoista. Kolmas osa oli vapaa kommentointi. Vastaajille lähetettiin kyselylinkin saatteena ensimmäisen kyselykierroksen johtopäätökset ja niillä täydennetty osaamismalli, jotka toimivat toisen kierroksen kyselyn perusteena. Automaatio ja keinoäly säilyivät toisella kierroksella uuden hävittäjän aikakautta leimaavina muutostekijöinä.

Toisen kierroksen kyselyn tilastoyksikkö ja tutkittava ilmiö oli hävittäjäalentäjän osaaminen, joka muodostettiin osaamismallin rakenteen mukaisista tilastollisista muuttujista (kompetenssien osatekijät ja käytettävät järjestelmät) sekä summamuuttujista (kompetenssit ja avainkompetenssit). Varsinainen aineisto kerättiin tilastollisten muuttujien avulla kolmiportaiseksi koodatulla järjestysasteikolla 1 = *"merkitys vähenee"*, 2 = *"merkitys ei muutu"* ja 3 = *"merkitys kasvaa"*. Käytetty asteikko koodattiin tulosten tulkintaa varten mitta-asteikolle 1–3 keskikohdan ollessa 2. Järjestysasteikolla havainnot voidaan asettaa järjestykseen, mutta sillä ei voida kuvata erojen suuruutta. Mitta-asteikon kapeus johtuu siitä, että tuloksilla haluttiin kuvata asiantuntijapaneelin näkemystä muutoksen suunnasta sekä vastaajakollektiivin yhdenmielisyydestä pääteltävissä olevaa muutoksen todennäköisyyttä. Koska käytetty mitta-asteikko oli suhteellinen, niin myös tulosten käsittelyssä keskityttiin muuttujien väliseen suhteelliseen vertailuun eikä niinkään yksittäisten arvojen tarkasteluun.

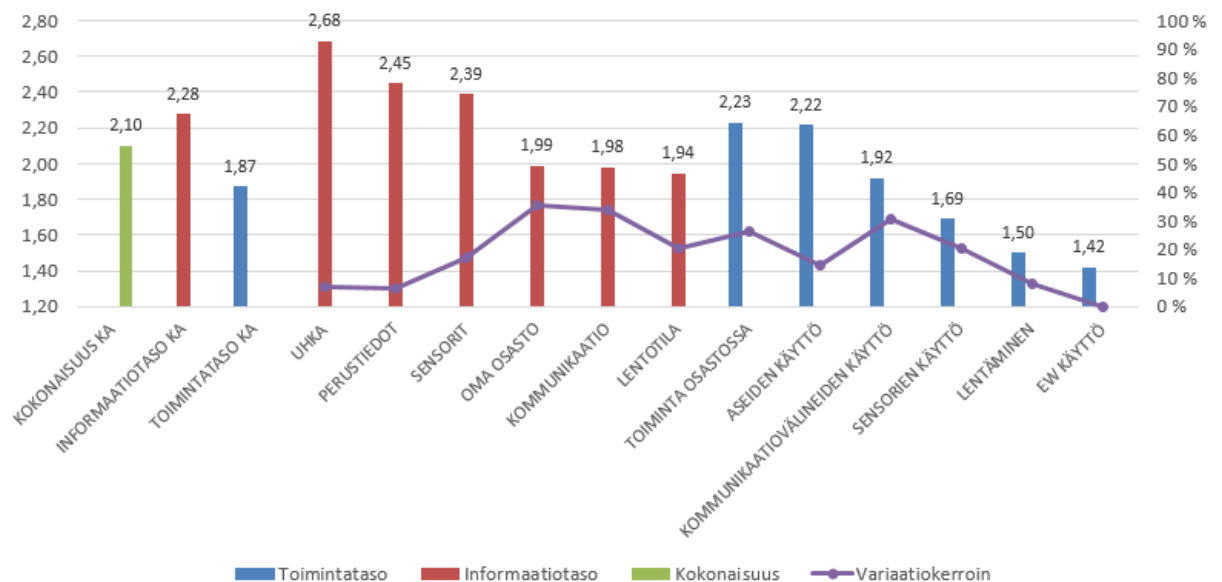
Kysely sisälsi 57 tilastollista muuttujaa, joista 32 käsittelivät informaatiotason elementtejä ja 25 toimintatason elementtejä. Muuttujat luokiteltiin kyselyssä näihin kahteen kategoriaan, mutta tulosten käsittelyssä varsinaisia summamuuttujatasoja on enemmän. Ensimmäisen tason summamuuttujina käsitellään informaatio- ja toimintatasoa. Toisen tason summamuuttujana käytetään 12 mallin mukaista kompetenssia. Kolmannen tason summamuuttujia muodostetaan tarpeen mukaan samaa järjestelmää tai toimintaa kuvaavista tilastollisista muuttujista.

7.3.1. Tulosten yhteenveto

Saadut tulokset ovat pääasiassa määrällisiä. Delfoille tyypillinen pieni otanta sekä käytetty asteikko mahdollistavat aineiston kvantitatiivisen analysoinnin, mutta kaikkia tilastotieteellisiä vaatimuksia otanta ei tue. Toisaalta aineiston tulkinnassa tulee muutoinkin huomioida laadulliselle tulevaisuuden tutkimukselle tyypillinen epävarmuus, jolloin kyselyn toteutuksessa

tehdyt valinnat ovat sisällöllisesti perusteltuja ja tulokset johdonmukaisesti tulkittavissa. Tulokset on syytä ymmärtää suuntaa-antaviksi asiantuntija-arvioiksi, joiden tarkoitus on toimia laadullisen analyysin ja johtopäätösten perusteina.

Tutkittavan ilmiön, eli **osaamissysteemin** summamuuttuja muodostettiin kaikista kyselyssä olleista tilastollisista muuttujista (57 kpl), jolloin sen saama arvo 2,10 kuvaa muuttujien aritmeettista keskiarvoa. Vaikka muuttujan arvo on yli mitta-asteikon keskikohdan indikoiden näin osaamisen merkityksen kasvua ja siitä johdettuna haastavuuden lisääntymistä, sisältää sen suuntaisen johtopäätöksen tekeminen kokonaisosaamisen muutoksesta epävarmuutta. Saatua tulosta voidaan hyödyntää kuitenkin suhdelukuna arvioitaessa muiden summamuuttujien tai muuttujien arvojen suhteellista suuntaa tai todennäköisyyttä.



Kuva 18: Asiantuntijanäkemyksien merkityksestä tulevaisuudessa. Mitta-asteikon keskikohta on 2.

Informaatiotaso (1. tason summamuuttuja) muodostettiin kaikista informaatiotason tilastollisista muuttujista (32 kpl) ja sen arvoksi muodostui 2,28. Tuloksen perusteella informaationhallintaan liittyvien kompetenssien keskimääräinen merkitys koko osaamiskentässä tulee kasvamaan uuden hävittäjän aikakaudella.

Uhkatietoisuus (2. tason summamuuttuja) sai koko systeemin kompetensseista suurimman arvon 2,68 variaatiokertoimella 7 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 2,50–3,00. Tulosten valossa uhkatietoisuuden rooli kasvaa tulevaisuudessa merkittävästi. Teknisenä järjestelmänä kypärätähtäimen merkitys uhkatiedon tuottajana nähtiin kasvavan radikaalisti, mutta myös EW-järjestelmien tuottaman uhkatiedon asema tulee kasvamaan merkittävästi. Pintasijoitteis-

ten järjestelmien uhkatiedon merkitys tulee kasvamaan ilmasijoitteisia enemmän, johon syynä on ilmasijoitteisten järjestelmien keskeinen rooli uhkan tuottajana jo nykyisellään.

Perustietoja (2. tason summamuuttuja) kuvaavan summamuuttujan arvoksi muodostui 2,45 variaatiokertoimella 6 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 2,25–2,67. Tulosten valossa perustietojen asema kasvaa tulevaisuudessa merkittävästi. Kasvu on suurinta järjestelmäkoh- taisten toimintalogiikkojen ymmärtämisen osalta, joka kuvaa asiantuntijapaneelin aikaisempia näkemyksiä automaation ja keinoälyn lentäjälle aiheuttamista haasteista. Resurssi- ja tehtävä- tietoisuus sekä abstrakti ajattelukyky nähtiin myös tulevaisuudessa korostuviksi perustietojen kenttään sijoitettavissa oleviksi muuttujiksi. Yleinen järjestelmätietämys korostuu myös hie- man tulevaisuudessa.

Sensoreilta (2. tason summamuuttuja) saatavan informaation arvoksi tuli 2,39 variaatioker- toimella 17 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 1,50–2,75. Näin ollen sensoreilta saatavan maalitiedon merkityksessä nähtiin merkittävä lisäys. Radikaalein merkityksen kasvu tullaan kokemaan EW-järjestelmillä tuotettavan sekä kypärätähtäimen avulla esitettävän maalitiedon osalta. Myös muilta sensoreilta (RDR, IR, TV/VIS, RWR, MAW) saatavan maalitiedon kes- keisyyden nähtiin kasvavan merkittävästi. Poikkeuksena olivat IFF:n tuottama maalitieto jon- ka aseman nähtiin pysyvän ennallaan sekä näkemiseen perustuva maalitieto jonka roolin näh- tiin vähenevän merkittävästi.

Oman osaston (2. tason summamuuttuja) toimintaan liittyvä informaatio sai arvoksi 1,99 variaatiokertoimella 35 %. Muuttujien vaihteluväli oli 1,25–2,83. Oman osaston toimintaan liittyvän informaation merkitys pysyy kokonaisuutena samana, mutta suuri hajonta muuttujien arvoissa indikoi sen sisällä tapahtuvaa merkityksen muutosta. Datalinkkiperustaisen infor- maation sekä osaston koneiden näköetäisyyden ulkopuolella tapahtuvan keskinäisen tuen ra- dikaali merkityksen kasvu viestii tulevaisuuden trendeistä ilmasodankäynnissä. Osaston koko ei tule muuttamaan osaston toimintaan liittyvän informaation merkitystä tulevaisuudessa. Nä- kemiseen perustuvan osaston sisäisen havainnoinnin ja TACAN-järjestelmän kautta saatujen tietojen tärkeys vähenee merkittävästi. Näkemiseen perustuva osaston keskinäinen tuki vähe- nee radikaalisti.

Kommunikaatiovälineiltä (2. tason summamuuttuja) saatava informaatio sai arvoksi 1,98 variaatiokertoimella 34 %. Muuttujien vaihteluväli oli 1,33–2,83. Kokonaisuutena summamuuttujan merkitys pysyy samana, mutta suuri hajonta osoittaa muutosta sen sisäisessä merkityksessä. Summamuuttujan elementeistä datalinkkikommunikaatiossa nähtiin radikaalia merkityksen kasvua. Tehtävänannoissa tapahtuvasta kommunikoinnista saatavan informaation merkitys nähtiin kasvavan hieman. Puheella tai näkömerkeillä tapahtuvan kommunikaation roolin nähtiin laskevan merkittävästi.

Lentotilaan (2. tason summamuuttuja) liittyvän informaation arvoksi muodostui 1,94 variaatiokertoimella 20 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 1,50–2,25. Lentotilanseurannan merkityksessä ei kokonaisuutena tapahdu muutosta. Kypärätätäimen rooli lentotilatiedon ilmaisijana kasvaa hieman. Spatiaalisen hahmottamisen merkitys ei muutu tulevaisuudessa. Mittaristolta saatavan informaation rooli vähenee tulevaisuudessa merkittävästi.

Toimintataso (1. tason summamuuttuja) muodostui kaikista toimintatason tilastollisista muuttujista (25 kpl) ja sen arvoksi muodostui 1,87. Tuloksen perusteella on pääteltävissä, että toimintatasolla käytettävien kompetenssien keskimääräinen merkitys koko osaamiskentässä tulee laskemaan tulevaisuudessa.

Toiminta osastossa (2. tason summamuuttuja) sai toimintatason kompetensseista suurimman arvon 2,23 variaatiokertoimella 26 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 1,50–2,75. Kompetenssin merkitys tulee kasvamaan hieman. Suuri muuttujien välinen hajonta indikoi kompetenssin merkityksen sisäistä muutosta tulevaisuudessa. Taktisen yhteistoiminnan ja toisten koneiden tukemisen tärkeys näköetäisyyden ulkopuolella kasvavat merkittävästi. Muiden omien koneiden huomiointiin ei kohdistu muutoksia. Näköetäisyyden sisäpuolella tapahtuvan omien koneiden tukemisen rooli vähenee tulevaisuudessa merkittävästi.

Aseiden käyttö (2. tason summamuuttuja) sai arvoksi 2,22 variaatiokertoimella 14 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 1,67–2,42. Kompetenssin merkitys tulee kasvamaan hieman tulevaisuudessa. Muuttujien arvojen suuri hajonta kuvastaa aseiden käytön luonteen muutosta tulevaisuudessa. Kineettisen vaikuttamisen merkitys maahan, pintaan sekä kypärätätäimen avulla tulee kasvamaan merkittävästi. Vaikuttamisen merkitys ilmaan näköetäisyyden ulkopuolelle kasvaa hieman. Näköetäisyyden sisäpuolelle tapahtuvan aseiden käytön rooli laskee tulevaisuudessa merkittävästi.

Kommunikaatiovälineiden käyttö (2. tason summamuuttuja) sai arvoksi 1,92 variaatiokertoimella 31 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 1,33–2,50. Kokonaisuutena kompetenssin merkityksessä ei tule tapahtumaan muutosta. Suuri hajonta indikoi kompetenssin sisäistä

muutosta. Datalinkin ja brief-välineiden käyttö korostuu merkittävästi. Puhetekommunikaation ja näkömerkkeihin perustuvan kommunikaation tärkeys vähenee merkittävästi.

Sensorien käyttö (2. tason summamuuttuja) sai arvoksi 1,69 variaatiokertoimella 20 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 1,33–2,25. Sensorien käytön asema toiminnassa vähenee merkittävästi tulevaisuudessa. Kypärätähtäimen rooli sensorien kontrolloinnissa kasvaa hie-man ja optisten sensoreiden käyttö säilyttää nykyisen merkityksensä. Muiden sensorien käyt-tämisen tärkeys toiminnassa laskee merkittävästi.

Lentäminen (2. tason summamuuttuja) sai arvoksi 1,5 variaatiokertoimella 8 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 1,42–1,58. Lentämisen tärkeys toiminnassa laskee merkittävästi sekä lentokoneen hallinnan, että sen yleisten järjestelmien hallinnan osalta.

Elektronisen sodankäynnin järjestelmien käyttö (2. tason summamuuttuja) sai arvoksi 1,42 variaatiokertoimella 0 %. Muuttujien arvojen välillä ei ollut vaihtelua ja kompetenssin merkityksen lasku oli kauttaaltaan merkittävää.

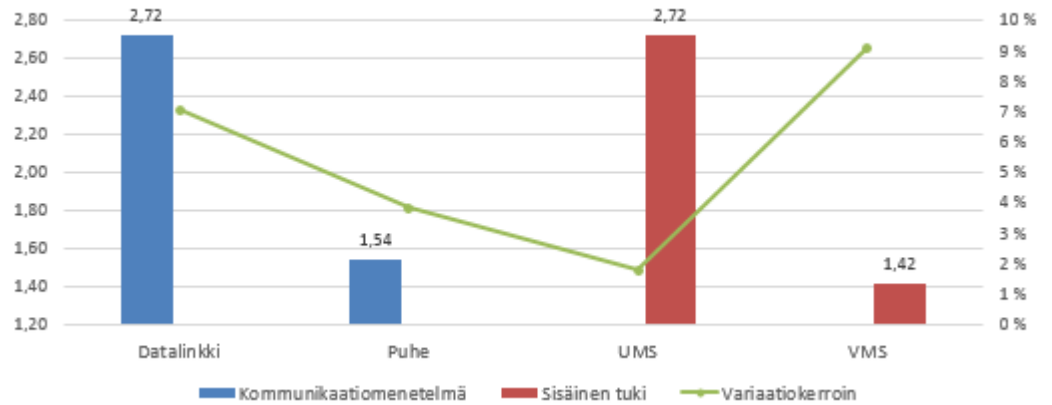
Kolmannen tason summamuuttujiksi määritettiin selkeästi tuloksista esiin nousevia tai pari-vertailussa hyödynnettäviä järjestelmiä tai aktiviteetteja, joiden elementtejä on sekä informaatio- että toimintatasossa.

Kypärätähtäin (3. tason summamuuttuja) sai arvoksi 2,53 variaatiokertoimella 13 %. Muut-tujien arvojen vaihteluväli oli 2,25–3,00. Kypärätähtäimen merkitys sekä informaation tuotta-jana, että järjestelmien kontrolloinnissa kasvaa merkittävästi.

Datalinkkikommunikaatio (3. tason summamuuttuja) sai arvoksi 2,72 variaatiokertoimella 7 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 2,50–2,83. Datalinkkikommunikaatiosta saatavan informaation rooli kasvaa radikaalisti ja sen käytön tärkeys kommunikaatiossa kasvaa merkit-tävästi. **Puhetekommunikaatio** (3. tason summamuuttuja) sai arvoksi 1,54 variaatiokertoimella 4 %. Muuttujien arvojen vaihteluväli oli 1,50–1,58. Puheella saatavan informaation sekä pu-hekommunikaation rooli vähenee tulevaisuudessa merkittävästi.

UMS (3. tason summamuuttuja) sai arvoksi 2,72 variaatiokertoimella 2 %. Muuttujien arvo- jen vaihteluväli oli 2,67–2,75. Omaan osastoon liittyvän näköetäisyyden ulkopuolisen infor- maation sekä siihen sisältyvän keskinäisen tukemisen merkitys kasvaa radikaalisti.

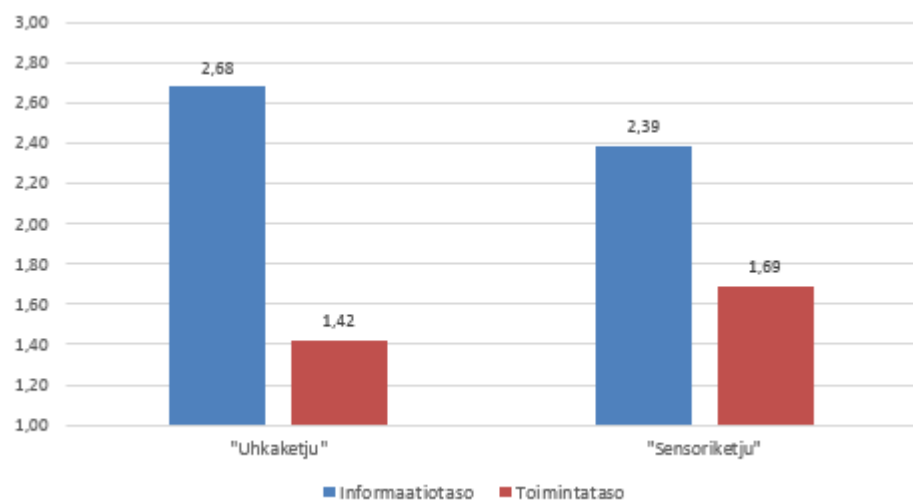
VMS (3. tason summamuuttuja) sai arvoksi 1,42 variaatiokertoimella 9 %. Muuttujien arvo- jen vaihteluväli oli 1,25–1,58. Näköetäisyyden sisäpuolinen toiminta vähenee merkittävästi niin oman osaston huomioimisen ja tukemisen, kuin taisteluidenkin osalta.



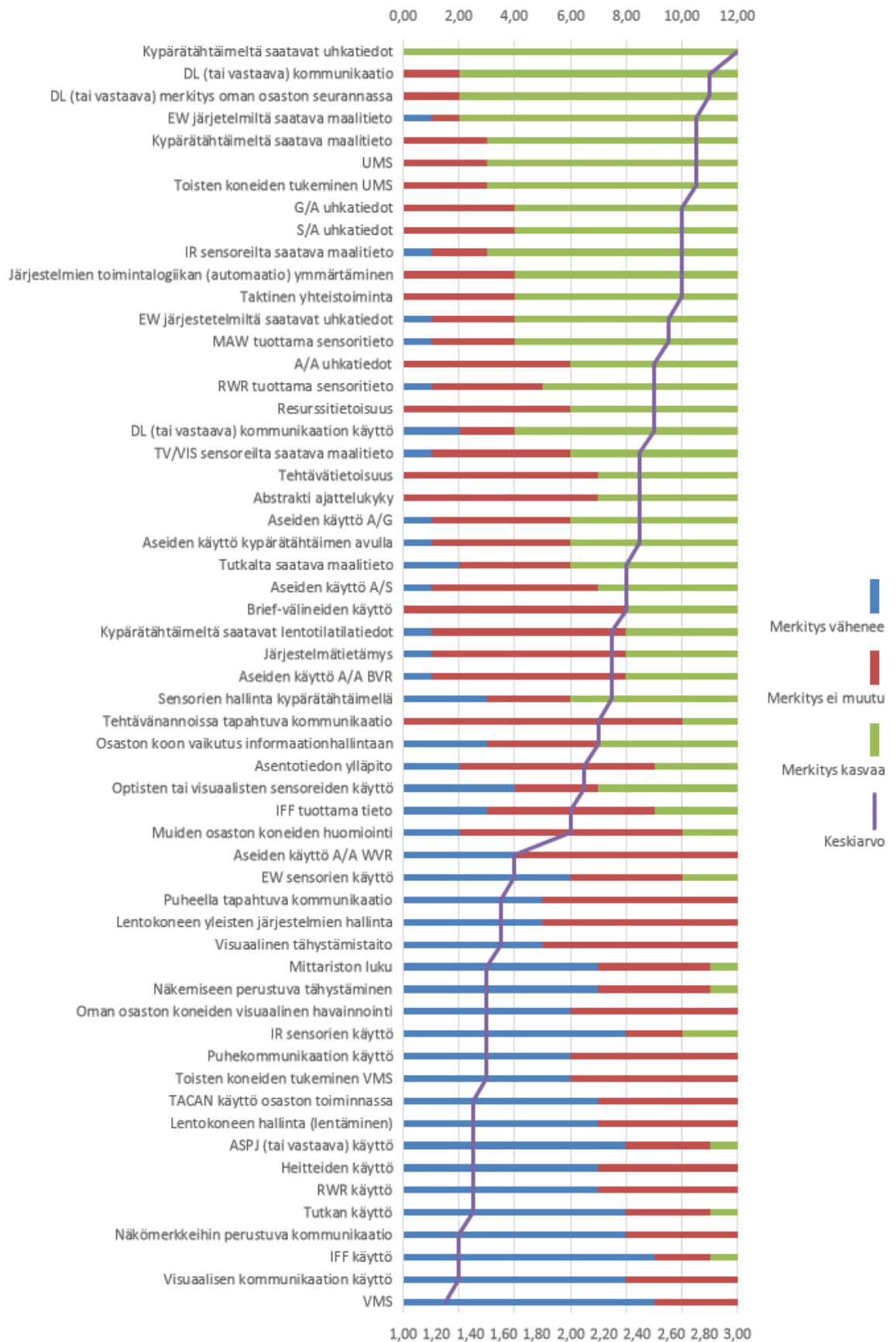
Kuva 19: Kommunikaatiomenetelmien ja sisäisen tuen periaatteiden parivertailu osoittaa datalinkkikommunikoinnin sekä näköetäisyyden ulkopuolisen toiminnan merkityksen selkeää kasvua.

"Uhkaketju" muodostuu uhkatietoisuuden (2. tason summamuuttuja) ja uhkaan reagointiin liittyvistä toimintatason elementeistä (2. tason summamuuttuja). Ero informaatio- (2,68) ja toimintatason (1,42) välillä on suuri, joka tarkoittaa uhkaan liittyvän informaation merkityksen kasvua suhteessa uhkaa vastaan tarkoitettujen laitteiden käyttöön.

"Sensoriketju" muodostuu sensoreilta saatavasta informaatiosta (2. tason summamuuttuja) sekä sensoreiden käyttämisestä (2. tason summamuuttuja). Ero informaatio- (2,39) ja toimintatason (1,69) välillä on suuri, eli sensoreilta saatavan informaation merkitys tulee kasvamaan suhteessa sensoreiden käyttöön.



Kuva 20: "Uhka- ja sensoriketjujen" informaatio- ja toimintatasojen erot.



Kuva 21: Delfoin toisen kierroksen tilastollisten muuttujien arvot (n=12).

7.3.2. Analyysi informaatio- ja toimintatason muutoksista

Hävittäjälentäjän osaamisessa tapahtuu uuden hävittäjän aikakaudelle siirryttäessä painopisteen muutos, jossa informaatiotason kompetenssit korostuvat ja toimintatason konkreettiset toiminnot vähenevät. Tämä tarkoittaa sitä, että lentäjän kyky havainnoida ja kerätä merkityksellistä tietoa tulee korostumaan ja toisaalta motoristen taitojen merkitys lentokoneen tai sen järjestelmien kontrolloimiseksi tulee vähenemään. Koska valittava konetyyppi ei ole tiedossa, ei tutkimusasetelmalla kyetä vastaamaan siihen, tuleeko lentäjän osaamiseen kohdistuvien vaatimusten määrä kokonaisuutena lisääntymään vai vähenemään.

Yksittäisinä korostuvina järjestelminä tai aktiviteetteina nousivat esiin kypärätähtäin, datalinkki (tai vastaava) sekä taktinen yhteistoiminta näköetäisyyden ulkopuolella (UMS). Kypärätähtäimen rooli monipuolistuu sekä informaation esittämisessä, että laitteiden kontrolloinnissa. Muutos vähentää lentäjän näkökulmasta hajautetun tarkkaavaisuuden kuormittavuutta. Vaikka kypärätähtäimen rooli korostuu vielä nykyisellään näköetäisyyden sisällä tapahtuvassa toiminnassa, voi sen mahdollisuudet sensorifuusion ja mahdollisen ääniohjauksen myötä laajentua. Tutkimustuloksista ei selviä, johtuuko kypärätähtäimen merkityksen muutos kasvavasta tarpeesta vai laitteeseen liittyvän teknologian merkittävästä kehitymisestä. Joka tapauksessa näyttäisi siltä, että kypärätähtäimestä löytyy paljon hyödyntämätöntä potentiaalia jonka laajuus tulee osoittamaan sen integroinnin perusteltavuuden koulutusjärjestelmään. Tämän hetkisten kustannustietojen valossa integroinnin perusteluiksi ei riitä pelkkä koulutuksellinen aspekti vaan sillä tulee olla myös operatiivista käyttöarvoa.

Kommunikaatiomenetelmänä radiopuhe tulee jäämään taka-alalle ja datalinkin rooli korostuu. Osaston sisäinen keskinäinen tuki ja toiminta perustuvat jatkossa näkemisen sijaan pääasiassa järjestelmien tuottamaan tietoon. Sama suuntaus on nähtävissä myös kineettisessä vaikuttamisessa, joka tapahtuu tulevaisuudessa enenevissä määrin näköetäisyyden ulkopuolelle. Tämä on seurausta verkottuneisuuden lisääntymisestä ja tiedonsiirto- sekä tilannekuvajärjestelmien kehitymisestä. Puhekommunikaatio tulee säilyttämään asemansa kiireellisissä tai luovaa ilmaisuvaativissa tilanteissa. Tekniset ratkaisut mahdollistavat parveilun⁸⁴ kaltaiset käyttöperiaatteet sekä osastokoon pienentämisen jopa yksittäisiksi koneiksi. Fuusioitu ja paremmin esitetty informaatio säästää lentäjän kognitiivista kapasiteettia parveilun kaltaisten haastavien taktiikoiden toteuttamiseen.

Tuloksista ei voi päätellä asiantuntijapaneelin suhtautumista käytettävien järjestelmien luotettavuuteen osana metakompetenssiin sisältyvää epävarmuudesta selviämistä. Käytettäviltä järjestelmiltä saatavan tiedon kriittisen tarkastelun merkitys tuskin kuitenkaan tulee automaation

⁸⁴ Swarming

myötä vähenemään. Näin ollen metakompetenssin kehittymismahdollisuudet on huomioitava koulutusympäristö tai -järjestelmämuutoksia tehtäessä. Suuntauksena on, että osastokoot tulevat pienenemään ja osastojen käytön dynaamisuus lisääntymään. Nykytilanteessa ase- ja sensorijärjestelmien kantamat yhdistettynä joustavien taktiikkojen käyttöön edellyttävät ajallisen ja alueellisen voimasuhteen parantamiseksi lentokoneiden keskinäisen toiminnan tiivistämistä. Nykymuotoinen koulutus painottaa voimallisesti näkemiseen perustuvaa osaston toimintaa. Asejärjestelmien kantaman lisääntyessä, voidaan voimasuhdetta parantaa myös hajautetumpia taktiikoita hyödyntäen. Siihen vaikuttaa myös oletettujen uhkajärjestelmien kyvyt. Pääteltävissä oleva suuntaus muuttaa tarvittavien kompetenssien sisältöä ja luonnetta monimutkaisempaan ja abstraktimpaan suuntaan. Päätökset käytettävistä taktiikoista ja tekniikoista eivät kuulu lentokoulutusjärjestelmän vastuualueisiin. On silti varmistettava, että käytettävillä koulutusvälineillä kyetään tarvittaessa esitetyn kaltaisiin suunnan muutoksiin.

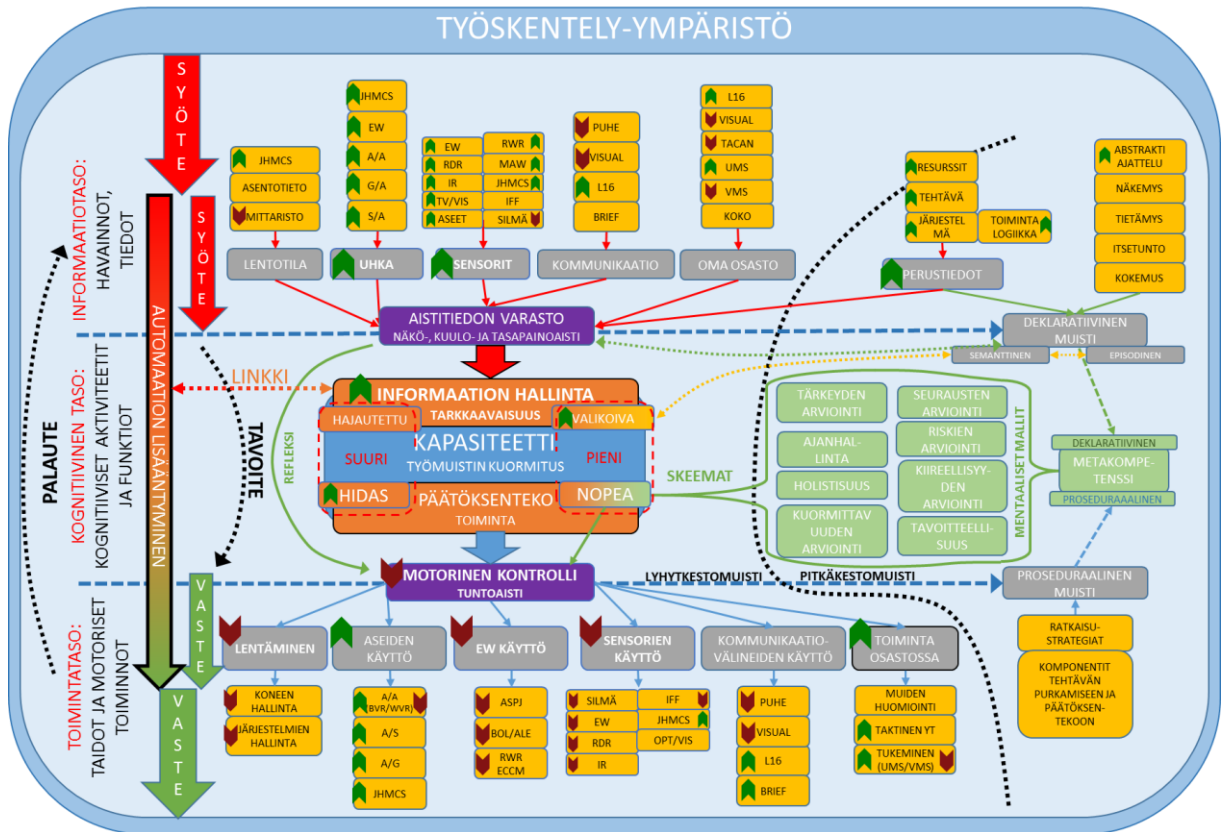
Uhkatietoisuuden merkittävän korostumisen syyksi on pääteltävissä monimutkaistuva uhkaympäristö sekä käyttöperiaatemuutoksiin perustuva tehtäväkentän laajentuminen. Tehtäväkentän laajentuminen näyttäytyy kineettisenä vaikuttamisena maalle ja merelle. Kompetenssinä uhkatietoisuus tuottaa perusteita ja vaikuttaa useiden muiden kompetenssien toteuttamiseen. Uhka, kuten siihen reagoitakin on käsitteenä monitasoinen, mutta silti aina toimintaympäristö- ja kontekstisidonnainen asia. Uhkan luonne voi johtaa välittömään reagointitarpeeseen tai uhkan ennakoivaan kauaskantoiseen huomiointiin tehtävissä valinnoissa.

Jaettujen tilannekuvajärjestelmien sekä automaation kehittymisen myötä järjestelmien kyky joko havaita uhkia tai vastata niihin automaattisesti paranee, jolloin yllätyksellisten uhkien ilmenemistodennäköisyys pienenee. Ennakoiva uhkien huomiointi vaatii abstraktimpaa ja harkinnanvaraisempaa eli kognitiivisesti kuormittavampaa päätöksentekoa. Toisaalta informaation esikäsittely yhdistettynä kehittyviin esitysjärjestelmiin, mutta toisaalta laajenevaan uhkaympäristöön säilyttäneen uhkan osalta hajautetun ja valikoivan tarkkaavaisuuden suhteen ennallaan. Uhkainformaation eri ulottuvuuksien sekä ilmenemismuotojen johdonmukainen jatkumo lentokoulutuksessa tuottaa paremman vasteen uuden hävittäjän aikakauden vaatimuksiin. Nykyisessä koulutusmallissa korostuu nopea yllätyksellisiin uhkiin reagoiminen, joka on osin seurausta nykyaikaisten asejärjestelmien kineettisistä rajoitteista. Reagointikyvyyn, eli konkreettisen taidon tärkeydestä huolimatta tulevaisuuden koulutuksessa tulee korostaa nimenomaan ennakoitavissa olevan uhkan huomiointia. Koulutusjärjestelmän tarjoaman uhkakentän tulee laajentua niin maantieteellisen ulottuvuutensa kuin sisältönsäkin puolesta. Uhkan osalta intuitiiviset ja nopeat päätökset tulevat vähenemään suhteessa harkinnanvaraisiin päätöksiin.

Informaation tuottamiseen osallistuvien sensoreiden määrä ja merkitys kasvaa, mutta niiden motorista toimintaa ja päätöksentekoa vaativa kontrollointi vähenee merkittävästi. Sensorifuusion lisääntyminen vähentää lentäjän näkökulmasta sensorivalikoiman laajentumisen konkreettista merkitystä, koska lentäjän rooli informaation kokoajana muuttuu tulevaisuudessa lähemmäksi informaatiovirran tarkkailijaa. Sensorien tuottaman informaation kannalta on keskeistä, että koulutusvälineillä tuotettavan sensorifuusion periaatteet näyttäytyvät oppilaalle autenttisen käyttöympäristön kaltaisina. Sensorien tuottaman informaation autenttisuuden merkitys osana lentäjän metakompetenssin kehittymistä edellyttää mahdollisuutta harjaantumiseen myös informaatiovirran luotettavuuden arvioinnissa.

8. TULEVAISUUDEN OSAAMISSYSTEEMI

Hävittäjälentäjän *tulevaisuuden osaamissysteemillä* tarkoitetaan tässä tutkimuksessa delfoi-kyselyn tuloksista tehtyjen johtopäätösten yhdistämistä *osaamissysteemin määritelmän* mukaiseen malliin. Tulevaisuuden osaamissysteemi on rinnasteinen pehmeän systeemimetodologian mukaiseen ydinvisioon.



Kuva 22: Delfoin perusteella osaamissysteemiin kohdistuvat muutokset. Elementin reunassa sijaitseva vihreä nuoli merkitsee lisääntyvää ja punainen vähenevää merkitystä tulevaisuudessa.

Systemin vasemmassa laidassa kuvattuun lentäjän ja työskentely-ympäristön väliseen vuorovaikutussuhteeseen rakentuu automaation muodostama "oikopolku". Automaation ja lentäjän informaationhallinnan välille muodostuvan linkin avulla lentäjä pitää yllä riittävää ymmärrystä automaation tekemistä suoritteista. Osa ympäristön syötteistä muuttuu lentäjän tiedostamatta suoraan automaation avulla vasteiksi. Lentäjän informaationkäsittelyyn tuodaan ainoastaan olennaista informaatiota automaation suorittamista toimenpiteistä. Lentäjän tekemät päätökset muuttuvat tulevaisuudessa enenevässä määrin ennakoiviksi ja harkinnanvaraisiksi, joissa hyödynnetään pääasiallisesti valikoiduista lähteistä kerättyä informaatiota.

Informaationhallinnan osittaisesta automatisoinnista huolimatta tulee lentäjän informaationhallinnalle asetetut vaatimukset kokonaisuutena lisääntymään. Automaation ja keinoälyn li-

sääntymisen näkyy informaatiotasolla selkeimmin uhkaympäristöön liittyvän sekä sensoreilta saatavan informaation lisääntymisenä tulevaisuudessa. Myös perustietojen merkitys osaamisessa tulee lisääntymään.

Automaatiolla on korostuneempi merkitys konkreettisten toimintojen suorittajana tai avustajana. Tämä näkyy toimintatasoon kohdistuvina muutoksina. Motorisen kontrollin merkitys toimintojen suorittamisessa tulee vähentymään, joskaan ei kokonaan poistumaan. Osa motorisesta kontrollista korvataan tulevaisuudessa toimintojen puheohjauksella tai puhtaalla automatisoinnilla. Lentämistä avustava automatiikka sekä hävittäjätoimintaan liittyvien taktiikoiden painopisteen siirtyminen yhä suuremmille etäisyyksille vähentää lentotaidon merkitystä tulevaisuudessa. Asejärjestelmien määrän sekä käyttöalueiden laajentuminen nostaa asejärjestelmien käytön merkitystä tulevaisuudessa. EW-järjestelmien tai sensorien hallintaan liittyvän kontrolloinnin merkitys vähenee tulevaisuudessa automaation myötä. Taktinen yhteistoiminta tulee korostumaan näköetäisyyden ulkopuolisessa toiminnassa.

8.1. Tutkimuksen keskeisimmät johtopäätökset

"Sensori- ja uhkaketjujen" informaation merkityksen lisääntyminen ja toisaalta ketjuihin liittyvien aktiivisten toimintojen merkityksen vähentyminen muuttaa taitojen oppimisen perusteita. Molempien kyselykierrosten tulokset osoittavat, että lentäjä osallistuu tulevaisuudessa yhä vähemmän aktiivisena toimijana informaation **tuottamiseen**. Sensoreilta saatavan informaation merkitys tulee lisääntymään, joka kasvattaa eroa informaatio- ja toimintatasojen merkityksen välillä. Sama johtopäätös on yleistettävissä myös "uhkaketjuun". Kun lentäjän aktiivinen osallistuminen informaation tuottamiseen vähenee, ei tilanneymmärrys muodostu niinkään reflektoinnin⁸⁵ kautta, vaan enemmän annettuna. Ilmiö lisää lentäjän orientaatiohaasteita sekä kasvattaa lentäjän kapasiteettiin kohdistuvia kuormitusvaihteluita.⁸⁶ Tämä korostuu erityisesti "sensori- ja uhkaketjuissa", joissa informaatio- ja toimintatasojen erot kasvavat tulevaisuudessa eniten. Vaikka päätöksentekoon käytettävissä oleva aikaikkuna laajenisikin näennäisesti tulevaisuudessa, kuluu osa lentäjän kapasiteetista järjestelmien aktiivisen käytön sivutuotteena nykyisellään muodostuvan tilanneymmärryksen korvaamiseen.

Käsiteltäessä metakompetenssia luvussa 3.4, todettiin reflektion olevan keskeinen osa oppimisprosessia ja mentaalisten mallien syntymistä. Reflektion havaittiin kuuluvan niin "ulkoiseen" vuoropuheluun ympäristön kanssa⁸⁷, kuin osaksi sisäistä vuoropuhelua deklarativisen

⁸⁵ Vertaa Stensson (2014, 148) tilanneymmärryksen muodostamisen toiseen tasoon ("Comprehension") sekä luvun 3.4 metakompetenssiin ja reflektion merkitykseen oppimisessa.

⁸⁶ Vertaa Frohm (2008, 35–38) luvussa 4.3.4.

⁸⁷ Ks. Rauste-von Wright ym. (2003, 82–85) luvussa 5.3. Osaamismallissa "ulkoista reflektiota" kuvataan toiminnan tuottamana palautteena.

ja proseduraalisen muistin välillä⁸⁸. Automaation lisääntymisen seurauksena osaamismalliin kuvatun toimintatason merkitys pienenee⁸⁹, jolloin myös lentäjän "ulkoinen" reflektio eli kaksisuuntainen vuorovaikutus ympäristön kanssa vähenee. Automaation myötä lentäjän vastuulle jäävät ongelmat muuttuvat keskimäärin haastavammiksi⁹⁰. Automaation korvattaessa osan lentäjän tilanneymmärryksen muodostamiseen liittyvistä aktiviteeteista, heikkenee lentäjän kyky arvioida omaa ymmärryksensä määrää sekä muodostaa tietoutta oman toiminnan perusteista (ks. Weinert 2001, 55). Lisäksi lentäjälle esitettävä informaatio on siinä määrin lentokoneen järjestelmien priorisoimaa tai esikäsittelemää, että lentäjän kognitiivisen prosessin hallintaa eli metakompetenssiin kuuluva "sisäinen" reflektio vaikeutuu⁹¹.

Keinoälyn ja automaation aiheuttamien muutosten tarkastelu tilanneymmärryksen ja oppimisen välisen suhteen kautta avaa uuden näkökulman siihen, miten koulutuksella voidaan vähentää aikaisemmin mainittujen teknologiasta johtuvien orientaatiohaasteiden muodostumista. Vaikka automaatio ja kognitiiviset laitteet nähdään tulosten perusteella lähinnä ihmisen apuvälineenä, on mahdollista, ettei kaikkia ihmisen ja laitteen yhteistoiminnan haasteita ole vielä tiedostettu.

Oppimisen ja tilanneymmärryksen syntylogiikat vastaavat toisiaan siinä määrin, että tilannetietoisuuden muodostamisen vaatimaa kognitiivisten prosessien hallintaa (metakompetenssi) voi oppia ainoastaan harjaantumisen kautta⁹². Johtopäätöstä tukee havainnot siitä, että metakompetenssien opettaminen suoraan on haasteellista niiden moniulotteisuuden vuoksi. Näin ollen niiden oppiminen tulee tapahtua osana yksilön omaa hiljaista tietoa kehittymisestäään, joka on yleisen oppimiskäsityksen vastaisesti mahdollista myös suuremmista kokonaisuuksista kohti pienempiä yksityiskohtia. (Dreyfus & Dreyfus 1986; Rauste-von Wright ym. 2003; Fränti 2005.)

Oppimisen perustana toimii taustatieto ongelman osatekijöistä, yhteyksistä ja tilanneymmärryksen muodostamiseen liittyvistä rajoitteista sekä hahmotettavan tilanteen johdonmukaisuus tai "järkeenkäyppyy" ja muodostuvien ongelmien vastaavuus mentaaliin näkymiin⁹³. Edellä mainittujen tekijöiden summan voisi sanoa kuvastavan oppimistilanteen autenttisuutta, jonka myös Herranen (2007) nosti tutkimuksessaan käsitteenä esiin.

⁸⁸ Ks. mentaalisten mallien muodostuminen (Burgoyne & Stewart 1976, Hyland 1992, Kolb ym. 1986, Linstead 1991, Nordhaug 1993, Winterton ym. 2006, 33–34 mukaan) luvussa 5.3.

⁸⁹ Ks. delfoin ensimmäisen kierroksen johtopäätökset luvussa 7.2.3.

⁹⁰ Ks. delfoin ensimmäisen kierroksen johtopäätökset luvussa 7.2.3.

⁹¹ Ks. delfoin ensimmäisen kierroksen johtopäätökset luvussa 7.2.3 sekä metakompetenssi (Dreyfus & Dreyfus 1986; Brown 1994, Winterton ym. 2006, 34 mukaan; Weinert 2001, 55; Rauste-von Wright ym. 2003, 66) luvussa 3.4.

⁹² Ks. luvut 5.4 (Konar & Jain 2005; Stensson 2014) ja 6.1 (Kamppinen & Ruohonen 2001; Frohm 2008; Stensson 2014)

⁹³ Ks. luvut 5.3 (Konar & Jain 2005) ja 3.3 Ruohotie & Honka (2003, 76) siirtovaikutuksen ehdot.

Autenttisuuden merkitys korostuu erityisesti sensoreiden tuottaman informaation sekä uhkainformaation osalta. Tämä perustuu delfoi-kyselyssä saatuun tulokseen siitä, että sensori- ja uhkainformaation merkitys kasvaa tulevaisuudessa eniten suhteessa lentäjän osallisuuteen informaation tuottajana⁹⁴. Eron kasvu aiheuttaa lentäjälle laajenevan tarpeen oman ymmärryksen jatkuvalla arvioinnilla, lisäten kognitiivisen prosessin hallinnalle muodostuvia haasteita. Koska metakompetenssi on rinnastettavissa tämän kaltaisesta epävarmuudesta selviämiseen⁹⁵, tulee mentaalisten mallien merkitys kasvamaan sensori- ja uhkainformaatioon liittyen. Mentaalisten mallien muodostuminen edellyttää aktiivista deklarativista ja proseduraalista metakompetenssin vuoropuhelua, eli "sisäistä" reflektiota. Oppimisympäristössä tuotetun reflektion oikeellisuus ja siirrettävyys todelliseen toimintaympäristöön perustuvat oppimisvälineillä muodostettujen mentaalisten näkymien autenttisuuteen.

Tässä luvussa aikaisemmin mainittu orientaatiohaaste voidaan ymmärtää kyvyttömyydeksi sopeutua tilanteeseen, joka voidaan edelleen käsittää heikentyneeksi tilanneymmärrykseksi. Tilanneymmärryksen muodostamisen mekanismi vastaa suurelta osin kognitiivisen oppimistapahtuman logiikkaa⁹⁶. Tavoitteena on edetä tehdyistä havainnoista vuorovaikutukseen ympäristön kanssa ja kehittyä sitä kautta tilanteen herraksi eli kyetä ennakoimaan tapahtumia ja niiden yhteyksiä sekä seurauksia. Uudesta teknologiasta johtuvia orientaatiohaasteita voidaan helpottaa tuottamalla oppimistapahtumiin **informaation** osalta täsmällisintä autenttisuutta niille kompetensseille, joissa on eniten automaatiota tai kognitiivisia ominaisuuksia sisältäviä, eli ihmisen aktiivista kontribuutiota vähentäviä laitteita. Automaation lisääntyminen "ketjussa" ei yksin aiheuta lisävaatimuksia informaation autenttisuudelle. Myös "ketjuun" sisältyvän informaation merkitys ja määrä pitää huomioida määritettäessä oppimisympäristölle asetettavia vaatimuksia.

Orientaatio on tilanteeseen sopeutumista, joka vaatii aktiivista vuorovaikutusta ympäristön kanssa. Vuorovaikutuksen edellytyksenä ovat kognitiiviset perusedellytykset tarkoituksenmukaiseen toimintaan, päättelyyn ja menestyksekkääseen oppimiseen. Näiden perusedellytysten ulosmittaamista tehostaa informaationkäsittelyn näkökulmasta prosessointinopeus, työmuistin kapasiteetti sekä prosessointikapasiteetti⁹⁷. Älykkyudeksi yleisesti ymmärrettyjen ominaisuuksien työtehtäväkohtainen merkitys riippuu tehtävän luonteesta. Aloilla joissa kognitiiviset taidot korostuvat tietämystä, vakiintuneita taitoja ja rutiineja enemmän, myös älykkyuden merkitys on suurempi⁹⁸. Tutkimustulosten perusteella hävittäjälentäjän kognitiiviselle kompe-

⁹⁴ Muihin osaamisalueisiin tai kompetensseihin liittyvät erot informaatio- ja toimintatason välillä olivat marginaalisia, joka kuvastaa niihin kohdistuvien muutosten olevan tulevaisuudessa pieniä.

⁹⁵ Ks. luku 3.4 (Brown 1994, Winterton ym. 2006, 34 mukaan).

⁹⁶ Ks. luku 5.4.

⁹⁷ Ks. luku 3.5 yleiset kognitiiviset kompetenssit (Weinert 1999, 6).

⁹⁸ Ks. luku 3.5 (Weinert 1999; 2001, 47).

tenssille asetetut vaatimukset lisääntyvät tulevaisuudessa, jolloin myös lentäjälle asetetut älykkyydsvaatimukset tulevat lisääntymään.

Älykkyydeksi yleisesti käsitetyt ominaisuudet⁹⁹ ovat osin perinnöllisiä ja niillä on yhteys kompetenssin saavuttamiseen ja hyödyntämiseen myös ennen kokemattomissa tilanteissa. Kyse on sopeutumisesta joka on keskeinen tekijä kognitiivista kompetenssia mitattaessa. Lentokoulutukseen valittavien oppilaiden sopivuutta tulevaisuuden hävittäjän tarpeisiin voidaan parantaa lisäämällä valintakokeissa älykkyyttä, sopeutumiskykyä, mutta toisaalta myös oppimiskykyä mittaavien testien osuutta.

⁹⁹ Ks. luku 3.6 Chomskyn malli (Weinert 1999: 2001, 47–48).

9. POHDINTA JA YHTEENVETO

Hävittäjälentäjän osaaminen ja siihen kohdistuvat muutokset ovat erityisesti valinta- ja koulutusjärjestelmän mielenkiinnon kohteena. Valintajärjestelmää tukee tieto siitä, millaisiin ominaisuuksiin perustuen valintoja tulee tehdä ja miten näitä ominaisuuksia voidaan luotettavasti mitata. Koulutusjärjestelmää kiinnostaa, mitä halutut ominaisuudet ovat ja miten niitä voidaan kehittää mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti. Näillä tekijöillä on suora vaikutus myös koulutukseen tarvittaviin resursseihin, kuten kalustoon ja koulutuksen ajalliseen keston. Molempien järjestelmien lopullinen tavoite on sama, eli saada hävittäjälentäjä toimimaan mahdollisimman tehokkaasti osana Suomen ilmapuolustusjärjestelmää.

Hävittäjälentäjän osaamisen kautta saavutettuun tehokkuuteen vaikuttaa se kokonaisuus, jolla hän kykenee yhteistyössä lentokoneen sekä muiden toimijoiden kanssa vastaamaan ympäristön asettamiin vaatimuksiin. Toimintaympäristön ja toimijoiden välisten riippuvuuksien monimutkaisuudesta johtuen, on informaationhallinnan tai päätöksenteon irrottaminen tuosta kokonaisuudesta haastavaa. Vaikka tässä tutkimuksessa kyettiin muodostamaan yksilötason osaamisesta malli määritelmiseen sekä selvittämään informaationhallintaan ja päätöksentekoon liittyviä tulevaisuuden näkymiä, on ilmiötä tarkasteltava muutosten ymmärtämiseksi kokonaisvaltaisemmin.

Vaikka hävittäjälentäjältä vaadittavat ominaisuudet ja osaaminen muuttuvat tulevaisuudessa, ei kognitiivisten toimintojen ulkoistaminen keinoälylle tai automaatiolle tule tapahtumaan yksittäisenä evolutionaarisenä murroksena, vaan pienin hyppäyksiin kapeilla sektoreilla. Näitä ensimmäisiä muuttuvia sektoreita hävittäjätoiminnassa ovat koneen suojautumiseen, elektroniseen sodankäyntiin ja sensoreihin liittyvät järjestelmät. Keinoälyllä helpotetaan tulevaisuudessa ohjaajan päätöksentekoa valmistelemalla päätöksentekoon tarvittavaa informaatiota helpommin käytettävään muotoon tai valmiiksi ratkaisumalleiksi, joiden hyväksynnästä lentäjä päättää.

Toisaalta automaatio tuottaa tyypillisesti ihmisen kognitiivisen kuormituksen molempia ääripäitä, joka voi johtaa yhtä lailla ihmisen roolin kasvuun osana järjestelmää. Tämä johtuu siitä, että vaikka automaatio helpottaa näennäisesti työkuormaa, niin lentäjän on edelleen kyettävä säilyttämään tilannetietoisuus ja -ymmärrys nykyisistä ja tulevista tilanteista. Varsinainen keinoälyn osuus tässä yhteydessä liittyykin todennäköisesti siihen, miten tehdyt esitykset mahdollisine seurauksineen lentäjälle perustellaan. Tällä on suora vaikutus siihen, miten tilanneymmärrys kyetään tuottamaan lentäjälle mahdollisimman eheästi sekä monipuolisesti "ulkopuolisen antamana", mutta aiheuttamalla samalla mahdollisimman vähän kognitiivista kuormaa. Tilanneymmärryksen luomiseen käytetään tulevaisuudessa paremmin visualisoituja

ja lähes reaaliaikaisia simulaatioita, jotka lisäävät strukturoidun tiedon määrää tilanneymmärryksen muodostamisessa.

Strukturoidun tietoaikaisen lisääntyminen lentäjän päätöksenteossa vaikuttaa helpottavasti nopeiden päätösten muodostumiseen, jolloin ammatinhallintaan tarvitaan entistä vähemmän harjaantumista. Toisaalta on vaikea sanoa suoraan, tuleeko hävittäjäohjaajan työskentelyympäristön intensiteetti kokonaisuutena laskemaan vai nousemaan. Intensiteetin muutosta voidaan kuvata hävittäjäohjaajalta vaadittavien päätösten ja toimintojen ilmenemistiheytenä. Nykyään osa ohjaajan suorittamista yksinkertaisista, mutta kuormitusta lisäävistä rutiininomaisista päätöksistä tullaan korvaamaan automaatiolla. Eniten kapasiteettia kuormittavien strukturoimattomien harkinnanvaraisten päätösten osalta suuntaus on, että ne muovataan mahdollisimman strukturoiduksi keinoälyn ja automaation keinoin. Tämä voi johtaa siihen, että lentäjästä tulee keskeisen ongelmanratkaisijan sijaan enenevässä määrin valmisteltujen päätösten tai toimintaketjujen hyväksyjä.

Päätöksentekijän on ymmärrettävä päätösten seuraukset ja vaikutukset sekä niiden suhde asetettuihin tavoitteisiin. Kyky harkinnanvaraiseen tavoitteiden muokkaamiseen on olennainen osa toimintaa monimutkaisessa päätöksentekoympäristössä. Keinoälyllä ei ole kykyä usean eri kontekstiin kuuluvan ongelman keskinäiseen vertailuun, jonka edellytyksenä on monimutkaisten syy-seurausketjujen ymmärtäminen. Tämä muodostanee suurimman hidasteen tai esteen keinoälyn käyttösovellusten laajentumiselle uuden hävittäjän aikakaudella. Keinoälyllä ei ole näköpiirissä kykyä abstraktiin ongelmanratkaisuun, jonka avulla tavoitteellinen toiminta sopeutetaan luovasti vallitsevan tilanteen mukaiseksi. Vaikka keinoäly kykenisikin sopeutumaan muuttuviin tilanteisiin, ei sillä ole ihmisen kaltaista luontaista kykyä muuttaa tilanteen vaatiessa tavoitteitaan itsenäisesti, eli intuitioon perustuen. Lähes kaikki keinoäly pohjautuu vielä pitkään algoritmeihin ja ohjelmoituihin, joskin joiltain osin oppimiskykyiseen logiikkaan. Vaikka keinoäly päällisin puolin vaikuttaakin konemaiselta älykkyydeltä, niin se on pohjimmiltaan monimutkaista automaatiota. Tässä piilee ihmisen merkitys osana ilmasodankäyntiä myös tulevaisuudessa. Koneilla on kyky tehdä ja tietää konkreettisia asioita ihmistä tehokkaammin, mutta niillä ei ole abstraktin ajattelun edellytykseksi nähtävää kykyä ymmärrykseen. Tästä johtuen automaatio lisääntyy tulevaisuudessa konkreettisten asioiden prosessoijana, jolloin lentäjän kapasiteettia vapautuu yhä enemmän abstraktien asioiden ratkaisemiseen.

Informaationhallinta ja päätöksenteko säilyttävät paikkansa tulevaisuuden hävittäjäohjaajan keskeisimpinä kompetensseina. Automaation ja keinoälyn kehittyminen muuttaa niiden roolia ohjaajan toiminnassa. Teknologisen kehityksen myötä ihmisen rooli informaation kerääjänä sekä yksinkertaisten konkreettisten ongelmien ratkaisijana ja motorisessa toimeenpanossa

vähenee. Toisaalta automaation suorittaessa yksinkertaiset toiminnot ja päätökset, jää lentäjän vastuulle suhteellisesti yhä enemmän haastavia tehtäviä tai ongelmia. Kapasiteetin käyttöperiaatteiden muuttuminen mahdollistaa tulevaisuudessa yhä monimutkaisempien toiminta-ajatusten ja taktiikoiden käytön, joka osaltaan lisää järjestelmän kilpailukykyä monimutkaistuvassa toimintaympäristössä.

Voidaanko abstrakti ajattelu nähdä tulevaisuudessa lentäjän tehtäväkentässä korostuvaksi ominaisuudeksi? Tämän suuntauksen voidaan katsoa vallitsevan jo nyt, kun tekniset järjestelmät mahdollistavat lentäjän kapasiteetin käytön yhä dynaamisempiin taktisiin ratkaisuihin alati monimutkaistuvassa toimintaympäristössä. Jos lentokoneen järjestelmät vastaavat tulevaisuudessa korostuneemmin konkreettisista ongelmista sekä yksinkertaisista tehtävistä ja lentäjän toiminnot liittyvät yhä enemmän abstraktiin ongelmanratkaisuun, muuttaa se oleellisesti lentäjältä vaadittavia ominaisuuksia. On selvää, että jatkossakin lentäjän tulee kyetä myös konkreettiseen päätöksentekoon ja toimintaan. Se, missä suhteessa abstraktia ja konkreettista ajattelua tai toimintaa ilmenee, tulee automaation ja keinoälyn myötä muuttumaan. Tutkimustuloksista on pääteltävissä, että toimintojen konkreettisuus tulee joiltain osin väistymään abstraktimman ja enemmän yleistä älykkyyttä vaativan informaationhallinnan tieltä.

Koska abstraktiin ajatteluun sidoksissa olevat valmiudet ovat jossain määrin perinnöllisiä, tulee valintajärjestelmän lähivuosina huomioida entistä korostuneemmin muistin, älykkyyden, erottelu- ja yleistämiskyvyn merkityksen lisääntyminen. Näin ollen valintakokeissa tulee korostaa sopeutumiskykyä, joustavaa ja nopeaa oivalluskykyä, tiedon hyödyntämiskykyä, abstraktia ajattelua sekä oppimiskykyä mittaavien testien osuutta. Työmuistin kapasiteettia eli tarkkaavaisuuden hajauttamiskykyä mittaavia testejä ei voida jättää kokonaan pois, koska ominaisuudelle on tarvetta myös tulevaisuudessa. On huomionarvoista, että älykkyyden eri osa-alueet tukevat vahvasti ammatinhallintaa myös lentämisen ulkopuolisissa työtehtävissä. Samaa ei voi sanoa esimerkiksi motorisesta lahjakkuudesta, jonka rooli tulosten perusteella on muutenkin vähenemässä tulevaisuudessa.

Vaikka älykkyyden merkitys korostuu tulevaisuudessa, ei suomen kansallinen koulujärjestelmä kykene korvaamaan ilmavoimien omaa valintajärjestelmää. Tähän on monia syitä. Ensinnäkin koulujärjestelmä on suunniteltu yleisen työelämän tarpeisiin ja sen valmiuksia varten. Toiseksi, koulumenestys ei ole asenteellisista tekijöistä johtuen luotettava älykkyyden mittari. Kolmanneksi, koulujärjestelmä ei vielä nykyisellään mittaa aukottomasti älykkyyttä vaativaa abstraktin ajattelun ja ymmärryksen kykyä, vaan pelkällä tiedolla on mahdollista saavuttaa hyviä mitattuja tuloksia.

Miten yleisen älykkyyden merkityksen kasvu näkyy lentokoulutusjärjestelmälle? Oppilaiden menestyminen lentokoulutuksessa vaatii pitkälti niitä kykyjä, joita aikaisemmin kuvattiin älykkyydeksi. Lentokoulutusjärjestelmän nousujohteisuus asettaa nykyiselläänkin korkeat vaatimukset sopeutumiskyvylle, kyvylle hyödyntää tietoa käytännössä sekä oivallus- ja oppimiskyvylle. Näin ollen lentokoulutusjärjestelmän luonteenomaiset piirteet mittaavat ja seuraavat menestystä ainakin teoreettisesti oikeilla perusteilla. Näiden kykyjen oppimisen katsotaan tapahtuvan pitkälti harjaantumisen tuloksena. Nykyisellään lentokoulutusjärjestelmän fundamenttina on, että kaikille opetetaan samat asiat ja koulutuksen eteneminen on menestyksestä riippumatta likipitään sama. Tämä on osin käytännön sanelema asia, mutta taustalla valitsee myös halu kyetä oppilaiden tasa-arvoiseen kohteluun joka mahdollistaa ohessa myös keskinäisen vertailun.

Lentokoulutusjärjestelmän periaatteet tukevat nousujohteisuutensa ansiosta jo nykyisellään metakognitiivisten kykyjen kehittymistä. Koulutusohjelmien haastavuustason ollessa oikea, niissä menestyminen vaatii yleisiä älykkyyden määritelmään liitettyjä ominaisuuksia, jolloin myös jatkokoulutuskelpoisuuden määrittelyn mittarit tai kriteerit pysyvät valideina. Hävittäjä-lentämistä edeltävissä lentokoulutusvaiheissa on uuden hävittäjän aikakaudella kyettävä tuottamaan nykyistä korostuneempi autenttinen informaatioympäristö läpi koulutusvaiheiden.

Lentokoulutusjärjestelmässä käytettävän lentokone- ja simulaattorikaluston kehittämisen painopistealueet on löydettävissä tämän tutkimuksen luvusta 8. Selkeä havainto on, että kaluston kehittämisen painopisteenä tulee olla nimenomaisesti informaatiota tarjoavien uhka- ja sensorijärjestelmien autenttisuus verrattuna hävittäjätoimintaan. Näin ollen näyttölaitteiden mukautuvuus, kaluston verkottuneisuus sekä tehtävätietokoneiden kapasiteetti yhdistettynä ohjelmistopohjaisiin reaaliaikaisiin ase-, sensori- ja uhkasimulaatioihin ovat prioriteetiltaan sekä hyötysuhteeltaan mekaanisia käyttölaiteita parempia kehityskohteita. Monitoimikosketusnäytöt ovat yksi esimerkki ratkaisusta yhdistää sekä käyttö- että näyttölaitteet jo nykyteknologian mahdollistamissa rajoissa. Myös sensorifuusioon sekä järjestelmien tuottamaan tietoon liittyvät epävarmuudet ja rajoitukset tulee kyetä huomioimaan koulutuksessa siten, että niillä edesautetaan informaation jatkuvaan kriittiseen tarkasteluun tarvittavien mentaalisten mallien muodostumista. Järjestelmien puheohjauksen mahdollisuudet avautuvat todennäköisesti vasta myöhemmin tulevaisuudessa, mutta järjestelmäkehityksessä on mahdollisuuksien mukaan huomioitava myös tämä kehityssuuntaus.

9.1. Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Teoriaosuuden alakysymys oli: **"Mitä hävittäjälentäjän osaaminen on ja miten siihen kohdistuvat muutokset on arvioitavissa?"** Teoriaosuuden alakysymykseen vastataan luvun 6 mukaisella käsitteellisellä osaamismallilla sekä osaamissysteemin määritelmällä. Osaaminen jäseneltiin toiminnallisiksi kokonaisuuksiksi tai tasoiksi, joihin lentäjän tarvitsemia kompetensseja tai kognitiivisia toimintoja voitiin sijoittaa. Perusteita tutkimuksen empiiriseen osuuteen asetettaville pohjaolettamuksille ja hypoteeseille vahvistettiin taitojen sekä automaation tai keinoälyn teoriapohjaisella kategorisoinnilla ja taulukoinnilla (kuva 15). Mallin ja määritelmän avulla hävittäjälentäjän osaamiseen kohdistuvia muutoksia kyettiin arvioimaan sekä laadullisesti, että määrällisesti. Empiirisen osuuden havainnot myöhemmin osoittivat, että määrälliset tulokset saatiin sidottua laadullisia helpommin teoriapohjaan. Tästä johtuen laadullisilla havainnoilla lähinnä täydennettiin määrällisistä havainnoista tehtyjä johtopäätöksiä sekä pohdintaa. Osaamiseen kohdistuvien muutosten arviointiin pätee sama problematiikka, kuin osaamisen arviointiin yleisesti: Kuinka laadullista tietoa voi muuttaa määrälliseen muotoon objektiivisuuden kärsimättä? Jos tarkkoja teknisiä faktoja ei ole käytössä tai mahdollista käyttää, voidaan tutkimuksen objektiivisuutta lisätä käyttämällä delfoi-menetelmää.

Empiriaosuuden alakysymys oli: **"Mitä muutoksia hävittäjälentäjän osaamiseen kohdistuu uuden hävittäjän aikakaudella ja miten ne heijastuvat lentokoulutus- ja valintajärjestelmään?"** Empiirisen osuuden alakysymykseen vastattiin luvun 8 mukaisella tulevaisuuden osaamissysteemillä (kuva 22) kuvauksineen. Mallin avulla havainnollistetaan osaamismalliin tulevaisuudessa kohdistuvat muutokset. Yleinen havainto on, että lentäjän rooli aktiivisena järjestelmien käyttäjänä vähenee tulevaisuudessa, mutta käsiteltävän informaation merkitys kasvaa. Keinoälyn ei uskota korvaavan ihmistä päätöksentekijänä. Automaation kehittymisen vaikutukset heijastuvat laajimpina elektronisen sodankäynnin järjestelmien sekä sensorien käyttämiseen. Toisaalta näiden kompetenssien informaatiotason merkityksen lisääntyminen muuttaa sensoreihin sekä uhkatilanne- ja elektronisen sodankäynnin järjestelmiin liittyvien kompetenssien ilmenemisen periaatteita informatiivisempaan suuntaan.

Päätutkimuskysymys oli: **"Miten valinta- ja koulutusjärjestelmien tulee varautua uuden hävittäjän aikakauteen"** Ihmisen vähentyvä osallistuminen informaation aktiiviseen tuottamiseen yhdistettynä kasvavaan informaatiomäärään sekä -tärkeyteen lisäävät riskiä lentäjän kohtaamiin orientaatio-ongelmiin. Orientaatio-ongelmien heijastevaikutuksia voidaan vähentää muuttamalla valintajärjestelmän valintaperusteita sekä kehittämällä koulutusjärjestelmän oppimisympäristöjen autenttisuutta erityisesti uhka- ja sensori-informaation osalta, joissa automaation määrä sekä informaation merkitys lisääntyvät eniten. Oivallus-, oppimis- ja sopeu-

tumiskykyä mittaavia testejä korostamalla, saadaan valintajärjestelmän kautta rekrytoitua paremmat kognitiiviset lähtövalmiudet omaavia lento-oppilaita.

9.2. Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa voidaan nähdä useita eri tietoteoreettisia totuusteorioita. Tulosten totuudenmukaisuutta ja objektiivisuutta voidaan arvioida eri näkökulmista. Havaintojen luotettavuus ja puolueettomuus on keskeinen osa tarkastelua. Laadullisen tutkimuksen piirissä validiteetin ja reliabiliteetin käsitteillä ei ole juurikaan käyttöarvoa, koska käsitteet ovat syntyneet määrällisen tutkimuksen tarpeista. Laadullinen tapaustutkimus on loppujen lopuksi kertomus löytämisestä, jolloin tutkittava asia ei välttämättä ole se mitä alussa on luvattu. Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arviointiin ei ole ylipäänsä olemassa yksiselitteisiä ohjeita, mutta Tuomi ja Sarajärvi esittelevät listan asioista, jotka on hyvä muistaa laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa. (Tuomi & Sarajärvi 2013, 134–140)

Tutkimuksen kohde ja tarkoitus, eli mitä tutkitaan ja miksi? Tutkimuksen kohteena oli hävittäjälentäjän osaaminen ja siihen kohdistuvat muutospaineet uuden hävittäjän aikakaudella. Syyinä kohteen tutkimiseen on nykyisen hävittäjän korvaaminen uudella noin kymmenen vuoden kuluessa. Ilmavoimien valinta- ja koulutusjärjestelmällä kestää arviolta kahdeksan vuotta saada koulutettava valintakokeiden ensimmäisestä vaiheesta sotavalmiiksi hävittäjäohjaajaksi. Tämän seurauksena muutaman vuoden sisään valintajärjestelmämme alkaa ottaa sisään oppilaita, joiden hävittäjäkoulutus alkaa uudella hävittäjällä.

Tutkimus käynnistyi tarpeesta muodostaa matemaattinen malli, jolla kyetään demonstroimaan eri hävittäjä- ja tehtävätyyppien sekä ohjaajan taitotasokombinaatioiden kustannuksia. Mallia rakennettiin noin puoli vuotta, jonka jälkeen tehtävätyyppien välisten siirtovaikutusten arvioinnin nähtiin sisältävän liian paljon epävarmuuksia. Syntyi päätös muuttaa tutkimuksen tavoitetta. Matemaattisen mallintamisen sijaan tutkimuksen teoriaosuudessa muodostettiin käsitteellinen malli hyödyntäen osin aiemmin tekemiäni havaintoja hävittäjälentäjän osaamisesta. Hornetin seuraajan valinta oli aloitushetkellä nousemassa ajankohtaiseksi. Sen vuoksi tutkimuksen empiirisen osion painopisteeksi muodostettiin uuden hävittäjän vaikutukset lentäjän osaamiseen. Tutkimuksen tässä vaiheessa kyettiin nojaamaan muodostuneeseen ymmärrykseen osaamisteorioista siinä määrin, että määritellyille avainkompetensseille löydettiin tulevaisuudessa muutospainetta aiheuttavat tekijät.

Tutkijan omat sitoumukset tutkijana, eli miksi tämä tutkimus on minusta tärkeä ja mitkä olivat olettamukseni ennen tutkimuksen aloittamista? Omat alkuolettamukseni tutkijana olivat, että

uusi hävittäjä ei tule vaikuttamaan merkittävästi etenkään valintajärjestelmän perusteisiin. Koulutusjärjestelmän osalta oletamani muutokset liittyivät lähinnä mahdollisiin rajoitteisiin hävittäjän koulutusversioiden saatavuudessa ja sen vaikutuksiin simulaattorikoulutuksen määrässä ja laadussa. Pyrin lisäämään tutkimuksen objektiivisuutta irrottautumalla tutkijana lentäjän roolista, joka annettiin delfoi-kyselyn asiantuntijapaneelille. Tämä saattoi olla yksi tekijä, joka aiheutti alkuhaasteita johtopäätösten tekemisessä. Johtopäätösten aikaansaaminen edellytti lopulta asemoitumista objektiivisen tutkijan ja lentäjän roolien puoliväliin.

Tutkimuksen alkuvaihetta kuvasti vahva tekninen orientaatio joka muuttui tutkimuksen edessä kohti psykologista orientaatiota. Pohjatietämykseni psykologiasta oli heikko, joten niiltä osin alkuolettamukseni perustuivat yleistietämykseen. Syvällinen perehtyminen aiheeseen mahdollisti asioiden yhdistelyn sekä ennakkoluulottoman otteen käsiteltävään aiheeseen, joka laajensi tarkastelun kohteeksi valittua lähdeaineistoa ja näin ollen lisäsi osaltaan tutkimuksen luotettavuutta. Tekninen orientaatio heijastuu tutkimuksen menetelmävalinnoissa ja systeemiajattelun hyödyntämisessä. Tutkimus on muuttanut näkemystäni etenkin oppimismekanismista. Oppimispsykologian tutkiminen muodostui mielenkiintoiseksi, koska asia oli itselleni lähes täysin uusi. Oma oppimisprosessini toimi itseasiassa osin oppimisteorioiden reaaliaikaisena konkretisoijana, joka heijastuu osin myös raportissa.

Aineiston keruu. Aineiston kerääminen Delfoi-kyselyllä ilman pohjustavia haastatteluja perustui näkemykseen siitä, että vahvalla teoriapohjalla kykenen laatimaan tutkittavan asian kannalta objektiivisen ja luotettavan kyselyn. Kyselyn laatua parannettiin kahdella pilottikierroksella, jossa karsittiin pois epäselvyyksiä ja huonoja ilmaisuja. Pilottikierrosten perusteella ei arvioitu sitä, miten kysely vastaa pääongelmaan. Aineisto kerättiin sähköisesti webropol-portaalin avulla. Kyselyn osalta erityisen haastavaa oli se, että tutkimus yhdisti kahden erilaisen "toimialueen" piirteitä, joka paisutti myös kyselyssä kerätyn tiedon määrää. Psykologian ja ilmasodan teknisten tulevaisuusnäkökymien yhdistämisen haasteeksi muodostui asiantuntijapaneelin koostumus. Tutkimuksen tavoitteiden kannalta loogisimmaksi ratkaisuksi nousi se, että muodostan tutkijana itselleni riittävän teoriapohjan psykologiasta, josta esiin nousseita elementtejä hyödynnän ilmasodan kontekstissa. Mielestäni tämä on myös puolueettomampi asetelma, koska en tutkijana ota kantaa tulevaisuuden ilmasodan yksityiskohtiin, vaan sidon ilmasotaan perehtyneen asiantuntijapaneelin näkemykset itselleni lähtökohtaisesti tuntemattomamman tieteenalan teoreettiseen kehukseen.

Asiantuntijapaneeli muodostui tulevaisuuden ilmasotaan perehtyneistä henkilöistä, joka asetti psykologisen orientaation vuoksi korkeat vaatimukset kyselyn ja käsitteistön selkeydelle. Joidenkin käsitteiden osalta erot ymmärryksessä olikin havaittavissa. Tämä heikensi osin tulos-

ten luotettavuutta, mutta toisaalta laajensi saatujen vastausten näkemyskenttää, joka voi delfoi-kyselyssä olla myös positiivinen asia. Asiantuntijapaneelin koko oli riittävä (13 henkilöä) valitun menetelmän tarpeisiin. Paneelin toinen ryhmä muodostui YEK58 oppilaista. Tulosten luotettavuuden lisäämiseksi ryhmien vastaukset pidettiin erillään ja niitä vertailtiin keskenään mahdollisten poikkeamien havaitsemiseksi. Delfoin aikana ei kyetty toteuttamaan selkeää iterointia kierrosten yhteydessä, vaan toinen kierros osin vahvasti ja osin lisäsi elementtejä ensimmäisen kierroksen tuloksiin. Toinen kierros ei näin ollen kyennyt tavoitellussa mittasuhteessa ensimmäisen kierroksen tulosten laadulliseen arviointiin.

Aineiston analyysi, tulosten tulkinta ja raportointi suoritettiin soveltamalla aineistolle sisällönerittelyä ja -analyysia. Otannan pienuudesta johtuen tuloksilla ei ollut varsinaista tilastollista merkitystä, mutta ne tukivat laadullista analyysia. Väitteiden osalta vastaukset luokiteltiin ja taulukoitiin. Luokitelluista argumenteista muodostettiin synteesejä, jotka esiteltiin raportissa luokiteltuina tuloksina. Väitteiden ja apukysymysten vastausten avulla luokiteltuja tuloksia analysoitiin vertaamalla niitä muodostuneeseen teoriapohjaan. Laadullisen analyysin tukeminen määrällisin keinoin lisäsi tiedon selkeyttä ja luotettavuutta. Synteesien muodostaminen perustuu kuitenkin aina tutkijan subjektiiviseen näkemykseen. Luotettavuuden parantamiseksi arvioin myös käsitteistöön tai kysymyksiin kohdistuvia väärinymmärryksiä. Tutkimuksen tarkoituksena ei ollut etsiä yhtä ainoaa ja oikeaa totuutta, vaan muodostaa mahdollisia tulevaisuuskuvia, joista muodostan tutkijana synteesin kautta näkemyksen. Tämä prosessi sisältää aina subjektiivisia olettamuksia ja arvauksia, jotka ovat tyypillisiä piirteitä tulevaisuuden tutkimukselle.

Kyselyissä kerättyä aineistoa olisi voinut hyödyntää täysimääräisemmin. Osin tämä johtui tutkimuksen aikataulusta, jonka seurauksena kyselyiden lähettämiseen liittynyt kiire vähensi niihin kohdistuneen ennakoivan kriittisen tarkastelun määrää. Toisaalta tutkimuksen tarkoituksiin jälkikäteen liian laajaksi muodostunut aineisto mahdollisti sellaisia näkökulmia ja havaintoja, joita ei alkuperäisellä asetelmalla pyritty löytämään. Esimerkiksi tutkimuksen keskeisin johtopäätös "uhka- ja sensoriketjujen" kognitiivisen logiikan muuttumisesta perustui kerätyn aineiston laajuuteen ja kokonaisvaltaiseen tarkasteluun.

Tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa on muistettava, että tulevaisuuden tutkimus ei koskaan tuota varmaa tietoa. Näin ollen tutkimuksen sisäinen ja ulkoinen luotettavuus on syyt erottaa toisistaan. Sisäisellä luotettavuudella tarkoitetaan tutkimuksen loogisuutta sekä johdonmukaisuutta. Ulkoisella luotettavuudella tarkoitetaan tutkimustulosten siirrettävyyttä toiseen yhteyteen, eli yleistettävyyttä. (Ronkainen, Pehkonen, Lindblom-Ylänne & Paavilainen 2011, 129–131.) Tutkimuksen sisäiselle loogisuudelle ja johdonmukaisuudelle suurimman

haasteen muodosti suuri poikkitieteellisten käsitteiden määrä, johon vastattiin systeemimetodologialla sekä narratiivisella raportoinnilla. Tutkimuksessa luodut mallit ovat vain malleja eivätkä näin kuvaa todellisuutta, mutta auttavat sen hahmottamisessa. Kukin systeemimetodologiassa luotava malli on ainutkertainen ja riippuu valittavasta näkökulmasta (ks. Mannermaa 1999). Tutkimuksessa luotujen mallien tavoitteena ei ole antaa vastausta tutkimuskysymyksen, vaan parantaa tutkimuksen luotettavuutta havainnollistamalla keskeistä käsitteistöä ja niiden välisiä suhteita. Tämä korostuu eri tieteenalojen käsitteistön integroinnissa ja synteesissä. Tutkimuksen laadullista luotettavuutta parannettiin mm. aineisto-, teoria- ja menetelmätriangulaatioilla, joiden seurauksena syntyi esimerkiksi luvun 6.2 suoritteiden kategorisointi delfoin tueksi eri teorioita yhdistämällä. (Hirsjärvi ym. 2010, 231–232; Tuomi & Sarajärvi 2013, 145–147).

Tutkimuksen raportointi suoritettiin teoriaosuuden kohdalla narratiivisena osaamissysteemin tarinana, jonka avulla teoriapohjaa ja muodostettavaa mallia rakennettiin. Laadullisen tutkimuksen osalta tämä nähdään mahdolliseksi tutkimuksen menettämättä sen tieteellistä statussaan (Eskola & Suoranta 1995, Tuomi & Sarajärvi 2013, 141 mukaan). Raportointimenettely kehittyi havaitessani poikkitieteellisen käsitteellisen monimutkaisen mallin rakentamisen ja raportoinnin haasteellisuuden. Näkemykseni mukaan systeemin tarinaan sisältyneet välitarkastelut lisäsivät tutkimuksen läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta, koska lukijan ei tarvitse ymmärtää koko systeemin toimintaa yhdellä kertaa. Tämä on olennaista siksi, että teoriapohjan sisäistäminen on keskeisessä roolissa myös tutkimuksen perusteella muodostettavien tulevaisuusnäkymien ymmärtämisessä. Käytetty monitriangulaatio aiheutti haasteita raportoinnin selkeyteen. Tämän vuoksi raportin alussa on pyritty luomaan mahdollisimman kattava kuvaus tutkimuksen toteuttamisesta ja etenemisestä.

Toteutuksen kannalta tutkimusasetelman ja ainelaitoksen vaihtuminen kesken tutkimuksen muodosti haasteen. Vaihdos mahdollisti lopulta aikaansaatuisten havaintojen hyödyntämisen osittain myös uudessa asetelmassa, joten vaihdoksen negatiiviset seuraukset jäivät kohtuullisen pieniksi. Jälkikäteen ajateltuna vaihdos on tulkittavissa osaksi laadulliseen tapaustutkimukseen kuuluvaa "matkaa oppimisesta ja ymmärtämisestä".

9.3. Tutkimuksen asema lentokoulutuksen tutkimuskentässä

Pöysti (2015, 142) peräänkuulutti tutkimuksessaan koulutusjärjestelmän kokonaisvaltaista kehittämistä siten, että rajapinnat koulutusvaiheiden välissä muodostuisivat mahdollisimman pieniksi. Rajapintojen minimoiminen on mahdollista tarkastelemalla osaamista ja koulutusta eri koulutusvaiheita yhdistävien elementtien kautta. Laajennettuna kattamaan koko koulutusjärjestelmän, näiden elementtien merkitys vastaa Herrasen (2007, 155) tutkimuksessaan käyt-

tämää käsitettä autenttinen oppimisympäristö, jolla kyetään kehittämään hävittäjälentäjän kompetensseja todellisuutta vastaavassa kontekstissa koulutusvaiheesta riippumatta.

Tämän tutkimuksen empiirisen osuuden tulokset tukevat Herrasen (2007, 155) tekemiä havaintoja informaationhallinnan keskeisestä asemasta hävittäjälentämisessä myös tulevaisuudessa. Toisaalta tulosten perusteella käytännön toiminnot, kuten tutka- ja sensorijärjestelmän manipulointi vähenee tulevaisuudessa. Tällä havainnolla on vaikutusta siihen, millaisilla ominaisuuksilla on merkitystä suunniteltaessa, kehitettäessä tai hankittaessa uutta koulutuskonekalustoa tai -simulaattoreita. Saatujen tulosten valossa Herrasen (2007, 155) listaus lento- ja simulaattorikaluston kehittämisen kannalta kriittisimmistä järjestelmistä¹⁰⁰ on edelleen ajantasainen, vaikka käyttölaitteiden autenttisuuden merkitys vähenee tulevaisuudessa automaation vuoksi. Tehty havainto on myönteinen koulutusjärjestelmäkehityksen kannalta, sillä informaation tuottamiseen osallistuvien järjestelmien mallintaminen ohjelmistokehityksellä on selkeästi toimintatason järjestelmien vaatimaa "rautapohjaista" kehittämistä edullisempaa. Näin ollen lentokoneisiin tai simulaattoreihin suoritettavat mekaaniset muutostyöt voidaan rajata tuottamaan ainoastaan sellaisen motorisen kontrolloinnin autenttisuuden tason, joka mahdollistaa informaationhallinnan autenttisuuden lisäämisen ohjelmistopohjaisin ratkaisuin.

Herranen (2007) ja Pöysti (2015) hyödynsivät tutkimuksissaan pääasiallisesti valmiita kompetenssimalleja, joissa ei käytetty tämän tutkimuksen kaltaista kolmijakoa informaatio-, kognitiiviseen ja toimintatasoon. Toisaalta tutkimusten mielenkiinnon kohteet, tavoitteet sekä tulevaisuuden muutoksen aiheuttajaksi nähtyjen muuttujien käsittelytarkkuudet poikkeavat toisistaan, joka heikentää tutkimustulosten keskinäistä vertailtavuutta.

Tässä tutkimuksessa kehitettiin Pöystin (2015, 142) jatkotutkimustarpeena esiin tuoma yksityiskohtaisempi kompetenssirakenne eli hävittäjälentämisen nykytilaa kuvaava osaamismalli, jonka elementteihin kaikkien lentokoulutusvaiheiden tulisi tuottaa vastinetta. Jotta ilmataistelun elementit saadaan sisällytettyä malliin mahdollisimman kokonaisvaltaisesti ja koulutusvaiheriippumattomasti, on malli muodostettu koulutusjärjestelmän lopputuotteen eli valmiin hävittäjälentäjän näkökulmasta. Osaamismallista delfoi-kyselyn avulla muodostetun tulevaisuuden osaamissysteemin avulla voidaan koulutusjärjestelmää kehittää koulutusvaiheesta riippumatta kokonaisvaltaisemmin ja tulevaisuuden vaatimusten mukaisesti.

Kyselyn vastauksia luokitellessani tein mielenkiintoisen sivuhavainnon Herrasenkin (2007, 158) tutkimuksessaan esiin nostamasta ilmavoimallisesta "konservatiivisuudesta" kehittämistä kohtaan. Vaikka tämä ei ollut tutkimuksen mielenkiinnon kohteena, niin tuloksista voidaan

¹⁰⁰ Tutka, tutkavarointi ja tietovuo sekä hävittäjää vastaava ohjaamoympäristö näyttö- ja käyttölaitteiden.

päätellä nuoremman vastaajasukupolven edustavan selkeästi radikaalimpaa näkemystä teknologisen kehityksen vaikutuksista. Näin ollen Ilmavoimissa on tapahtumassa lentokoulutuksen kehittämistyössä hiljainen muutos, joka voi hyvinkin olla heijastuma viidennen sukupolven hävittäjän teknologisesta hyppäyksestä, HX-hankkeen mukanaan tuomasta ymmärryksestä sekä asiantuntijoiden fokuoitumisesta kohti seuraavaa hävittäjäsuukupolvea.

Tämän tutkimuksen sotilaspedagoginen kontribuutio kohdistuu kapeaan ammatilliseen sektoriin, eli lentokoulutusjärjestelmään ja lentäjän osaamiseen. Tutkimus ei asemoidu suoraan sotilaspsykologian tieteenalan piiriin vaikka siinä onkin vahva psykologinen painotus. Syynä tähän on sotilaspsykologian pääasiallinen keskittyminen Puolustusvoimissa sosiaalipsykologiaan, käyttäytymistieteisiin sekä henkilöstövalintoihin ja -arviointeihin (Rantapelkonen & Koistinen 120–122). Tutkimuksessa tuotettu malli on muodostettu universaaleja psykologisia periaatteita hyödyntäen, joten mallin muokkaaminen muiden ammattiryhmien tai tehtävien tarpeisiin on mahdollista muuttamalla informaatio- ja toimintatason kompetensseja sekä elementtejä vastaamaan ammatillisia ominaispiirteitä.

Vaikka tässä tutkimuksessa muodostettiin hävittäjälentäjän osaamisen yleinen raami sekä sen tulevaisuuden kehityssuunnat, niin hävittäjälentäjän työssään kohtaamien ongelmanratkaisutilanteiden tai käytännön suoritteiden yksityiskohtaisempi luokittelu kuvassa 15 käyttämiini kategorioihin¹⁰¹ palvelisi koulutusjärjestelmää monella tapaa. Ensinnäkin luokittelun avulla voitaisiin arvioida tilanteiden tai suoritteiden ohjaajalle aiheuttamaa kognitiivista kuormitusta, jonka avulla voitaisiin säädellä koulutusjärjestelmän nousujohteisuutta sekä tarkoituksenmukaisuutta yksittäisistä lennoista aina koulutusohjelmiin ja koulutusjärjestelmäkokonaisuuksiin asti. Toisaalta, jos hävittäjä- ja koulutuskalusto edustavat taloudellisten tai muiden syiden seurauksena selkeästi eri teknologista kehitysastetta, voidaan koulutusjärjestelmän kehittämistä säätää kokonaisuutena sellaisiin parhaan hyötysuhteen järjestelmiin, joilla taataan pienin mahdollinen rajapinta eri kalustojen tai koulutusohjelmien välille.

¹⁰¹ Ongelman luonne, toistuvuus ja haastavuus. (Dreyfus & Dreyfus 1986; van Merriënboer 1997)

LÄHTEET

- Anderson, J., R. 2015. *Cognitive Psychology and Its Implications*. 8. painos. New York: Worth Publishers.
- Atkinson, R., C. & Shiffrin, R., M. 1968. Human Memory: A Proposed System and Its Control Processes. *Psychology of Learning and Motivation* vol.2, 89–195. Stanford: Stanford University.
- Ausink, J., Marken, R., Miller, L., Manacapilli, T., Taylor, W. & Thirtle, M. 2005. Assessing the impact of future operations on trainer aircraft requirements. RAND project Air Force Report. Pittsburgh: RAND Corporation. ISBN 0-8330-3790-0
- Ausink, J. A., Taylor, W. W., Bigelow, J. H. & Brancato, K. 2011. Investment strategies for improving Fifth-Generation Fighter Training. RAND Project Air Force Report. Pittsburgh: RAND Corporation. ISBN 978-0-8330-5060-1
- Billings, S. A. 2013. *Nonlinear System Identification - NARMAX methods in the time, frequency, and spatio-temporal domains*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Busemeyer, J. R. & Townsend, J. T. 1993. Decision Field Theory: A Dynamic Cognitive Approach to Decision Making in an Uncertain Environment. *Psychological Review* Vol.100. No.3. 432–459. American Psychological Association Inc.
- Campbell, J., S., Castaneda, M. & Pulos, S. 2010. Meta-Analysis of Personality Assessment as Predictors of Military Aviation Training Success. *The International Journal of Aviation Psychology* 20(1), 92–109. Routledge.
- Checkland, P. 1981. *Systems Thinking, Systems Practise*. Chicester: John Wiley & Sons Ltd.
- Checkland, P. 1985. From Optimizing to Learning: A Development of Systems Thinking for the 1990s. *The Journal of the Operational Research Society* Vol.36, 757–767.
- Checkland, P. & Scholes, J. 1999. *Soft System Methodology in Action*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Cheng, P., W. 1985. Pragmatic Reasoning Schemas. *Cognitive Psychology* 17, 391–416. Academic Press.

Colegrove, C. M., Bennet, W. Jr. 2006. Competency based training: Adapting to warfighters needs. AFRL-HE-AZ-TR-2006-0014. Mesa: Airforce Research Laboratory - Human Effectiveness Directorate.

Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. 1972. Levels of processing: A Framework for Memory Research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 11. 671–684.

Davis, E. 2014. The Technological Singularity. Ubiquity Symposium. Association for Computing Machinery.

Donders, F. C. 1969. On the Speed of the Mental Processes. *Acta Psychologica* 30: Attention and Performance. 412–431.

Dreyfus, H. L. & Dreyfus, S. E. 1986. *Mind over machine - the power of human intuition and expertise in the era of the computer*. New York: Free Press. ISBN 0-7432-0551-0

Endsley, M., R. 1995. Towards a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors* 37(1), 32–64.

Evans, J., St., B., T. & Stanovich, K., E. 2013. Dual-Process Theories of Higher Cognition: Advancing the Debate. *Perspectives on Psychological Science* 8(3), 223–241. Association of Psychological Science. Sage.

Feldman Barrett, L., Tugade, M., M. & Engle, R., W. 2004. Individual Differences in Working Memory Capacity and Dual-Process Theories of the Mind. *Psychological Bulletin* vol. 130 no. 4, 553–573. American Psychological Association.

Frohm, J. 2008. Levels of Automation in Production Systems. Chalmers University of Technology. Department of Product and Production Development. Väitöskirja.

Fränti, J. 2005. Maisterin avainkompetenssit - opetussuunnitelma akateemista asiantuntijuutta rakentamassa. Tampereen yliopisto. Kasvatustieteiden laitos. Pro gradu.

Gerber, R. 2006. Artikkel. Teoksessa. Castleton, G., Gerber, R. & Pillay, H. (toim.). *Improving Workplace Learning - Emerging International Perspectives*, 35–46. New York: Nova publishers.

Haapasalo, L. 2006. *Oppiminen - tieto - ongelmanratkaisu*. 7. päivitetty painos. Joensuu: MEDUSA-software.

Herranen, T. 2007. Tulevaisuuden teknologia - haaste vai mahdollisuus hävittäjäohjaajan osaamisen kehittämiseksi. Maanpuolustuskorkeakoulu. Sotilaspedagogiikka. Diplomityö.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2010. Tutki ja kirjoita. 15.–16. osin uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Illeris, K. 2011. Workplaces and Learning. Teoksessa. Malloch, M., Cairns, L., Evans, K. & O'Connor, B. (toim.). The Sage workbook of workplace learning. London: SAGE Publications, 32–45. ISBN 978-1-84787-589-1

Janis, I., L. & Mann, L. 1977. Decision making - A Psychological Analysis of Conflict, Choice, and Commitment. New York: the Free Press.

Mannermaa, M. 1991. Evolutionaarinen tulevaisuuden tutkimus. Acta Futura Fennica No.2. Helsinki: Painatuskeskus.

Mills, J., Platts, K., Bourne, M. & Richards, H. 2002. Strategy and Performance - Competing through Competences. Cambridge: Cambridge University Press.

Kamppinen, M., & Ruohonen, M. 2001. Artikkelit. Teoksessa. Saariluoma, P., Kamppinen, M., Hautamäki, A. (toim.). Moderni Kognitiotiede, 252–265. Helsinki: Gaudeamus. ISBN 978-951-662-824-3

Keränen, J.-P. 2004. Käyttäjäportaan asettamat vaatimukset lentokoulutuksen suunnittelu- ja seurantajärjestelmän kehittämiseksi. Maanpuolustuskorkeakoulu. Sotilaspedagogiikka. Diplomityö.

Koivuporras, T-L. 2008. Ihmiset ja pankki samaa maata? Yhteiskuntavastuun toteutuminen pankkisektorilla. Acta Wasaensia No. 195. Vaasan Yliopisto.

Kolb, D. A. 1984. Experiential learning: experience as the source of learning and development. 2nd edition. New Jersey: Prentice Hall. ISBN-10 0-13-389240-9 <<http://academic.regis.edu/ed205/kolb.pdf>> (viitattu 5.1.2017).

Konar, A. 2000. Artificial Intelligence and Soft Computing - Behavioral and Cognitive Modelling of the Human Brain. Florida: CRC Press, inc.

Konar, A. & Jain, L. 2005. Cognitive Engineering - A Distributed Approach to Machine Intelligence. London: Springer-Verlag Ltd. ISBN 1-85233-975-6

Kosola, J. 2013. Vaatimustenhallinnan Opas. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu.

Kuusi, O. 2013. Artikkele. Teoksessa. Kuusi, O., Bergman, T. & Salminen, H. (toim.). Miten tutkimme tulevaisuuksia, 248–266. 3. uudistettu painos. Helsinki: Tulevaisuuden tutkimuksen seura ry

KvantiMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkójulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarasto [ylläpitäjä ja tuottaja]. <<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>>. (Viitattu 21.3.2016.)

Laarni, J., Kalakoski, V. & Saariluoma, P. 2001. Artikkele. Teoksessa. Saariluoma, P., Kamppinen, M., Hautamäki, A. (toim.). Moderni Kognitiotiede, 85–127. Helsinki: Gaudeamus. ISBN 978-951-662-824-3

MacAdam, C. C. 2003. Understanding and Modelling the Human Driver. Vehicle System Dynamics vol.40 Nos.1–3, 101–134.

Mannermaa, M. 1999. Tulevaisuuden hallinta - skenaariot strategiatyöskentelyssä. Porvoo: WSOY.

Metsämuuronen, J. 2010. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 4.laitoksen pohjalta 1.e-kirja painos. Helsinki: International Methelp Oy.

Moore, M., L. & Dutton, P. 1978. Training Needs Analysis: Review and Critique. Academy of Management Review vol.3 No.3, 532–545.

Morgan, D. L. 2014. Integrating Qualitative & Quantitative Methods - A Pragmatic Approach. Kalifornia: SAGE Publications.

Mäkinen, J. 2006. The Learning and Knowledge Creating School: Case of the Finnish National Defence College. Japan Advanced Institute of Science and Technology: School of Knowledge Science. Väitöskirja.

Mäkinen, J. 2009. Artikkele. Teoksessa. Toiskallio, J. & Mäkinen, J. 2009. Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitoksen julkaisusarja 1, n:o 3. Sotilaspedagogiikka: Sotiluuden ja toimintakyvyn teoriaa ja käytäntöä. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu.

Mäntylä, M. 2001. Artikkele. Teoksessa. Saariluoma, P., Kamppinen, M., Hautamäki, A. (toim.). Moderni Kognitiotiede, 128–151. Helsinki: Gaudeamus. ISBN 978-951-662-824-3

NASA. Task Load Index (NASA TLX) - Paper and Pencil Package. Human Performance Research Group. NASA Ames Research Center. California. <<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20000021488.pdf>> (Viitattu 5.11.2016).

Otala, L. 2002. Oppimisen etu - Kilpailukykyä muutoksessa. 4. uudistettu painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Polya, G. 1957. How To Solve It - A New Aspect Of Mathematical Method. New Jersey: G. Polya.

Puolustusministeriö. 2013. Lentokoulutusselvitys. Helsinki: Puolustusministeriö. <http://www.defmin.fi/files/2455/lentokoulutus selvitys_plm_2013.pdf> (Viitattu 7.11.2015)

Puolustusministeriön esiselvitystyöryhmä. 2015. Esiselvitys Hornet -kaluston suorituskyvyn korvaamisesta. Loppuraportti. Helsinki: Puolustusministeriö. ISBN 978-951-25-2680-2

Puranen, L. 2015. On aika käynnistää Hornetin suorituskyvyn korvaava hanke. Kylkirauta 3/2015, No. 268, 27–30. ISSN 0454-7357.

Pääesikunta 2014. Suorituskyvyn rakentaminen ja ylläpito HK666 [31.5.2017].

Pääesikunnan suunnitteluosasto 2013. Suorituskyvyn käsitelmä HJ108 [21.11.2013].

Pöysti, T. 2015. Embedded training - lentokoulutuksen tulevaisuus. Maanpuolustuskorkeakoulu. Sotatekniikan laitos. Diplomityö.

Rauste-von Wright, M., von Wright, J. & Soini, T. 2003. Oppiminen ja koulutus. 9. uudistettu painos. Juva: WS Bookwell Oy. ISBN 951-0-25677-3

Rantapelkonen, J. & Koistinen, L. 2016. Sotataidon laitoksen julkaisusarja 2: Tutkimuslauseita nro1. Pohdintoja sotatieteellisistä käsitteistä. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu.

Revonsuo, A. 2001. Artikkel. Teoksessa. Saariluoma, P., Kamppinen, M., Hautamäki, A. (toim.). Moderni Kognitiotiede, 51–84. Helsinki: Gaudeamus. xx-xx ISBN 978-951-662-824-3

Reyna, V., F. 2004. How People Make Decisions That Involve Risk. Current Directions in psychological science - A Dual-Process Approach. vol.13 nr.2, 60–66. Sage.

Ronkainen, S., Pehkonen, L., Lindblom-Ylänne, S. & Paavilainen, E. 2011. Tutkimuksen voimasanat. Helsinki: WSOYpro Oy.

Rubin, A. 2004. Pehmeä systeemimetodologia tutkimusmenetelmänä. <<https://metodix.fi/2014/05/19/rubin-pehmea-systeemimetodologia/>> (Viitattu 7.11.2016)

Ruohotie, P. & Honka, J. 2003. Ammatillinen huippuosaaminen. Kompetenssitutkimuksen avaama näkökulma huippuosaamiseen, sen kehittämiseen ja johtamiseen [Skills-julkaisu 2/2003]. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. ISBN 951-784-172-8.

Treisman, A., M. & Gelade, G. 1980. A feature-Integration Theory of Attention. *Cognitive Psychology* 12, 97–136. Academic Press.

Tulving, E. & Donaldson, W. 1972. *Organization of memory*. New York: Academic Press.

Tulving, E. & Markowitsch, H. 1998. Episodic and Declarative Memory: Role of Hippocampus. *Hippocampus* 8, 198–204.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkójulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto [ylläpitäjä ja tuottaja]. <<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>>. (Viitattu 21.3.2016.)

Saariluoma, P. 2001. Artikkel. Teoksessa. Saariluoma, P., Kamppinen, M., Hautamäki, A. (toim.). *Moderni Kognitiotiede*, 26–50. Helsinki: Gaudeamus. ISBN 978-951-662-824-3

Salakari, H. 2004. Käytännön taitoja virtuaalisesti - simulaattoriopetuksen pedagogisen mallin kehittäminen. Tampereen Yliopisto. Ammattikasvatuksen tutkimus -koulutuskeskus. Lisensiaatin tutkimus.

Salakari, H. 2010. *Simulaattorikouluttajan käsikirja*. Helsinki: Hakapaino Oy.

Salas, E., Bowers, C., A. & Rhodenizer, L. 1998. It Is Not How Much You Have but How You Use It: Towards a Rational Use of Simulation to Support Aviation Training. *The International Journal of Aviation Psychology* 8(3), 197–208. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Salminen, A. 2011. Mikä on kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston opetusjulkaisuja 62. Vaasan yliopisto.

Sandberg, J. & Dall'Alba, G. 2006. Artikkel. Teoksessa. Castleton, G., Gerber, R. & Pillay, H. (toim.). *Improving Workplace Learning - Emerging International Perspectives*, 107–121. New York: Nova publishers.

Sheridan, T. B. 1992. *Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control*. Cambridge: MIT Press.

Sheridan, T. B. 1995. *Analysis, Design and Evolution of Man Machine System 1995. Vol.2*. Great Britain: International federation of automatic control.

- Stensson, P. 2014. The Quest for Edge Awareness, Lessons not yet learned. Uppsala Universitet. Väitöskirja.
- Stoof, A. 2005. Tools for the identification and description of competencies. Heerlen: Open Universiteit Nederland.
- Suchman, L. A. 1987. Plans and situated actions - The problem of human-machine communication. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tuomi, J., Sarajärvi, A. 2013. 11. uudistettu laitos. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Vantaa: Hansaprint Oy.
- US Airforce. 1998. Air Force Task List (AFTL) - Air Force Doctrine Document 1-1 [12.8.1998]. Sutherland: US Airforce.
- van der Pal, J., Boland, E. J. & de Rivecourt, M. 2009. Competency-based Design on F-16 Qualification training. Report no NLR-TP-2009-373. Amsterdam: National Aerospace Laboratory NLR. <<http://reports.nlr.nl:8080/xmlui/bitstream/handle/10921/240/TP-2009-373.pdf?sequence=1>> (viitattu 5.1.2017)
- van Merriënboer, J. J. G. 1997. Training Complex Cognitive Skills - A Four-Component Design Model for Technical Training. New Jersey: Educational technology publications.
- van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E. & de Croock M. B. M. 2002. Blueprints for complex learning - The 4C/ID model. Educational Technology, Research and development, Vol. 50 no 2. 39–64.
- Vapaavuori, E. & Sorsa, M. 2005. Lentävä ihminen. 2. uudistettu painos. Helsinki: Edita. ISBN 952-91-8395-X
- Vehkalahti, K. 2008. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Vammala: Tammi.
- Vesterinen, P. 2001. Projektiopiskelu ja oppiminen ammattikorkeakoulussa. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden tiedekunta. Väitöskirja. ISBN 951-39-1169-1
- Walsh, D. & Downe, S. 2005. Meta-synthesis Method for Qualitative Research: A Literature Review. Journal of Advanced Nursing 50(2), 204–211.
- Weick, K., E. & Roberts, K., H. 1993. Collective Mind in Organizations: Heedful Interrelating on Flight Decks. Administrative Science Quarterly 38 (1993), 357–381. New York: Cornell University.

Weinert, F., E. 1999. Definition and Selection of Competencies - Concept of Competence. OECD: DeSeCo.

Weinert, F. E. 2001. Concept of Competences: A Conceptual Clarification. Artikkel. Teoksessa. Rychen, D., S. & Salganik, L., H. (toim.). Defining and selecting key competencies, 45–66 Germany: Hogrefe & Huber Publishers.

Winterton, J., Delamare - Le Deist, F., Stringfellow, E. 2006. Typology on knowledge, skills and competences: Clarification on the concept and prototype. Cedefop Reference series 64. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 92-896-0427-1

LIITTEET

Liite 1. Aikaisemmat tutkimukset ja aiheeseen liittyvät mallit

Liite 2. Mentaalisten mallien arviointitaulukko

Liite 3. Delfoin pilottikierroksen lomake ja vastaukset

Liite 4. Delfoin ensimmäisen kierroksen lomake ja vastaukset

Liite 5. Delfoin toisen kierroksen lomake ja vastaukset

Aikaisemmat tutkimukset ja aiheeseen liittyvät mallit

Lentokoulutusjärjestelmän eri osa-alueista löytyy suurehko määrä aikaisempia tutkimuksia. Lentokoulutuksen arviointi- ja seurantajärjestelmästä saatava kattava mitattavissa oleva historiatieto lento-oppilaiden menestyksestä kussakin koulutusvaiheessa tarjoaa houkuttelevan aineiston tutkia aihetta oppimisen näkökulmasta. Tämän kaltaista kartoittavaa ja korrelaatioita mittaavaa tutkimusta on tehty, mutta niiden näkökulmana on enemmänkin ollut jatkokoulutuskelpoisuuden arviointikäytäntöjen, kuin osaamisen kehittäminen.

Aihealuetta aikaisemmin tutkineiden henkilöiden vahva ammatillinen kokemus ja laaja kirjo tarjoavat mahdollisuuden useiden lentokoulutusjärjestelmän sisällään pitämien hiljaisena tietona pysyneiden totuuksien havainnoinnin. Tämä hiljainen tai asiantuntijatieto auttaa muodostamaan jäsennellympää kokonaiskuvausta systeemin rakenteista ja ilmiöistä. Systemisen tiedon kokoaminen ja liittäminen oppimiskäsitysten teoreettiseen viitekehykseen on mahdollistanut näkemyksellisen tiedon muodostumisen ja tukenut tutkimuksessa tehtäviä valintoja.

Puolustusvoimissa tehtyjen aikaisempien tutkimusten merkitys tälle tutkimukselle on lopulta riippuvainen valitsemastani näkökulmasta. Tarkastelen osaamista nimenomaan hävittäjälentäjän osaamisen näkökulmasta, jolloin esimerkiksi lentokoulutusjärjestelmä näkyy tutkimuksessa ulkoisena vaikuttimena. Aikaisempiin lentokoulutusjärjestelmän tutkimuksiin liittyy kuitenkin aineistoa, jossa osaamista lähestytään osittain myös lentäjän näkökulmasta. Näitä tutkimuksia esittelen seuraavaksi.

Juha-Pekka Keräsen YE-kurssin opinnäytetyö *”Käyttäjäportaan asettamat vaatimukset lentokoulutuksen suunnittelu- ja seurantajärjestelmän kehittämiseksi”* vuodelta 2004 käsittelee osin lentokoulutuksessa tapahtuvaa oppimista konstrukttiivisen oppimiskäsityksen näkökulmasta. Tutkimuksessa esitellään ilmavoimien silloisen lentokoulutusjärjestelmän koulutussuunnitteluun vaikuttaneita oppimiskäsityksiä. Lentokoulutusjärjestelmän perusfundamentit eivät ole ilmavoimissa juurikaan muuttuneet vuoden 2004 jälkeen, ainakaan koulutussuunnitteluun vaikuttavien oppimiskäsitysten osalta. Keräsen opinnäytetyössään esittelemää Kolbin oppimisteoriaan perustuvaa oppimisen mallia onkin käytetty lähteenä useissa myöhemmissä ilmavoimien ohjaajakoulutusta käsittelevissä opinnäytetöissä.

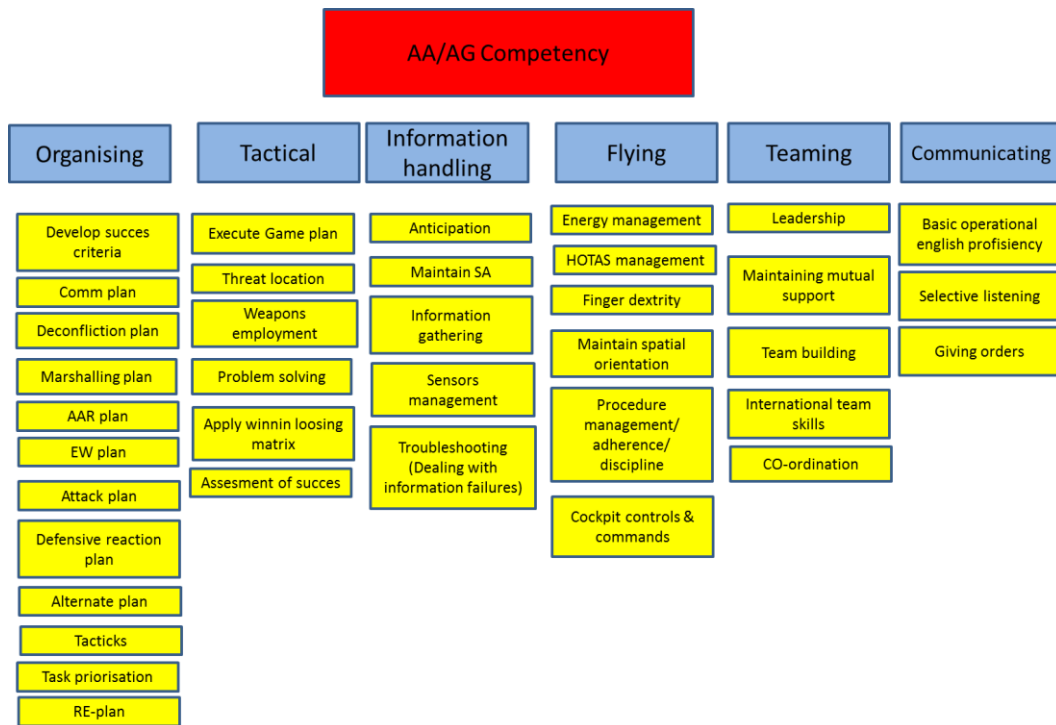
Timo Herrasen YE-kurssin opinnäytetyö ”*Tulevaisuuden teknologia -haaste vai mahdollisuus hävittäjäohjaajan osaamisen kehittämiseksi*” vuodelta 2007 käsittelee uusien koulutusvälineiden tarjoamia mahdollisuuksia kehittää vaiheen neljä lentokoulutusta ilmavoimissa. Tutkimus nosti esiin kompetenssiperusteisen koulutussuunnittelun eräänä keinona tehostaa lentokoulutusjärjestelmän toimintaa. Tutkimus keskittyy vertailemaan vaihtoehtoisia välineitä tai keinoja toteuttaa vaiheen neljä lentokoulutus Hawk-koneista luopumisen jälkeen. Vuonna 2007 ilmavoimat suunnitteli luopuvansa Hawk-koneista vuoteen 2016 mennessä. Ilmavoimat päätti kuitenkin modernisoida käytössään olevat Hawk-koneet ja jatkaa niiden käyttöikä 2030-luvun puoliväliin saakka.

Teemu Pöystin YE-kurssin diplomityössä ”*Embedded training - lentokoulutuksen tulevaisuus*” vuodelta 2015 selvittää keinoja kehittää ilmavoimien lentokoulutusta suorituskykyvaatimuksiin paremmin vastaavaksi ja kustannustehokkaammaksi. Kyseisessä tutkimuksessa käsitellään Hawk -lentokoulutusvaihetta neljä sekä Hawk -kaluston kehittämistä vastaamaan paremmin Hornet -koulutustarpeita. Työssä on selvitetty, voidaanko vaiheen neljä lentokoulutusta kehittää hyödyntämällä kompetenssiperustaista koulutussuunnittelua ja koneisiin toteutettavia ”embedden training -sovelluksia”. Tutkimuksessa nousi esiin tarve määrittellä nykyistä yksityiskohtaisemmin hävittäjäohjaajien kompetenssi-/taitovaatimukset, jolloin lentokoulutusta voitaisiin kokonaisuutena paremmin kehittää. Pöystin (2015) tutkimuksen näkökulmana on oppimisen tehostaminen laitesuunnittelun keinoin. Laitesuunnittelu on myös yksi tässä tutkimuksessa tunnistetuista tulevaisuuden muutostekijöistä. Ajatus hävittäjälentäjän osaamisen kuvaamisesta kompetenssimallilla on lähtöisin Pöystin esittämästä jatkotutkimustarpeesta.

Eri toimijat ovat selvittäneet hävittäjälentämiseen liittyviä kompetensseja ja niiden rakennetta koulutustarveanalyseilla¹⁰². Pöysti (2015, 35–47) on käyttänyt tutkimuksessaan aineistona kahta valmista kompetenssimallia. Näiden valmiiden mallien perustana on ollut van Merriënboerin neljän komponentin koulutussuunnittelun malli, joka on suunniteltu monimutkaisten kognitiivisten taitojen kouluttamiseen (ks. van Merriënboer 1997; van Merriënboer ym. 2002). Molempien mallien alkuperäisenä tarkoituksena on ollut koulutustarpeen määrittely. Ne antavat kokonaisvaltaisen kuvan hävittäjälentämisessä tarvittavista kompetensseista ja näin ollen ne kuvaavat myös järjestelmällisellä tavalla hävittäjälentäjän työympäristössä ilmeviä aktiviteetteja.

¹⁰² Training needs analysis, eli TNA.

Koulutustarveanalyysin tarkoituksena on täyttää aukko teorian ja käytännön välillä. Perinteinen tapa koulutustarpeen jakamiseksi osioihin, on valita jokin seuraavista näkökulmista analyysin suorittamiselle. *Organisaation analysointi* keskittyy tutkimaan missä organisaation sisällä koulutusta voidaan antaa. *Toimintojen analysointi*¹⁰³ sisältää systemaattista tiedon keräämistä työstä tai töistä. Sen tarkoituksena on selvittää mitä työntekijälle tulee kyseisen työn riittävään hallintaan opettaa tai kouluttaa. *Henkilön analysointi*¹⁰⁴ keskittyy siihen, miten hyvin kukin työntekijä selviytyy työssään tarvitsemisissä tehtävissä. (Moore & Dutton 1978)



Kuva 1: AEJTP-hankkeen lentokoulutusvaiheen 4 koulutustarveanalyysin esittämä ohjaajan kompetenssirakenne (Pöysti 2015).

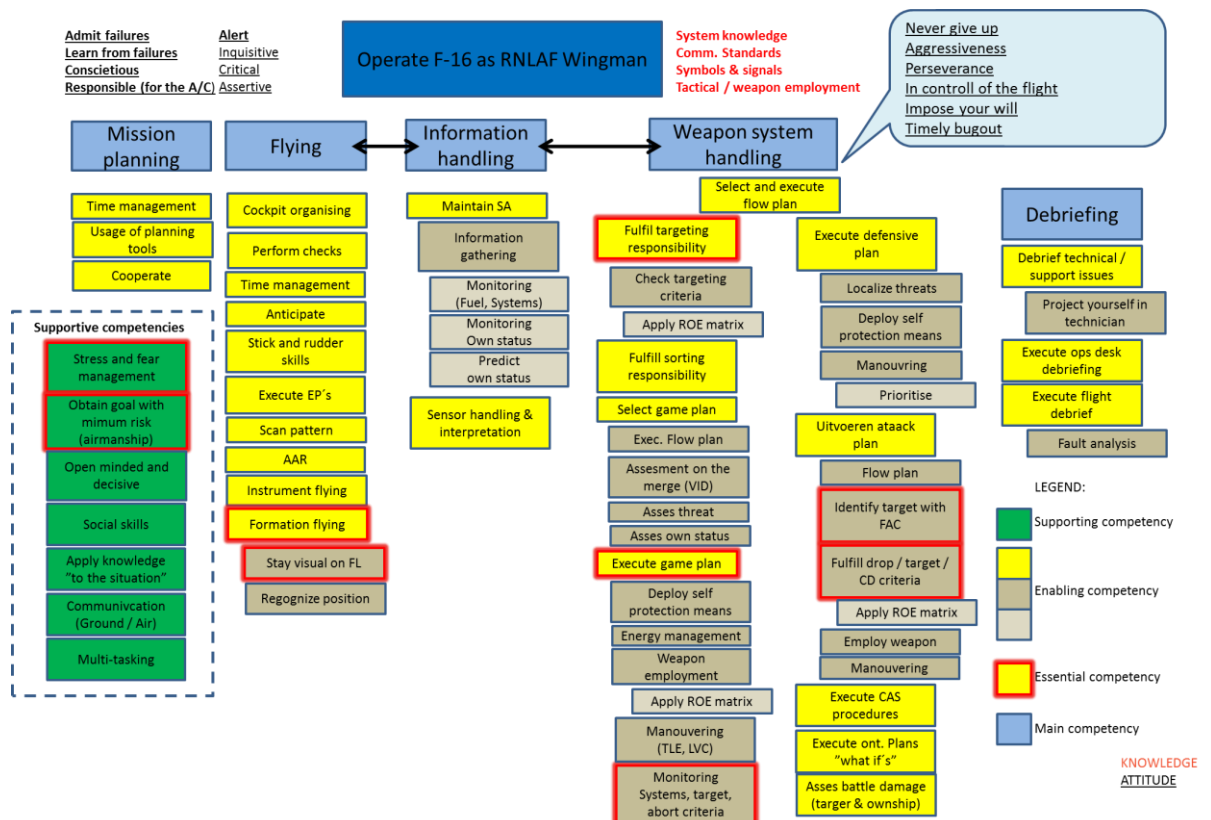
Kuvan 1 kompetenssirakenteen ylätason kompetenssien alla esitetään alemman tason kompetenssit, jotka mahdollistavat ylemmän tason kompetenssien toteutumisen (Pöysti 2015, 36). Ylätason kompetenssit pysyvät muuttumattomina, joten ne ovat rinnastettavissa myöhemmin esiteltäviin avainkompetensseihin. Alatason kompetenssit, jotka voitaisiin alakohtaisessa tarkastelussa sitoa periaatteiltaan ammattispesifeihin kompetensseihin, nähdään edellytyksenä avainkompetenssien saavuttamiselle. Asetelma poikkeaa tällaisenaan yleisestä käsityksestä kompetenssien hierarkiasta, mutta mukailee aikaisemmin esitettyä van Merriënboerin käsitystä kompetenssien hierarkiasta. Tarkastelutasosta ja näkökulmasta riippuen rakennetta voi kyseenalaistaa informaationhallinnan aseman osalta muiden ylätason kompetenssien rinnalla.

¹⁰³ Vapaa suomennos käsitteestä "operational analysis"

¹⁰⁴ Vapaa suomennos käsitteestä "man analysis"

Tähän johtopäätökseen päädyn siksi, että kaikki ylätasoinen kompetenssit ovat enemmän tai vähemmän riippuvaisia informaation hallinnasta kognitiivisena ominaisuutena.

Tähän epäkohtaan on kiinnitetty huomiota kuvan 2 esittämässä Hollantilaisen NLR-tutkimuslaitoksen F-16 ohjaajien koulutussuunnittelutyöhön laatimassa hävittäjäohjaajan kompetenssirakenteessa. Tätä mallia on jalostettu pidemmälle huomioiden myös avainkompetenssien välisiä riippuvuussuhteita. Tosin tässäkin tapauksessa oman näkemykseni mukaan kaikki toiminta tai kompetenssit vaativat informaationhallintaa tai -käsittelyä, mukaan lukien tehtävän suunnittelu ja läpikäynti.



Kuva 2: NLR-tutkimuslaitoksen luoma F-16 siipimiehen kompetenssirakenne (Pöysti 2015, 38).

Molemmat mallit osoittavat sen, että monimutkaisen toimintaympäristön mallintaminen erita-soisiksi tieto-, taito- tai asennevaatimuksiksi syntyy enemmän tai vähemmän jonkinlaisen kompromissin lopputuloksena (ks. Weinert 1999, 29). Vaikka NLR-tutkimuslaitoksen malli vaikuttaa pintapuolisesti enemmän tehtäväkuvaukselta, kuin kompetenssimallilta, näkyy siinä pyrkimys ammatinhallintaan ja oppimiseen yleisesti liitettyjen psykologisten elementtien huomioimiseen. AEJTP-hankkeen mallissa on toisaalta nähtävissä vahva tarve mallin yksinkertaistamiseen jättämällä pois riippuvuussuhteet. Kumpikaan malli ei ota selkeästi kantaa siihen tosiasiaan, että useita mallien kompetensseja joudutaan käyttämään lentäjän työssä samanaikaisesti (ks. Herranen 2007, 36). Tämän seurauksena informaationhallinta ja ihmisen

kognitiiviset taidot nousevat itseasiassa kaikkein merkittävimmäksi kompetensseiksi menestyksekkään taitojen ja toimintojen yhteensovittamiseksi tehtävän vaatimalla tavalla.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää hävittäjälentäjän osaamista. Esiteltyt mallit eivät sovellu sellaisenaan tässä tutkimuksessa käytettävän pehmeän systeemimetodologian kehykseen. Yksi syy tähän on se, että esiteltyjen mallien sisäiset tai ulkoiset vuorovaikutussuhteet on mahdotonta määritellä jälkikäteen.

Mentaalisten mallien arviointitaulukko

Arviointitaulukossa on listattu sotilasilmailussa hiljaisena tietona, koulutusohjelmissa tai arkikielessä käytettyjä mentaalisia käsitteitä ja arvioitu niitä määritettyjen ehtojen kautta.

	Ehto 1	Ehto 2	Ehto 3	Ehto 4	Ehto 5	Ehto 6	Yht.
Arviointikohde							
Paineensieto	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Häiriöiden sieto	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Tavoitteellisuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Kiireellisyyden arviointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Holistisuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Luovuus	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Intuitio	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Riskien arviointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Ajanhallinta	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Tärkeyden arviointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Arviointikyky	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Hiljainen kommunikointi	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei	Ei
Ristiin tarkkailu	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei
Hahmottaminen	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Suunnitelmallisuus	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Seurausten arviointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Kuormittavuuden arviointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä

Ehdot:

- 1) Sen kautta on kyettävä arvioimaan ilmiöitä ja tapahtumia
- 2) Sen kautta on kyettävä luomaan kokemuspohjaisia näkemyksiä
- 3) Sillä on kyettävä vaikuttamaan ratkaisuihin
- 4) Se ei sisällä toimintaa tai siihen kiinteästi liittyvää päätöksentekoa
- 5) Sen on mahdollistettava "keskusteluyhteys" kokemuksen/näkemyksen/tietämyksen ja mahdollisten ratkaisujen välille
- 6) Sen on kyettävä toimimaan suodattimen lailla samanaikaisesti muiden mentaalisten mallien kanssa

Delfoin pilottikierroksen lomake ja vastaukset

Alkuperäinen raportti on webropol -portaalissa. Tähän kopioidussa versiossa jotkin otsikot ovat vaihtaneet sijaintiaan. Myös vastaajatiedot on anonymiteetin vuoksi poistettu.

Delfoi_koekierros - Perusraportti

1. Delfoi-kyselyssä vastaajien anonymiteetti säilytetään siten, ettei muut paneelin jäsenet voi yhdistää vastauksen antajaa ja vastausta. Tutkijan on kuitenkin välttämätöntä tietää vastauksen antajat mahdollisten lisäargumenttien pyytämiseksi. Kirjoita alle yhteystietosi, kiitos.

Vastaajien määrä: 6

Etunimi	Sukunimi	Matkapuhelin	Sähköposti
xxx	xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx

Kysely on osa kapteeni Pekka Jyrkösen (YEK58) diplomityötä. Kysely suoritetaan kaksivaiheisena argumentoituana delfoi-kyselynä. Kyselyn tavoitteena on löytää asiantuntijoiden avulla mahdollisia tulevaisuuskuvia tutkittavaan teemaan liittyvistä suuntauksista. Kyselyn toinen kierros julkaistaan ensimmäisen kierroksen vastausten analysoinnin jälkeen (arviolta tammikuussa 2017). Kyselyyn vastaaminen kestää arviolta tunnin. Tutkimuksen teemana ovat hävittäjäohjajaajan kompetenssit ja osaaminen. Tutkimuksen taustaoletuksena pidetään sitä, että teknologisen kehityksen seurauksena tekoäly ja automaatio tulevat yleisesti muuttamaan hävittäjäohjajaajan informaationhallinnan ja päätöksenteon kenttää. Tämä kysely on osa tutkimusta ja siinä selvitetään asiantuntijoiden näkemyksiä siitä, miten hävittäjäohjajaajan informaationhallinta ja päätöksenteko tulevat muuttumaan uuden hävittäjän aikakaudella (2030-2050+)? Kyselyn rakenne muodostuu kolmesta osiosta 1) Informaationhallinnan väittämät ja avoimet apukysymykset 2) päätöksenteon väittämät ja avoimet apukysymykset 3) ”kyllä/ei” väittämät sekä avoin kommenttikenttä väittämiin liittyen. Kahden ensimmäisen osion väittämien (VÄITE X) keskeisin tarkoitus on saada asiantuntija kertomaan mielipiteensä sekä pohtimaan ja argumentoimaan omaa mielipidettään, jolloin esiin nousevat asiat otetaan kyselyn toisessa vaiheessa koko asiantuntijapaneelin käsiteltäviksi. Väitteen jälkeen sinulle esitetään muutama väitteeseen liittyvä apukysymys, joihin sinulta odotetaan myös vastausta (voit myös käyttää apukysymyksiä ajatusten herättäjinä väitteeseen vastatessasi). Kolmannella osiolla on tarkoitus havaita mahdollisia muutoksia mielipiteissä eri kierrosten välillä. Vastaukset pyydetään pitämään suojaustasoltaan julkisina. YEK58 pilottikyselyyn osallistujat: Kirjatkaa muistiin kyselyyn käyttämäne aika (poisluettuna punaiset kommentoinnit) ja merkitkää se kyselyn viimeisen sivun ”vastaamiseen kulunut aika” kenttään. YEK oppilaiden pilottikyselyssä on jokaisen sivun lopussa ”kommentit sivusta/kyselystä” kenttä (punaisella), johon pyydän kyseisen sivun osalta kehitysehdotuksia niin kyselyyn, kuin sen sisältöönkin liittyen. Kaikki kyselyä koskevat kommenttikentät on merkitty havainnollisuuden vuoksi punaisena. Mustalla merkityt kysymykset ovat osa kyselyä ja niihin pyydän vastaamaan oman asiantuntijuutenne ja näkemyksenne mukaisesti (otetaan osaksi tutkimusta).

2. YEK58: Kommentit tästä sivusta.

Vastaajien määrä: 6

- Tunnin kysely on aika pitkä kysely. Etusivu on hyvä. Päätutkimuskysymyksen voisi kertoa heti alussa. Lisäksi vastaajalle voisi ilmoittaa tässä, voiko kyselyn tallentaa keskeneräisenä ja jatkaa vai pitääkö vastata kerralla kaikkiin kysymyksiin ja tietyn ajan kuluessa. Mut sitähan sie toki selvität nyt meidän avulla :)
- Ihan OK
- Ok
- Hyvä layout ja sisältö on riittävä, eikä asioita myöskään ole liikaa. Kolmannen kappaleen numeroitua luetteloa voi halutessaan laittaa luettelomuotoon allekain, jolloin se erottautuisi tekstistä paremmin ja hel-

- pottaisi kokonaisuudessa ollenaisen huomaamista.
- Hyvältä näyttää
- Selkeä. En poistaisi / lisäksi mitään.

3. YEK58: Kommentit tästä sivusta.

Vastaajien määrä: 6

- Tätä on hyvä.
- Onko mahdollista saada tähän tutkimuksen viitekehyksen kuvaa? Automaatio on mielestäni hyvin kirjoitettu pl viimeinen lause.. parantaa ihmisen ja ohjelmoitavan logiikan välistä kommunikaatiota (eli tekoälyn?)
- Hyvä
- Sopivalla tasolla avattu. Ymmärsin mielestäni olennaisen tämän tekstin perusteella.
- Ei kommentoitavaa
- Tiedän itse mitä on häv.ohjaajan päätöksenteko, mutta tietääkö kaikki vastaajat? Sitä ei tällä sivulla täysin selitetä. (mihin perustuu, kuinka nopeaa se on, mitkä haasteet, mahdollisuudet jne). Sitä voisi ehkä hieman avata terminä tällä sivulla.

4. VÄITE 1: Automaatio helpottaa tulevaisuudessa ohjaajan informaationhallintaa. (K/E - perustele)

Vastaajien määrä: 6

- Kyllä. Automaatio mahdollistaa tilannekuvan luomisen, esittämisen, uhkista varoittamisen yms. ilman, että ohjaajan manuaalisesti operoida itse näyttöjä tai laitteita (tutka, RWR, datalinkki...). Tällöin ohjaajan ei tarvitse käänellä nappuloita vaan hänelle jää enemmän kapasiteettia muodostaa ja ymmärtää tilannekuvaa.
- Kyllä, Automaation avulla informaationhallinta helpottuu, koska tietokone prosessoi usean lähteen tai sensorin tiedot fuusioiden ne yhdeksi "kuvaksi"
- K. Automaation kautta tieto saadaan jalostettua ohjaajalle käyttökelpoisemmaksi. Kone voi esimerkiksi suosittaa toimenpiteitä, joita ohjaaja hyväksyy.
- Kyllä. Automaatio pystyy yhdistämään yhä kehittyvän sensorimäärän tietoa mahdollisimman ymmärrettävään muotoon ohjaajan tilannetietoisuuden paranaamiseksi.
- K, sensorifuusio, kehityneemmät sensorit ja automatisoitu tiedonkäsittely vähentävät ohjaajan työkuormaa maalien etsinnän ja tunnistamisen osalta.
- K - 4GEN hävittäjässä ohjaaja joutuu käyttämään järjestelmiä paljon ja hakemaan tietoa usealta sivulta (ja alavalikosta). 5GEN tieto yhdistetään ja järjestelmät toimivat automaattisesti. Tämä vapauttaa paljon resursseja muuhun toimintaan kuin vain tiedon hakemiseen.

5. APUKYSYMYS 1A. Millä eri keinoilla koet automaation helpottavan tulevaisuudessa ohjaajan informaationhallintaa?

Vastaajien määrä: 6

- -Vähentämällä ohjaajan manuaalista työtä ohjaamossa
- Tuottamalla valmista, ehjää, analysoitua tilannekuvaa ja esittämällä se mahdollisimman selkästi ohjaajalle
- Varoittamalla ohjaajaa mahdollisesti huonosta tilannekuvasta (esim EW huonontaa oman tai muiden koneiden sensorien kykyjä, tutka-vika, konevika, DL-vika...)
- Osittain vastasin yllä, mutta sensorifuusiolla mahdollistetaan havaintojen yhdistäminen.Lisäksi uusien ilma-alusten suuremmat näytöt parantavat informaationhallintaa.
- Sensorifuusion kehittyminen, Eri sensorien automaatio
- Ohjaajan havaintoja voidaan käsitellä jo enakkoon siten, että informaatiota kerätään yhteen ja muodostetaan vähemmän havainnoitavaa saman tilannetietoisuuden muodostamiseksi.
- Ks ed. KOhteiden etsiminen, tunnistaminen, priorisointi ja tiedon esittäminen havainnollisesti parantavat tilannetietoisuuden muodostamista.
- 5GEN koneet yhdistää tiedot yhteen paikkaan: Esim 4GEN eri näytöillä IFF, oma sijainti ja muut koneet, sekä yhdellä tutkan tiedot (Vi, Hi). Kun nämä kaikki yhdistetään yhdelle näytölle, helpottaa se SA.n muodostamista, sitä kautta päätöksentekoa ja automaatio vapauttaa kuskien enemmän päätöksentekoon ja lentämiseen kuin vain järjestelmien käyttöön ja lentämiseen (+tämän päälle päätöksentekoon).

KÄSITTEET, MÄÄRITELMÄT JA TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS Informaationhallinta ja päätöksenteko määritellään ennen kyseisiä kysymyssarjoja. Automaatiolla tarkoitetaan kyselyssä itsenäisiin toimintoihin kykenevää laitetta tai järjestelmää. Nykyään automaatio toteutetaan lähes poikkeuksetta kohdotehtävään ohjelmoituilla tietokoneilla, jotka ohjaavat järjestelmän käyttölaitteita sensoreilta saatuaan tietoon perustuen. Automaation kehittyminen perustuu pääasiassa tietokoneiden ja tekoälyn suorituskyvyn parantumiseen. Kognitiivisen

laitesuunnittelun tai -ergonomian tarkoituksena on parantaa ihmisen ja ohjelmoitavan logiikan välistä kommunikatiota ja näin edistää työn sujuvuutta ja turvallisuutta. Tutkimuksen viitekehys perustuu ihmisen tiedonkäsitteilyn malleihin. Tutkimuksessa käytetään ihmisen tiedonkäsitteilyketjua, jossa saadut havainnot muuttuvat kognitiivisen prosessin kautta toiminnoksi: INFORMAATIO - INFORMAATIONKÄSITTELY - PÄÄTÖKSENTEKO - TOIMINTA Tähän ketjuun muutospaineita voivat aiheuttaa mm. teknologinen kehitys tai käyttöperiaatteiden muuttuminen.

6. APUKYSYMYS 1B. Jos näet automaation lisääntyvän merkittävästi tulevaisuudessa, niin millaisia haasteita tämä voi mielestäsi aiheuttaa ohjaajan informaationhallintaan ja tilannetietoisuuteen?

Vastaajien määrä: 6

- Haasteena on se, että ohjaajan ymmärrys sensorien perusteista ja toiminnasta heikkenee. Tulevaisuuden ohjaaja voi luottaa liikaa automaattisesti toimiviin sensoreihin ja tehtävätietokoneisiin. Hän ei ehkä ymmärrä, että se mitä automaatio ei esitä tilannekuvana, voi olla puutteellinen. Toisin sanoen tilannekuvassa voi olla aukkoja, joita tietokone ei esitä ohjaajalle. Kysymys on sensorien ja tietokoneiden ja esitysjärjestelmän softan koodauksesta sekä ohjaajan koulutuksesta ja kokemuksesta.
- Automaation lisääntyminen ei mahdollista välttämättä "raakadatan" käsittelyä. Tällöin korostuu algoritmit ja "raja-arvot", joilla informaatio näytetään ohjaajalle. On siis mahdollista että tilannetietoisuus romahtaa tai heikkenee jos automaation rooli kasvaa liiaksi-
- Jos automaatio lisääntyy yllä kuvaamalla tasolle (ohjaaja on vain hyväksyjä), ohjaajan tilannetietoisuus voi jäädä päätöksentekoon huonommaksi kuin tilanteissa, jossa ohjaajan tulee kerätä itse tietoa.
- Automaation lisääntyessä automaation määrittelyn merkitys korostuu. Hävittäjälentäjän tilannetietoisuuden luomisessa lentäjällä on tähän mennessä ollut erittäin tärkeä rooli. Automaatio saattaa tuota paikoin ristiriitaista tietoa tai tuottaa systemaattisesti vääriä tietoja tietyissä tilanteissa. Näissä tilanteissa kokenut lentäjä osaa suhtautua havaintoihin oikealla tavalla ja muodostaa tilannetietoisuutta sen pohjalta. Lisäksi ohjaaja tavallaan seuraa suurempaa määrää raakadataa ja muodostaa tilannetietoisuutta oman havainnointinsa pohjalta, Suuri automaation määrä vähentää raakadatan seuraamisen määrää ja ohjaajan tulee vian luottaa automaatioon, jolloin sen määrittelyn ja luotettavuuden rooli korostuu.
- Tiedon luotettavuus. Tietääkö ohjaaja aina mistä informaatio on peräisin ja kuinka luotettava se on.
- Tietotulva/-ähky. Ohjaajalle tuotetaan liikaa ja liian yksityiskohtaista tietoa. Lisäksi tietotulva tulee liian kaukaa (esim. 100NM plus). Lisäksi kuskille näytetään myös muiden koneiden, tutkien jne tuottama tieto lisäksi. Eri sensoreilta tuleva tieto voi lisäksi olla ristiriitaista.

7. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 6

- Asialliset
- Apukysymys 1A olettaa että vastaajan mielestä se helpottuu... Eli vain väitteessä 1 voi vastata perustellusti jos se vaikeutuu. En tiedä tarvitseeko muuttaa, mutta ajatus vaan
- ok
- 4. ja 5. käsittelevät vähän kuin samaa asiaa, joutui miettimään milloin 4.:n perustelut kuuluvat 5.:n laatikkoon.
- Apukys 1A on vähän turha, sen voisi sisällyttää itse väitteeseen. Väitteen perustelu vastaa ikäänkuin samaan kysymykseen.
- OK.

8. VÄITE 2: Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät päättävät pääasiallisesti mikä informaatio on tärkeää. (K/E - perustele)

Vastaajien määrä: 6

- K ja E. Tulevaisuuden järjestelmät on mahdollista koodata molemmilla tavoilla. Todennäköisesti järjestelmät tulevat päättämään mikä informaatio on tärkeää. Automaattinen järjestelmä tekee sen nopeammin kuin ihminen. Monimutkaisessa skenaariossa ja ilmatilannekuvassa ohjaajalla usein kuluu paljon aikaa analysoidessa, mikä informaatio on tärkeää tai tärkeintä juuri sillä hetkellä (esim. uhka, aseiden liipaisu, omien sijainti, vihollisten sijainti, lentoturvallisuus / deconfliction, oman tilannetietoisuuden arviointi ja verifiointi, lentoarvot, sää, varakenttä, polttoaine, fraseologia...).
- Kyllä.. Niinhän se on nytkin. Parametroinnin merkitys. Toisaalta näen että se myös kasvaa...
- K informaatiofuusio perustuu juuri tuohon, nopeuttaa OODA-looppia. Koneessa tulee silti kyetä näyttämään kaikki informaatio niin valittaessa, jotta vältetään mahdollisilta "miplaus" -ongelmilta.
- Kyllä, koska informaation määrä kasvaa, jolloin päättämistä on pakko suorittaa.
- K, kaikkea informaatiota ei voida esittää saturaation välttämiseksi. Järjestelmille tn. voidaan kuitenkin kertoa etukäteen mikä milloinkin on tärkeää.
- E - kone tuottaa tietoa, mutta kuski päättää omilla valinnoilla mitä tietoa ohjaajalle näytetään ja missä

formaatissa.

INFORMAATIONHALLINTA

9. APUKYSYMYYS 2A. Näetkö lentokoneen järjestelmien päättävän tulevaisuudessa A) miten ja mikä informaatio ympäristöstä kerätään? B) mikä informaatio ohjaajalle näytetään?

Vastaajien määrä: 6

- A) Kyllä
- B) kyllä
- A) Mielestäni on mahdollista että kerätään informaatiota mahdollisimman laaja-alaisesti. En näe, että ohjaajalla olisi mahdollisuuksia määrittää miten ja mitä, vaan se on softa/kovo-puolen asiaa.
- B) Näen, Esimerkiksi kriittisessä uhkatilanteessa voidaan näyttää vain uhkaavimmat kohteet ja muut sanitoida pois. Jos tällainen softa halutaan laittaa koneeseen
- A) kyllä, mutta ohjaajalla on valta määrittää informaation keräämisen "speksit"
- B) Kyllä, mutta ohjaajalla on valta määrittää näytettävän informaation "speksit"
- B). koen, että informaation keräämistä voidaan suorittaa tietokoneiden yhä kasvavan laskentakyvyn ansiosta yhä tehokkaammin, jolloin keräämistä ei tarvitse niinkään rajoittaa.
- Järjestelmät päättävätkin enemmän siitä, että mitä tästä tiedosta näytetään ohjaajalle.
- Ks. ed. Näytettävää ja kerättävää tietoa rajoitetaan, mutta ennalta määrättyjen speksien mukaan, joita voidaan muuttaa. Näinhän asia toki on jo nykyään HN:ssä.
- 2A. kone pyrkii keräämään kaiken mahdollisen tiedon ja lähettää sen automaattisesti muille koneille sekä maahan, mutta kuski päättää mitä tietoa hän käyttää ja missä formaatissa
- 2B. Ohjaaja päättää mitä tietoa ja missä formaatissa hän haluaa nähdä/kuulla

10. APUKYSYMYYS 2B. Millainen rooli hävittäjäohjaajalla on tulevaisuudessa lentokoneen sensorien kontrollinnissa?

Vastaajien määrä: 6

- Hyvin pieni. Varmasti mahdollista operoida sensoreita. Uskoisin, että jo 5. sukupolven koneessa tietokone ohjaa sensoreita optimaalisesti. Ohjaajan tehtäväksi jää informaation omaksuminen ja päätöksen tekeminen.
- Manuaalinen vaihtoehto tulee aina säilymään. Tutkan käyttö voi automatisoitua entisestään. IP-alueen sensorien käyttöön ohjaajilla tulee säilymään kontrollointimahdollisuus, johtuen sensorien kapeasta näkökentästä ja sen roolista.
- Ohjaajan tehtävänä on muodostaa tilanneymmärrys, jonka perusteella hän tekee päätöksiä.
- Antaa sensoreille "luvan" toimia ja varmistaa, että niitä käytetään tarkoituksenmukaisessa ympäristössä ja tilanteessa, luo omalta osaltaan edellytykset niiden käyttöön. Käyttää sensoreita haluamallaan tavalla tavoiteltujen tavoitteiden täyttämiseen.
- Oletan, että kontrollointi on nykyistä merkittävästi vähäisempää. Rooli on ehkä juurikin tiedon tärkeyden määrittämisen: "suodattimien" määrittely, tiedon hylkääminen
- 2B. Rooli pienenee käytön suhteen kun automaatio lisääntyy. Tämä on nähtävissä jo nyt (F-35 simu). Kone kerää kaikeka mahdollista tietoa hyvin automaattisesti. Esimerkiksi tutkatyöskentely vähenee ja EW toimii automaattisesti.

Seuraavaksi sinulle esitetään informaationhallintaan liittyviä VÄITTEITÄ. Vastaa väittämiin oman näkemyksesi mukaisesti ja argumentoi/perustele mielipiteesi. Väitteen perässä on APUKYSYMYKSIÄ, joihin sinun tulee myös vastata perustellen mielipiteesi.

11. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 6

- Perustelut kysymykseen 9? Vaaditaanko? Nyt tulee mieleen, mitä tarkoitetaan tulevaisuudessa tässä yhteydessä? Sen voisi määrittellä aikaikkunana tai seuraavan sukupolven koneena tai jotenkin.
- OK
- ok.
- Hyvä kysymys ja apukysymykset, oli loogista täyttää.
- Ehkä tässäkin vähän sama huomio kuin ed. väitteen osalla. Ensimmäisen apukysymyksen voisi ehkä sisällyttää väitteeseen tai siten, että väitteeseen vastataan vain K tai E ja perustelut tulevat näissä myö-

- hemmissä laatikoissa.
- OK.

12. VÄITE 3: Automaatio ja informaation laitepohjainen esikäsittely (kuten sensorifuusio ja edistyneet näyttölaitteet) muuttaa tulevaisuudessa ohjaajan informaationkäsittelyä siinä määrin, että hajautetun (simultaanisen) tarkkaavaisuuden merkitys vähenee tulevaisuudessa merkittävästi. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 6

- K. Tietokoneiden kasvanut prosessointikyky mahdollistaa tämän ja softa on helppo koodata tuottamaan valmista informaatiota.
- Kyllä. Vastattu aiemmin, mutta sensorifuusio ja edistyneet näyttölaitteet mahdollistavat tiedon välittämisen "keskitetyksi". Eli kuten esim JSF:ssä on iso näyttö johon "SA-sivulle" tulee myös tutkan näkymät. Gripenissäkin on vastaavankaltainen..
- E. En usko, että vähenee merkittävästi. Vähenee kyllä, mutta samalla informaation määrä kasvaa. Ehkä lopputulemana on sama kuin tällä hetkellä. Tulevaisuudessakin konetta pitää lentää yms.
- Kyllä, lievästi. Ei ehkä niinkään hajautetun tarkkaavaisuuden merkityksen väheneminen, vaan automaatiolla kootun ja esikäsitellyn tiedon käsittely alkaa ehkä vaatia enemmän sen tiedon prosessointikykyä. Hajautettu tarkkaavaisuus säilyy kuitenkin edelleen tärkeänä. Esikäsitelty voi kuitenkin koostua edelleen lentämisen kannalta eri kokonaisuuksista, joita pitää tarkkailla hajautetusti.
- E, jos kapasiteettiä vapautuu jostain, se käytetään johonkin muuhun taistelutilanteessa.
- K - tulevaisuudessa ohjaajalla todnäk yksi iso näyttö edessä. Ei 2-4 erillistä. Lisäksi kypärätähtäimet paranevat ja äänikäskyt tulee mahdollisiksi. Tämä vähentää tarvetta ristiintarkkailuun. Vapauttaa havainnointia ulos, joka on hyvä asia.

13. APUKYSYMYS 3A. Jos koneen omin sensorein ja jaetun informaation kautta saadun tilannekuvan kattavuus ja laajuus tulee merkittävästi kasvamaan, niin miten näet sen vaikuttavan lentäjän informaationhallintaan?

Vastaajien määrä: 6

- Enemmän informaatiota saatavilla, mutta sen eteen tehtävä manuaalinen työ vähenee, joten ohjaajalla jää enemmän aikaa informaation ymmärtämiselle.
- Helpottuu
- Samalla kun informaation määrä kasvaa, siitä näytetään vain oleelliset osat. Ohjaajan informaation käsittelymäärä säilyy siis kutakuinkin samana. Muutos tulee silmä-käsi -koordinaatioon (huono termi) eli sensorit toimivat automaattisemmin, niitä ei tarvitse ohjata samalla tavalla kuin ennen --> lisää kapasiteettia muuhun --> informaationhallinta
- Haluaisin ajatella, että tilannekuvan kattavuus vapauttaisi lentäjän kapasiteettia taktiseen/vast ajatteluun. Herää kuitenkin epäily, että pitääkö ohjaajan kuitenkin jollain lailla ohjata tai määrittellä automaatiota, jolloin se vaikuttaa osaltaan lentäjän informaation hallintaan.
- Informaationhallinta helpottuu, mutta riskiksi muodostuu huomion kiinnittyminen liiaksi oman toiminnan kannalta merkityksettömiin asioihin.
- Parantaa merkittävästi SA:ta. Kunhan ohjaaja saa päättää mitä tietoa ja miltä etäisyydeltä hän haluaa saada. (ettei tule tietoähkyä). Lisäksi kaikki tieto esim maalista on saatavissa yhdestä paikasta. Kaikki tieto saatavilla ja voit keskittyä juuri omaan tehtävään, alueeseen jne.

14. APUKYSYMYS 3B. Miten ohjaajan rooli uhkatilannetietoisuuden ylläpidossa tulee muuttumaan tulevaisuudessa?

Vastaajien määrä: 6

- Helpottuu. Järjestelmä tuottaa ja esittää valmista informaatiota eri uhkista ja mahdollisista uhkista.
- Samankaltainen kuin nykyään. Kehittynyt teknologia mahdollistaa kuitenkin visuaalisen ja akustisen varoituksen tuottamisen. Tilannetietoisuus rakennetaan kuitenkin ohjaajan päänupin sisällä.
- Rooli ei tule muuttumaan, mutta päätöksiä on mahdollisesti helpompi tehdä paremman informaation johdosta.
- Ohjaajan rooli pienenee, koska automaatiolla kyetään tuottamaan tietoa, jota ohjaaja on tähän asti tuottanut ja analysoinut itse.
- Kapasiteettiä vapautuu enemmän saatavilla olevan uhkatilannetietoisuuden analysointiin ja varmistamiseen.
- Kone ehdottaa toimenpiteitä, jotka ohjaaja joko hyväksyy tai toteuttaa. Esim: IT-järjestelmän piikki -> kone ehdottaa, että voit jatkaa 15s tällä suunnalla tai käskeä väistämään "Slice left down". Lisäksi uhkakäsitys näytöllä muuttaa uhkakeskeiseksi, eikä sen suhteen missä itse ollaan. Näytöllä esim AIM-120 LAR vastustajasta lähtien -> jos lennät kaaren sisään, tiedät että vastustaja voi ampua. Lisäksi kehät elävät oman ja vastustajan korkeuden mukaan.

15. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 6

- Kysymykset 4.-14. on osittain samoja. Huomaan pohtivani samoja asioita jo ensimmäisessä kysymyksessä. Mut samaa asiaa kysytään yksilöidymmin myöhemmissäkin kysymyksissä.
- 3A jäi itsellä suppeaksi, koska siihen olen vastannut omasta mielestäni aiemmin (eli onko liikaa toistoa?)
- ohjaajan rooli uhkatilannetietoisuudessa, en oikein ymmärrä kysymystä..
- Erittäin hyvä, aiheutti paljon pohdintaa ja ajattelua.
- Tarkoittaako apukys 3b ohjaajan oman uhkatilannetietoisuuden ylläpitoa vai myös sen jakamista muille?
- Hyviä kysymyksiä ollu kaikki tähän asti.

16. VÄITE 4: Tulevaisuudessa automaatio jakoneen järjestelmät vastaavat pääosin koneiden välisestä kommunikoinnista ja toiminnan yhteensovittamisesta. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 6

- K ja E

kommunikointi ja informaation välittäminen automatisoitua todennäköisesti. Toiminnan yhteensovittaminen mahdollista automoidusti / autopilotilla, mutta uskon ohjaajan säilyttävän vastuun toiminnasta. Voi olla, että tulevaisuudessa tietokone ehdottaa tiettyjä manöveerejä ohjaajille toiminnan yhteensovittamisesta, mutta ohjaaja tekee päätökset.

- E- En ymmärrä koneiden välistä kommunikointia terminä. Jos sillä tarkoitetaan tilannekuvan ja koneiden järjestelmien tietojen vaihtoa, niin sitä tapahtuu nykyäänkin (Datalink). Radiopuhelinfraseologia ei tule poistumaan, koska puheella kyetään välittämään tietoa ja sovittamaan toimintaa yhteen paremmin kuin automatisoituna. (Tämä siis oletuksena että ilma-alue on miehitetty)
- Kyllä ja ei. Kommunikointi kyllä, toiminnan yhteensovitus ei. Toiminnan yhteensovituksesta vastaa tulevaisuudessakin ohjaaja.
- Kyllä, koska se on mahdollista ja siihen kannattaa pyrkiä. Automaatio vapauttaa lentäjän resursseja muuhun työhön.
- K, tulevaisuudessa kyllä. Oletan, että seuraavan hävittäjän osalta ihmiset vastaavat pääosin vielä toiminnan yhteensovittamisesta, joskin automaatio tarjoaa siihen paremmat työkalut.
- E - nämä olisivat tässä tapauksessa UAV/UCAV/UAS koneita. Kun normaaleja koneita, kuskit koordinoi toiminnan ja kommunikoi. Automaattisesti välitetään koneiden havaitsemat datat.

17. APUKYSYMYS 4A. Jos toiminta tapahtuu osastokokonaisuuksina, niin tuleeko osaston sisäisen (yhteisen/jaetun) tilanneymmärryksen osalta tulevaisuudessa tapahtumaan millaisia muutoksia?

Vastaajien määrä: 6

- Koneet tulevat keräämään ja jakamaan ja verifioimaan sekä tarkentamaan sensorien tuottamaa informaatiota yhdessä jaetusti ja keskenään automaattisesti.
- Samankaltainen kuin nykyään, mutta tietoa kyetään välittämään enemmän. Tilanneymmärrys voi parantua, mutta lisääntynyt tieto voi rajoittaa tilanneymmärryksen kasvua
- Osaston sisäinen tilanneymmärrys tulee kasvamaan.
- Osaston tilanneymmärrys tulee paranemaan, koska tietoa kyetään jakamaan yhä tehokkaammin ja järkevästi esitetyssä muodossa.
- automaatio lisääntyy, puheella välitettävän tiedon määrä vähenee tai muuttuu
- Tiedonmäärä lisääntyy merkittävästi 5GEN koneiden myötä. Koneet eivät vain ole esim AA tai AG, vaan myös ISR asetteja. Tämän johdosta koneet keräävät järjettömän määrän tietoa. Koneet jakavat tämän tiedon ja kuskit päättävät mitä tietoa haluavat ko tilanteeseen liittyen. Tilanneymmärrys paranee 3D kuu- lokkeiden myötä -> kuulet missä puhuva kone on ja kypärän kautta -> näet missä maali, omat jne on 3D ulottuvuudessa.

18. APUKYSYMYS 4B. Mitä esteitä tai haasteita näet sille, että automaatio ottaa tulevaisuudessa ihmistä enemmän vastuuta toiminnan yhteensovittamisessa ilmaoperatioissa (kuten keskinäinen porrastaminen, ”aika-tila-voima” kombinaation hallinta jne)?

Vastaajien määrä: 6

- -ohjeistusta pitää muuttaa
- luottamus tietokoneeseen/automaatioon/autopilottiin voi olla huono --> ei sallita vastuunantamista tietokoneelle
- tarvitaan pitkä käyttökokemus automaatiosta/autopilotista
- En näe että automaatio ottaisi toiminnan yhteensovittamisessa enempää vastuuta kuin nykyään.. Automaation lisääntyminen tarkoittaisi sähkömagneettisessa spektrissä säteilyn lisääntymistä. Tätä ymmärtääkseni pyritään välttämään ainakin miehitettyissä aluksissa. MADL-linkki ei mahdollista tiedonsiirtoa kuin näköetäisyydelle

- Nuo ovat mielestäni juuri ihmiselle jääviä osuuksia. Esim taktinen intuitio ei toimi automaatiolla.
- Näen, että ihminen tarvitaan ilmaoperaatiossa yhteensovittaminen pitää säilyä automaation ulkopuolella. Automaation tulee mahdollistaa yhteistoiminta, mutta aika-tila-voima ajattelun pitää säilyä ihmisellä. Automaation pitää siis mahdollistaa, ei ottaa liikaa vastuuta.
- Keinoäly on kuitenkin vain niin älykäs kuin siitä on tehty. Lentokonemaailmassa havaittujen vikojen ja puutteiden korjaaminen tuppaa ottamaan aika pitkän aikaa.
- - Muutos. Kun ihmisen rooli pienenee, ihmiset alkavat vieroksumaan ja vastustamaan näin isoa muutosta.
- Ohjaaminen. Ei voi olla tilaisuutta, jossa molemmat kone ja mies ohjaa. Tai siitä tuskin tulee mitään.
- + Kone pystyy neuvomaan enemmän (mutta ei tekemään päätöstä). Kone voi esimerkiksi ehdottaa reittiä saadun tiedon perusteella.

19. APUKYSYMYYS 4C. Miten näet ohjaajan informaationhallinnan muuttuvan, jos miehittämättömiä ilma-aluksia toimii alueella osana operaatiota yhteistyössä miehittyjen ilma-alusten kanssa?

Vastaajien määrä: 6

- Vaikeutuu ja helpottuu.
Vaikeutuu: Enemmän tavaraa taivaalla --> ruuhkaisempi ilmatila --> enemmän informaatiota --> informaationhallinta vaikeampaa --> lentäminen vaikeampaa
Helpottuu: UAS:t tuottavat automaattista tilannekuvaa ja jakavat sen kaikille koneille; UAS:t voivat olla etulinjassa, kun ohjaaja taaempana turvassa tekemässä päätöksiä
- Jos niitä toimii, niin silloin niillä tulee olla omat laatikot toiminnalle, tai porrastus hoidetaan maantieteellisesti tai korkeusporrastuksella. Informaationhallinnan kannalta tarkkaavaisuuden tulisi lisääntyä..
- Miehittämättömiä voi käyttää korkeammalla riskitasolla --> saattaa johtaa tilannetietoisuuden lisääntymiseen.
- Jos yhteistoiminta alkaa automatisoitua yhä enemmän, niin en näe, että sillä on suurta merkitystä. Miehittämättömillä ilma-aluksilla on kuitenkin todennäköisesti edelleen maa-asema, jolloin kokonaisuudessa on yhä ihminen mukana.
- Ohjaaja saattaa joutua ehkä nykyistä enemmän miettimään, mitä miehittämätön ilma-alus on tekemässä. Riippuu tietysti siitä onko ko. laite kauko-ohjattu vai täysin itsenäisesti toimiva. Oma toiminta pitää yhteensovittaa kenties eri tavalla kuin nykyään.
- Edellisissä kysymyksissä vastatut peruseriaatteet pätee tässäkin: koneet kerää tiedon, kuskit valitsee mitä tietoa käyttää. Miehittämättömät koneet voi toimia korkeamman riskin alueella, tuoda taivaalle lisää aseita, toimia decoy:na. Informaation määrä siis lisääntyy, jolloin päätöksenteko perustuu laajempaan ja tarkempaan tietoon toiminta-alueelta.

20. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 6

- Hyviä. kys 16 kirjoitusvirhe
- Väitteessä 4 on kirjoitusvirhe.
- Väite 16: et voi kysyä kommunikointia ja yhteensovittamista samassa väitteessä. Ovat täysin eri asioita. Kommunikointi --> tiedonjako, yhteensovittaminen --> osaston sisäinen taktiikka.
- ok.
- Väitteeseen vaikea vastata yksiselitteisesti. apukys 4A hassu lauserakenne. 4C voisi eritellä itsenäisesti toimivat ja kauko-ohjattavat UAV:t
- Kohta 16 kirjoitusvirhe: "jakoneen". Muuten OK.

21. YEK58: Kommentit tästä sivusta yleisellä tasolla. Mitä korjattavaa?

Vastaajien määrä: 4

- Monta kysymystä samalla sivulla! Huh
- OK
- Väitteeseen vastaaminen voisi olla täppä tauluun -tyyppinen ja perustelut kysytyt omissa osioissaan.
- Vain kohdan 16 kirjoitusvirhe

22. VÄITE 5: Tulevaisuudessa kohteen valinnan jälkeen lentokoneen järjestelmät tekevät päätökset siitä, miten kohteeseen vaikutetaan. (K/E - perustele)

Vastaajien määrä: 6

- E: todennäköisesti ohjaaja tekee edelleen päätöksen. Kone voi ehdottaa vaihtoehtoja. Toisaalta monta vaihtoehtoa on olemassa? Kone voi ehdottaa mm. aseiden reitin ja sytyttimen toimintaa riippuen maalista (joka on havaittu seuraavan sukupolven sensoreilla)
- K & E. Riippuu käytettävissä olevista asejärjestelmistä. En usko että lentokoneen järjestelmät päättävät ammutaanko tutka tai IP-ohjus. Tai pudotetaanko JDAM tai JSOW.. On kuitenkin mahdollista, että len-

tokoneen järjestelmät voivat todeta että elektroninen vaikuttaminen on tilanteessa tehokkaampaa kuin esim kineettinen vaikuttaminen, jolloin siitä tulisi ohjaajalle ainakin informaatio.

- E. Ohjaajalle jää päätöksenteko. Kone voi suositaa jotain vaikuttamistapaa, mutta päätös on ohjaajalla.
- Ei. Järjestelmät voivat vaikuttaa ainakin elektronisen vaikuttaa ainakin elektronisen vaikuttamisen osalta, mutta kineettisen vaikuttamisen päätöksenteon tulee edelleen olla lentäjällä.
- E, oletan, että niin kauan kuin lentokoneessa on ohjaaja, hän tekee lopullisen päätöksen koneen suosituksen perusteella.
- E - kone voi ehdottaa, mutta ohjaaja tekee lopullisen päätöksen

23. APUKYSYMYYS 5A. Mille tasolle näet automaation kehittyvän tulevaisuudessa tulen/-voimankäyttöön liittyvien taisteluteknisten päätösten osalta A) ilmasta-ilmaan B) ilmasta-pintaan C) elektronisessa sodankäynnissä?

Vastaajien määrä: 6

- A) mahdollisesti täysi autonomisuus (onko se ilmailussa level 5 niin kuin autoissa en tiedä?)
Perustelu: Miljoonilla simulaatioilla koulutettu tekoäly tekee päätökset nopeammin ja oikeammin kuin ohjaaja monimutkaisessa uhkaympäristössä
- B) sama
- C) sama
- A) En näe että kehittyy
- B) Sama
- C) Katso edellinen kysymys
- A ja B: Automaatio kehittyy tuomaan ohjaajalle paremman tilanneymmärryksen ja nopeuttamaan OODA-looppia. Ohjaaja on päätöksentekijä
- C: Automaatio voi kehittyä jopa sellaiseksi, että ohjaaja ei ole päätöksentekijä.
- Näen, että automaatio voisi tuottaa lentäjälle kaikissa tilanteissa mielestään parhaan vaihtoehdon, jonka lentäjä hyväksyy. Toki tiettyjen kynnysten ylittyessä, voisi esimerkiksi elektronista vaikuttamista suorittaa automaation kautta itsenäisesti.
- lopulta automaatio hoitaa homman, mutta niin kauan kuin ohjaaja on kopissa, hän tekee päätöksen kineettisen vaikuttamisen osalta.
- A. AA toiminnassa kone tekee ROE/ID tehtävät etukäteen ja kertoo ohjaajalle mitkä kohdat on täyttynyt ja mitkä ei. Kuski päättää mitä asialle tehdään. Kone myös ehdottaa toimenpiteitä kuskille ja kuski päättää toimiako ehdotetulla tavalla vai ei. B. periaatteet samat kuin AA. Jos kone huomaa, että meinaat lentää tonttiin -> kone oikaisee, eli kone voi tehdä päätöksen siitä, että se ei tuhoudu. C. Mikäli uhkakirjaston perusteella uhka on konkreettinen ja siihen voidaan vaikuttaa, tekee kone sen automaattisesti. Eli kone haluaa lähtökohtaisesti aina selviytyä ja niissä tilanteissa tekee kaikkensa. Nämä päätökset on etäisyysidonnaisia -> eli ei esim käännä pois NR:ltä vaikka kuski haluaisi lentää lähemmäksi.

24. APUKYSYMYYS 5B. Millainen rooli hävittäjäohjaajalla on tulevaisuudessa tulen/-voimankäyttöön liittyvien päätösten tekijänä?

Vastaajien määrä: 6

- 1) aktiivinen maksimi rooli, kuten tähän asti
- 2) päätöksen tekijä rooli (kyllä/ei) sen mukaan mitä kone ehdottaa --> jonka kone toteuttaa
- 3) passiivinen valvoja tarkkaillen koneen toimintaa ja päätöksiä
- Ohjaajalla tulee aina olemaan oikeus päättää tulen/-voimankäytöstä. En näe mahdollisena, että tietokone toteaa että ko. kohteeseen ei voi ampua (esim ROE yms.yms) Ainoana rajoitteena voi olla, että asetta ei kyetä laukaisemaan, jos sillä ei ole osumisedellytyksiä (tässäkin on vaan mahdollisuus, että tietokone on väärässä)
- Merkittävä. Tätä roolia ei voi jakaa automaatiolle.
- Lentäjän roolin tulee ehdottomasti edelleen säilyä päätösten tekijänä.
- Kuten ed.
- Ohjaaja tekee aina päätöksen tulenkäytöstä. Kone tukee päätöksentekoa.

25. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 4

- Hyviä
- Apukysymykset menivät ainakin omalla kohdallani vähän päällekkäin, mikä voi olla hyväkin asia, jotta asia tulee tavoitellulla tavalla käsiteltyä.
- 5B alkaa olla toistoa.
- OK

26. VÄITE 6: Tulevaisuudessa hävittäjätoimintaan liittyvät päätökset jaetaan joko koneen järjestelmien (tekoälyn) tai ohjaajan tekemiin päätöksiin, joista koneen tekemät päätökset ovat osin ohjaajan hyväksymiä. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 6

- K: samat perustelut kuin edellä olevissa kysymyksissä
- K, Kuten nytkin, eli järjestelmä ehdottaa esim tiettyä heitinohjelmaa, jonka ohjaaja hyväksyy.
- K. Suhde on varmaan sellainen, että ohjaajalla on valta koneen päätöksenteon tason valitsemiseksi. Kineettinen vaikuttaminen aina ohjaajalla.
- Kyllä. Jako tulee olemaan mielestäni juuri tuollainen. Kyselyssä edellä esitetty havainnointitiedon määrän ja automaation määrän kasvu johtaa tähän ja se tulisi olla myös tavoitetilakin.
- K, mielestäni periaatteessa näin on jo nyt. Esim. APG-73 esittää vain tietyt maalit ilman, että ohjaaja päättää mitkä.
- K - ohjaajalla pääosin aina lopullinen vastuu. Vastuu poistuu vain silloin, kun kone meinaa tuhoutua, jolloin tekoäly pelastaa. Esim 9G blackout -> meinaa mennä tonttiin -> kone oikaisee. Tai S-400 nails ja etäisyys hyvä -> kone ei tee mitään -> tulee spike ja kuski jatkaa kohti -> kone ei tee mitään -> tulee MSL launch varoitus -> kone kääntää pois kun toteaa, että kohta tuhoutuu tällä suunnalla. (tämän ominaisuuden voi kytkeä hetkellisesti pois).

27. APUKYSYMYKS 6A. Näetkö mahdolliseksi, että tulevaisuudessa osa päätöksistä vaatii ohjaajalta vain keinoälyn tekemän päätöksen hyväksymistä?

Vastaajien määrä: 6

- Kyllä (kuten aiemmin)
- Kyllä, tämä tulee yleistymään
- Kyllä. Tämähän on seuraava askel sensorifuusion jälkeen.
- Näen.
- K
- Osittain kyllä. Esimerkiksi EW ja ISR suhteen.

28. APUKYSYMYKS 6B. Millaiset päätökset A) voisivat B) ei missään tapauksessa voisi olla edellä mainitun kaltaisia?

Vastaajien määrä: 6

- A) A/A WVR ja BWR geometriat ja aseiden laukaisut, väistöliikkeet, deconfliction
B) A/G tai A/S aseiden laukaisut, joissa collateral damage mahdollisuus
- A) Elektroninen vaikuttaminen, Omasuojajärjestelmät, Automaattiset hätätoimenpiteet, Maalin lukitseminen
B) Heittoistuinhyppy, Laskutelineiden ulos/sisäänotto. Eli sellaiset, missä on mahdollista että kone/ohjaaja vaurioituu "inhimillisen" virheen vuoksi
- B: Kineettinen voimankäyttö
A: muut
- Esimerkiksi aseiden ja voimankäyttö voi toteutua kyseisellä tavalla, automaatio tuottaa nopeasti vaihtoehdon, jonka lentäjä voi sitten hyväksyä.
En keksi vaihtoehtoja, joita keinoäly ei voisi ehdottaa hyväksyttäväksi.
- Mielestäni päätöksen hyväksyminen tarkoittaa samaa asiaa kuin päätöksen tekeminen, joten periaatteessa mikä tahansa asia voi olla sellainen.
- A. EW, ISR, ehdottaa että "ammu", ROE, ID B. Liikehdintä, oikea tulenkäyttö (kone ei voi ampua ilman kuskin lupaa).

INFORMAATIONHALLINTAA KOSKEVAT VÄITTÄMÄT PÄÄTTYVÄT TÄHÄN. SEURAAVAKSI ON VUOROSSA PÄÄTÖKSENTEKOON LIITTYVÄT VÄITTÄMÄT.

29. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 5

- 26. ja 27. aika sama kuin aiemmat.
- Kyssäriin 28 voi ymmärtää viittaavan kyssäriin 27, jolloin sen luonne muuttuu täysin. Itse ymmärsin ensin niin. Lisää kyssäriin: APUKYSYMYKS 6B. Millaiset päätökset A) voisivat B) ei missään tapauksessa voisi olla kysymyksen 26 kaltaisia?
- Ei herännyt kommentteja.
- Onko päätöksen tekemisen ja hyväksymisen välillä käytännössä mitään eroa? 28 (6B) viittaa oletettavasti väitteeseen eikä ed. apukysymykseen. Sen voisi tuoda selvemmin esiin.

- OK

30. VÄITE 7: Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät tekevät päätökset toimintaan liittyvistä hyväksyttävistä riskeistä (uhka/tehtävä/tilanne jne) ja jatkotoimien optimoinnista/määrittämisestä. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 6

- E: kone voi tehdä esityksiä, mutta riskien hyväksyntä tulee säilymään ihmisellä. Uskon, että vaaditaan useita sukupolvia tekoälyjä, ennen kuin päätösvalta annetaan koneelle.
- Ei.. Tässä on liian monta liikkuvaa tekijää.
- E. Riskienhallinta on ohjaajalla
- Ei. Järjestelmät voivat tarjota hyvää tilannetietoisuutta ja ehdotuksia, mutta päätöksenteon pitää säilyä lentäjällä, jolla on ymmärrys tehtävästä, riskitilanteesta ja niiden muutoksista.

- E, näkemykseni on varmasti rajoittunut ja toistan itseäni, mutta uskoakseni pääosan väitteessä mainituista päätöksistä tekee ohjaaja niin kauan kuin sellainen ohjaamossa on.
- E - Ei päätöstä, mutta ehdotus kyllä. Sillä poikkeuksella, että kone pyrkii välttämään tuhoutumisen. Kone kylläkin ehdottaa, että mitä kannattaisi ja pitäisi tehdä tilannesidonnoisesti.

PÄÄTÖKSENTEKO

31. APUKYSYMYYS 7A. Mille tasolle näet automaation kehittyvän tulevaisuudessa riskienhallinnassa ja toiminnan optimoinnissa A) taisteluteknisellä tasolla B) taktisella tasolla?

Vastaajien määrä: 6

- A) varoittaa uhista ja riskeistä, tarvittaessa tekee automaattisesti väistöliikkeitä (vastustajan ohjus, yhteentörmäys, maahantörmäyksen uhka...)

- B) avustaa ohjaaja, varoittaa ohjaaja, tekee taktisia esityksiä
- A & B : Automaatio korkeintaan varoittaa, mutta ei tee itse toimenpiteitä
- A ja B: Automaatio kehittää informaationhallintaa. Toiminnan optiointi ja riskitason hallinta jää ohjaajalle.
- A)taisteluteknisesti sutomaatio voi tuottaa ohjaajille reaaliaikaista tietoa esimerkiksi oman ja uhkan asejärjestelmien kyvykkyyksistä ja sitä kautta riskitasoista.
B) taktisella tasolla voidaan esittää esimerkiksi oman osaston ja uhkan voimatasoja ja tuottaa visualisointia esimerkiksi aikajanoista omien ja uhkan kannalta.
- A) automaatio tn. helpottaa CAF-päätöksentekoa, työkalut blu on blue -ammuntojen välttämiseksi sekä yhteentörmäyksen välttämiseksi paranevat. Automaatio helpottaa optimaaliseen ammunta-asemaan liikehtelyä osumatodennäköisyyden parantamiseksi.
B) Automaatio tukee päätöksentekoa sen suhteen millä koneella kannattaa vaikuttaa (maalien jakaminen)
- A. TST-tekniisellä tasalla ei mennä niin pitkälle automaatioissa kuin TST-taktisella tasalla. Kone ei esim ohjaa taistelussa (tekninen), mutta paremminkin ehdottaa suuntia ja päätöksentekopisteitä (taktinen)

32. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 6

- Nyt tuli mieleen, että tekoälyn tason voisi määritellä. Mihin se maksimissaan kykenee ja mihin ei. Eli tekoälyn luokka ja taso on määriteltävä. Ihmisen tasoinen? Perus euton (esim. Teslan uusin versio) autopilottitasoinen?
- Väite on mielestäni liian monisäikeinen. Eli jakaisin tuon kahtia. Lisäksi kaipaa hieman lisämääreitä/esimerkkiä asiasta. Nyt esimerkiksi jatkotoimien optimointi jää kysyjän mielikuvan varaan, mitä sillä ymmärretään.
- Kysymys 31 on ainakin mulle liian vaikea. Mun mielestä siihen vastaus on tuo informaation hallinta. En näe automaation ottavan roolia noissa.
- Hyviä kysymyksiä jotka todennäköisesti johtavat hyvin tutkijan haluamaan suuntaan.
- Väite ei mielestäni yksiselitteinen
- Hyviä edelleen

Seuraavaksi sinulle esitetään päätöksentekoon liittyviä VÄITTEITÄ. Vastaa väittämiin oman näkemyksesi mukaisesti ja argumentoi mielipiteesi. Väitteen perässä on APUKYSYMYKSIÄ, joihin sinun tulee myös vastata perustellen mielipiteesi.

33. VÄITE 8: Automaatio tulee korvaamaan hävittäjäohjaajan suurimmalta osin nopeita ja monimutkaisia (intuitiivisia) päätöksiä vaativien tilanteiden osalta, jolloin ohjaajan vastuulle jää lähinnä harkintaa vaativat hitaammat päätökset. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 6

- Hyvin vaikea sanoa. Ehkä kyllä: kuten kysymys 28.
- K & E. Omasuojajärjestelmät ja elektroninen vaikuttaminen kyllä. Itse lentäminen ja taistelutekninen suorittaminen EI.
- E. Juuri intuitio on sellainen, jossa automaatio ei voi olla ihmisen tasolla.
- Ei. Itse päätöksen tekee edelleen lentäjä, mutta automaatio voi tuottaa hyvän vaihtoehdon päätökselle.
- K, kapasiteettiä ei tn. tarvitse käyttää tst-tekniiseen päätöksentekoon niin paljon, joten kapasiteettiä jää enemmän muulle päätöksenteolle ml. jatkoflow.
- E - ei korvaa vaan tukee päätöksentekoa ja mahdollistaa näin nopeamman ja kattavamman päätöksenteon

34. APUKYSYMYYS 8A. Mitkä hävittäjätoimintaan liittyvät osatekijät/toiminnot näet olevan päätöksenteon kannalta helpoiten korvattavissa automaatiolla tai teknologialla?

Vastaajien määrä: 6

- -lentäminen, lentoonlähtö/lasku
- -deconfliction
- -tehokas geometria WVR ja BWR
- -optimi aseensuoritusohjelma ja -paikka
- -väistöliikkeiden suorittaminen (vastustajan asejärjestelmät, toinen kone, maa)
- -EW
- -cyber
- -tutkan ja muiden sensorien optimaalinen käyttö
- ROE
- Informaation hallinta, sensorien hallinta, jonkin tekninen toteutus
- Elektroniset vastatoimenpiteet, tilanteeseen sopivan nopeus- ja korkeusprofiilin hallinta, osastojen yhteistoiminnan hallinta.
- Em. tst-tekniiset osatekijät
- EW, ISR, ROE, ID, tutkan käyttö, laskujen tekeminen huonossa kelissä

35. APUKYSYMYYS 8B. Mitkä hävittäjätoimintaan liittyvät osatekijät/toiminnot näet päätöksenteon kannalta vaikeimmin korvattaviksi?

Vastaajien määrä: 6

- -VOKS:en kannalta hankalat tilanteet --> päätös aseiden käytöstä
- -collateral damage -tilanteet -->päätös aseiden käytöstä
- Aseiden laukaisu
- Taktiikka, taisteluteknikka
- Aseiden käytön, maalittamisen ja osaston sekä yksittäisen koneen taktiikan/taisteluteknikan.
- Isommat kokonaisuudet, miten voima jaetaan. Vastustajan toiminnan ennäköinti ja oman toiminnan vaikututtavuuden arviointi.
- Lentäminen, porrastaminen, kommunikointi, tulenkäytön päätöksenteko,

36. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 4

- hyviä kysymyksiä. osittain samoja keskenään.
- Ei kommentoitavaa.
- Ei kommentoitavaa
- Hyvvee on

37. YEK58: Kommentit tästä sivusta yleisellä tasolla. Mitä korjattavaa?

Vastaajien määrä: 4

- Lyhemmäksi kyselyä. Voisko kysymyksiä yhdistää? Tai jättää seuraavaan kyselyyn?
- Hyvä ja ehjä kokonaisuus.
- Väitteiden tulisi mielestäni olla hieman yksiselitteisempiä.
- Elä suotta korjaa mitään

38. YEK58: Kommentit tästä sivusta yleisellä tasolla. Mitä korjattavaa?

Vastaajien määrä: 3

- sama kysymys kuin 37.
- Tällä ja osittain edellisellä sivullakin puhuttiin ohjaajasta ja lentäjästä ja hävittäjäohjaajasta. Jos on mahdollista, niin termejä voisi yhdenmukaistaa.
- OK

39. Valitse väitteisiin oman näkemyksesi mukainen vaihtoehto.

Vastaajien määrä: 6

	KYLLÄ	EI	Yhteensä	Keskiarvo
1. Ohjaajan rooli päätöksentekijänä pienee tulevaisuudessa.	0	6	6	2
2. Teknologinen kehitys kykenee uuden hävittäjän aikakaudella (2030-2050+) muuttamaan merkittävästi ohjaajan roolia hävittäjätoiminnassa.	6	0	6	1
3. Ohjaajan ei tarvitse tulevaisuudessa juuri miettiä ympäröiviä uhkia, koska keinoäly ja uudet teknologiat suorittavat tarvittavat toimenpiteet uhkilta välttämiseksi.	0	6	6	2
4. Ohjaajan ei tarvitse tulevaisuudessa päättää millä/miten kohteeseen vaikutetaan, koska automatiikka suorittaa asiaan liittyvät päätökset.	0	6	6	2
5. Informaationhallinta kuormittaa tulevaisuudessa ohjaajaa nykyistä vähemmän.	6	0	6	1
6. Ohjaajalta vaaditaan tulevaisuudessa informaationhallinnassa enemmän kriittisyyttä, koska saadun informaation lähde ei välttämättä ole tiedossa.	4	2	6	1,33
7. Laitepohjainen informaation esikäsittely (sensorifuusio tai vastaava) vääristää/heikentää ohjaajan tilannetietoisuutta.	0	6	6	2
8. Hävittäjäosaston sisäistä (yhteistä) tilannetietoisuutta ei juuri tulevaisuudessa tarvita, koska keinoäly ja automaatio optimoivat osaston sisäisen toiminnan yhteensovittamisen.	0	6	6	2
9. Tulevaisuudessa hävittäjäohjaajan tekemät päätökset perustuvat enenevässä määrin lentokoneen tekemiin esityksiin, joiden pohjalta ohjaajan rooli on lähinnä suorittaa harkintaa päätösten toimeenpanemiseksi.	5	1	6	1,17
10. Tulevaisuuden hävittäjä esittää informaation ohjaajalle niin selkeästi, että olennaisen informaation löytäminen ei vaadi tarkkaavaisuuden hajauttamista useisiin kohteisiin.	5	1	6	1,17

11. Tulevaisuudessa informaation esitystavat ovat niin kehittyneitä, että tarvittava tieto on saatavissa ilman tarkkaavaisuuden merkittävää hajauttamista.	4	2	6	1,33
12. Automaation myötä tarve eri laitteiden mekaaniselle kontrolloinnille vähenee tulevaisuudessa.	6	0	6	1
13. Tulevaisuudessa hävittäjälentäjä joutuu tekemään yhä enemmän päätöksiä.	0	6	6	2
14. Tulevaisuudessa hävittäjälentäjä joutuu yhä enemmän kiinnittämään huomiota muihin alueella oleviin omiin koneisiin.	0	6	6	2
15. Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät kykenevät riskinhallintaan osana automaatiota.	3	3	6	1,5
16. Automaatio vähentää peruslentämisen ohjaajalle muodostamaa työkuormaa.	6	0	6	1
17. Lentokoneen järjestelmien kyky häiriö-/vikatilanteiden itsenäiseen korjaamiseen paranee tulevaisuudessa merkittävästi.	6	0	6	1
Yhteensä	51	51	102	1,5

40. Kommentoi tai perustele vapaamuotoisesti tekemiäsi valintoja.

Vastaajien määrä: 3

- 7. riski tähän on olemassa, kun ohjaaja ei ymmärrä eikä näe kaikkea tietoa, jonka järjestelmä esikäsittelee ja suodattaa
- Osa vastauksista vaati miettimistä ja toi esiin, että oma mielipide ei ole asian tiimoilta ihan kristallinkirkas. Lähinnä päällimmäisenä ajatuksena itselle herää se, että automaatio ja fuusio parantaa tilannetietoisuutta, mutta että fuusion ja automaation pitää olla oikein määritettyä. Määrittelytyö on todennäköisesti haastavaa ja jos se epäonnistuu, niin työmäärä ei vähenekään, vaan saattaa jopa lisääntyä. Automaation pitää kyetä luottamaan, jotta sen tarjoamaan tilannekuvaan ja päätösehdotuksiin pitää pystyä luottamaan.
- Perusteltu aiemmissa kysymyksissä. Keinoäly ei korvaa kuskia, mutta helpottaa hänen työkuormaa ja päätöksentekoa.

41. YEK58: Kommentit edellisestä väitteestä ja sen apukysymyksistä.

Vastaajien määrä: 5

- OK. Samoja asioita kuin kysymyksissä aiemmin.
- Hyviä väittämiä. Kattaa mielestäni edellä käsiteltyjä asioita
- Kysymyksissä nousi esiin samoja asioita, joita edellisissä vastauksissa käsiteltiin, joten tämän sivun kysymykset ja edelliset osiot muodostavat mielestäni järkevän kokonaisuuden.
- Eikö 10 ja 11 ole vähän niinku sama?
- OK

42. YEK58: Kommentit tästä sivusta yleisellä tasolla. Mitä korjattavaa?

Vastaajien määrä: 3

- Hyvä.
- Hyvä sivu ja kokonaisuus.
- OK

43. Kommentit kyselystä kokonaisuutena: Ymmärsitkö asetelman? Olisiko kyselyä tarvinnut selittää/alustaa tarkemmin? Jäikö jotain arvailujen varaan? Kannustivatko väitteet/kysymykset pohtimaan asiaa? Kyselyn tarkoituksena on näkemysten kerääminen ja luovien ajatusten herättäminen, näkyikö tämä riittävästi kyselyssä (tukiko apukysymykset väitteiden perusteluja)? Onko tekstin ja kysymysten asettelu luettava ja selkeä kokonaisuus vai tuleeko sitä korjata jollain tapaa? Onko kysely liian pitkä ja vaatikko se liikaa ponnisteluja?

Vastaajien määrä: 6

- Erittäin mielenkiintoinen kysely! Hyvää ja tärkeää asiaa. Lentueiden päälliköillä ja doktriiniosaston "futureologeilla" tähän on varmasti paljon annettavaa.

- Hyvä kysely, mutta pitkä ja aikaa vievä. Mietin voisiko, kyselyä lyhentää tai jakaa kahteen osaan. Ihan riskien hallinnan vuoksi...jos akku loppuu kesken 1,5h kyselyn, häviääkö vastaukset?
- Sopivan mittainen. Joissain kohdissa häiritsi, että apukysymyksissä oletettiin että vastaan tietyllä tavalla. Eli olet muodostanut ennako-oletuksen, johon haluat perustelut? Lisäksi kun piti vastata väitteeseen perustellusti, niin huomasin että tulin vastanneeksi jo apukysymykseen. Ei vaati liikaa ponnisteluja. Mielestäni hyvä kysely.
- Kommentit laitettu kohtien perään. Yleisellä tasolla saattaa tulla aikamoista hajontaa kysymyksissä, koska osa vastauksista perustuu täysin siihen, miten itse kehittäisi konetta. Esim. minä en halua konetta päätöksentekijäksi --> vastaukset pohjautuvat tähän..
- Kyselyn informaatio tuotti oikean kuvan kyselystä. Ymmärsin mielestäni mistä kyselyssä oli kyse ja se muodosti ehjän kokonaisuuden. Kysely ohjasi ajattelemaan ja kysymykset johdattivat juuri sopivaan vastakkainasetteluun omien mielipiteidenkin kanssa. Kokonaisuus oli selkeä ja kyselystä jäi hyvä maku. Kysely oli ehkä kiireiselle virkatyötä tekeväälle hiukan liian pitkäkö. Apukysymykset olivat paikoin hiukan päällekkäisiä pääkysymyksen kanssa, mainitsin niistä kysymysten yhteydessä.
- Hyvä ja selkeä kysely kaikkiaan aiemilla huomioilla. En uskaltanut enää puolen välin jälkeen palata alkuun tarkastamaan alustusta, kun pelkäsin vastausten katoamista. Aloin jossain vaiheessa miettiä miten määrittelit alussa "tulevaisuuden" jonka puitteissa halusit asiaa tarkasteltavan. Pitikö miettiä vain miten asia ehkä on seuraavan hävittäjän ohjaamossa vai tulevaisuudessa yleensä. Tulevaisuus on aika laaja käsite.
- Erittäin hyvä kysely. En muuttaisi juurikaan mitään. Sopivan mittainen. Tietysti aikaa voi käyttää huomattavasti enemmänkin jos haluaa kertoa kaikesta kaiken. Itse yritin tiivistää omat ajatukseni ja pyrin käyttämään esimerkkejä.

44. Kuinka paljon vastaamiseen meni aikaa arviolta (kommentointiaika poisluettuna)?

Vastaajien määrä: 6

- 1h33min yhdellä istumalla.
- Tunti.
- 45 min.
- 1h 35min
- n 1,5h
- Arvio noin 40min.

**PÄÄTÖKSENTEKOA KOSKEVAT VÄITTÄMÄT PÄÄTTYVÄT TÄHÄN. SEURAAVAKSI ON VUOROS-
SA K/E VÄITTÄMÄT.**

Seuraavaksi sinulle esitetään informaationhallintaan ja päätöksentekoon liittyviä VÄITTEITÄ. Vastaa väittämiin oman näkemyksesi mukaisesti. Väitteiden jälkeen voit perustella vastauksiasi kokonaisuutena.

YEK58 KOMMENTIT

SUURKIITOKSET OSALLISTUMISESTASI!

Delfoin ensimmäisen kierroksen lomake ja vastaukset

Alkuperäinen raportti on webropol -portaalissa. Tähän kopioidussa versiossa jotkin otsikot ovat vaihtaneet sijaintiaan. Myös vastaajatiedot on anonymiteetin vuoksi poistettu.

Delfoi_kierros1 - Peruseraportti

1. Delfoi-kyselyssä vastaajien anonymiteetti säilytetään siten, ettei muut paneelin jäsenet voi yhdistää vastauksen antajaa ja vastausta. Tutkijan on kuitenkin välttämätöntä tietää vastauksen antajat mahdollisten lisäargumenttien pyytämiseksi. Kirjoita alle yhteystietosi, kiitos.

Vastaajien määrä: 7

Etunimen ensimmäinen ja sukunimen kaksi ensimmäistä kirjainta	Matkapuhelin	Sähköposti
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx

Kysely on osa kapteeni Pekka Jyrkösen (YEK58) diplomityötä. Kysely suoritetaan kaksivaiheisena argumentoituana delfoi-kyselynä. Kyselyn tavoitteena on löytää asiantuntijoiden avulla mahdollisia tulevaisuuskuvia tutkittavaan teemaan liittyvistä suuntauksista. Kyselyn toinen kierros julkaistaan ensimmäisen kierroksen vastauksen analysoinnin jälkeen (arviolta tammikuussa 2017). Kyselyyn vastaaminen kestää arviolta tunnin. Kyselyssä voi liikkua sivujen välillä menettämättä tietoja, mutta niiden tallentaminen taukojen pitämiseksi ei ole mahdollista. Jos tietokoneesi menee virransäätötilaan tai yhteys internettiin katkeaa on tietojen menettäminen todennäköistä. Vastaa siis koko kyselyyn samalla kertaa. Tutkimuksen teemana ovat hävittäjäohjajaajan kompetenssit ja osaaminen. Tutkimuksen taustaoteutuksena pidetään sitä, että teknologisen kehityksen seurauksena tekoäly ja automaatio tulevat yleisesti muuttamaan hävittäjäohjajaajan informaationhallinnan ja päätöksenteon kenttää. Tämä kysely on osa tutkimusta ja siinä selvitetään asiantuntijoiden näkemyksiä siitä, miten hävittäjäohjajaajan informaationhallinta ja päätöksenteko tulevat muuttumaan UUDEN HÄVITTÄJÄN AIKAKAUDELLA (2030-2050)? Kyselyn rakenne muodostuu kolmesta osiosta: 1) Informaationhallinnan väittämät ja avoimet apukysymykset 2) päätöksenteon väittämät ja avoimet apukysymykset 3) ”kyllä/ei” väittämät sekä avoin kommenttikenttä väittämiin liittyen. Kahden ensimmäisen osion väittämien (VÄITE X) keskeisin tarkoitus on saada asiantuntija kertomaan mielipiteensä sekä pohtimaan ja argumentoimaan omaa mielipidettään, jolloin esiin nousevat asiat otetaan kyselyn toisessa vaiheessa koko asiantuntijapaneelin käsiteltäviksi. Väitteen jälkeen sinulle esitetään muutama väitteeseen liittyvä apukysymys, joihin sinulta odotetaan myös vastausta (voit myös käyttää apukysymyksiä ajatusten herättäjinä väitteeseen vastatessasi). Kolmannella osiolla on tarkoitus havaita mahdollisia muutoksia mielipiteissä eri kierrosten välillä. Vastaukset pyydetään pitämään suojaustasoltaan julkisina.

2. VÄITE 1: Automaatio helpottaa tulevaisuudessa ohjajaajan informaationhallintaa. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 7

- K. Valmiiksi abalysoitu tieto vapauttaa ihmisen kapasiteettia laskemista ja päättelystä tärkeimpiin toimintoihin.
- K
Automaatio jalostaa dataa muotoon jonka ihmisen on helppoa ja nopeaa tulkita.
- Kyllä - Multisensori-integraatio tulee lisääntymään tulevaisuudessa. Verkottuminen tulee mahdollistamaan kaikkien taistelutilassa olevien sensoreiden tuottaman tiedon fuusioimisen.
- K - Informaationhallinnalla kyetään tuottamaan ohjajaajalle paremmin kuhunkin tilanteeseen tilannetietoisuuden (tilannekuvan) kannalta kriittistä tietoa ja vähentämään ei niin tärkeän tiedon määrää
- K

Lähestyn asiaa hieman laajemmasta näkökulmasta. Informaationhallinnan helpottuminen on mielestäni

alkanut jo siinä vaiheessa, kun lentokoneiden lentämiseen kuuluva kapasiteetin on merkittävästi pienentynyt. Tästä syystä kapasiteettia on jäänyt enemmän käytettäväksi muihin toimintoihin. Seuraavassa vaiheessa sensoreiden tuottaman informaation edellyttämä kapasiteetti on pienentynyt, vapauttaen edelleen kapasiteettia muihin toimintoihin. Toisaalta ympäristö ja siinä esiintyvät ilmiöt ovat monimukaistuneet. Toistaiseksi automaatiolla ja em keinoilla on kyetty pitämään ohjaajan työkuorma suhteellisesti samalla tasolla. Seuraava askel automaatiossa tulee aidosti mahdollistamaan tilannetietoisuuden kehittymisen nykyistä paremmalle tasolle ja samalla se vapauttaa kapasiteettia nimenomaisesti päätöksentekoon.

- K. Muuten automaation ottamisessa ohjaajan informaationhallintaan ei olisi mitään järkeä. Kaikki tylsä tiedonkäsittely voidaan automatisoida.
- K. - Ohjaajan työkuorma vapautuu automaation seurauksena varsinaiseen taktiseen päätöksentekoon, valintojen ja ratkaisujen tekemiseen

3. APUKYSYMYS 1A. Millä eri keinoilla koet automaation helpottavan tulevaisuudessa ohjaajan informaationhallintaa?

Vastaajien määrä: 7

- Sensorifuusio, looginen näyttöjärjestelmä ja puheohjaus.
- KTS edellinen.
Automaatio analysoi dataa ja luo sääntöjen mukaan siitä jalostettua tietoa. Esimerkiksi eri sensoreiden rakadata voidaan analysoida siten että kohde voidaan tunnistaa jollakin luotettavuudella. Tunnistus ja sen luotettavuus esitetään ohjaajalle.
- Eri sensoreiden tuottaman tiedon integrointi tullaan toteuttamaan automaattisesti, jolloin ihmisen tekemät päätökset perustuvat jo fuusioituun tietoon. Trackien diskriminointi (Friend or Foe) tulee perustumaan automaattisiin tunnistusjärjestelmiin.
- -Tiedon suodattamisella
- Tiedon hyvyden automaattisella arvioinnilla
- Vastustajan vaihtoehtojen reaaliaikaisella esittämisellä
- Koneen mahdollisimman helppo tai osin automatisoitu lentäminen, sensoreiden itsenäinen (automaattinen tai osin autonominen) mekanisointi ja optimointi, esitystapojen kehittäminen. Ehkä myös virtuaaliset kakkosohjaajat, joilla voi olla ympäristön tai ohjaajan toiminnan suhteen kognitiivisia ominaisuuksia.
- Onko tutkijalla ennakkokäsitys automaation helpottavasta roolista, sillä tämä apukysymys "olettaa" sen näin tekevän. No joo, asiaan. Kaikki tylsä, pakollinen, jen... laskenta voidaan tuottaa automaattisesti ja esittää ohjaajalle vain se, mitä halutaan nähdä. Data on valmiiksi pureskeltua. Kyllähän nytkin näytetään tutkan putkella muuta, kuin pelkkää raakakaikua.
- Ohjaaja ei ole tulevaisuudessa enää niin paljoa sensorioperaattori, koska esim. elektronisesti skannaava tutka tekee itsenäisesti työn, joka aiemmin ohjaajan tuli tehdä käsityönä

4. APUKYSYMYS 1B. Jos näet automaation lisääntyvän merkittävästi tulevaisuudessa, niin millaisia haasteita tämä voi mielestäsi aiheuttaa ohjaajan informaationhallintaan ja tilannetietoisuuteen?

Vastaajien määrä: 7

- Kun raakatietoa ei ole saatavilla/nähtävillä, se voi johtaa ohjelmoinnin puutteiden vuoksi virheellisiin päätelmiin ja sitä kautta epäolellaisen tiedon esittämiseen.
- Ohjelmistovirhe tai parametroidin puutteet voivat antaa virheellistä tietoa. Tiedon virheellisyys voi olla hankalasti havaittavissa.
- Onko automaatiossa käytettävä algoritmi virheetön? Todennäköisesti täydellistä ratkaisua ei tulla tekoälyllä tai automaatiolla saavuttamaan, vaan inhimilliselle päättelylle on tarvetta myös tulevaisuudessa.
- Automaattisen informaationhallinnassa ohjaajalla voi olla hankala mieltää miten hyvää esitetty tieto on, koska hän ei välttämättä tiedä miltä laitteilta tai muilta oman puolen sensoreilta se on koostettu. Tätä voisi verrata siihen että kaikista huonoin tilannetietoisuus on väärä tilannekuva, jonka ei itse tajua olevan väärä. Nykykalustolla ohjaaja muodostaa tilannetietoisuuden perustuen moniin yksittäisiin sensoreihin ja ulkoa tulevaan tietoon. Omien sensorien käyttö kuormittaa ohjaajaa, mutta samalla hänelle jää käsitys siitä, mistä paloista tietoisuus rakentuu ja mitä rajoitteita noilla paloilla voi olla.
- Mahdolliset haasteet pitää hoitaa enimmäkseen valintojen ja koulutuksen kautta. Mikäli tavoitteena on tuottaa "Information Age Fighter Pilot", niin silloin tämä pitää tehdä jo heti alkuvaiheessa. Toimintaympäristössä esiintyvät edelleen henkinen ja fyysinen stressi, mutta informaation kokoamiseen ei enää tarvita mekaanista osaamista. Enimmäkseen kykyä yhdistellä ja eritellä tietoja, kuin hankkia niitä. Mahdollinen lentotuntien pienentyminen vaikeuttaa myös tilanneymmärryksen skeemojen muodostamista, samalla kuin päätökset ulottuvat nykyistä enemmän taistelun kaikille tasoille (myös strateginen).
- Ohjaajan pitää entistä enemmän oppia käyttämään automaation tuomia etuja hyväkseen. Käsiteltävän tiedon määrä ei sinänsä varmasti pienene, vaikka se on valmiimmaksi prosessoitua. Perinteiset tietotulvan ongelmat siis säilyvät.
- Välttämättä ei ymmärretä vikatilanteiden aiheuttamia informaatiopuutteita esim. sensoriuusio ei toteudu halutussa laajuudessa. Ohjaaja ei välttämättä tiedä tiedon alkuperää.

KÄSITTEET, MÄÄRITELMÄT JA TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS Informaationhallinta ja päätöksenteko määritellään ennen kyseisiä kysymyssarjoja. Automaatiolla tarkoitetaan kyselyssä itsenäisiin toimintoihin kykenevää laitetta tai järjestelmää. Nykyään automaatio toteutetaan lähes poikkeuksetta kohdotehtävään ohjelmoiduilla tietokoneilla, jotka ohjaavat järjestelmän käyttölaitteita sensoreilta saatuun tietoon perustuen. Automaation kehittyminen perustuu pääasiassa tietokoneiden ja tekoälyn suorituskyvyn parantumiseen. Kognitiivisen laitesuunnittelun tai -ergonomian tarkoituksena on parantaa ihmisen ja laitteiden välistä kommunikaatiota ja näin edistää työn sujuvuutta ja turvallisuutta. Tutkimuksen viitekehys perustuu ihmisen tiedonkäsittelyn malleihin. Tutkimuksessa käytetään ihmisen tiedonkäsittelyketjua, jossa saadut havainnot muuttuvat kognitiivisen prosessin kautta toiminnoksi: INFORMAATIO - INFORMAATIONKÄSITTELY - PÄÄTÖKSENTEKO - TOIMINTA. Tähän ketjuun muutospaineita voivat aiheuttaa mm. teknologinen kehitys tai käyttöperiaatteiden muuttuminen.

5. VÄITE 2: Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät päättävät pääasiallisesti mikä informaatio on tärkeää. (K/E - peruste)

Vastaajien määrä: 7

- K. Ks. vastaus 1.
- Kyllä ja ei.
Oletusarvoisesti automaatio suodattaa informaatiomassasta oleellista tietoa ohjaajalle. Ohjaaja voinee kuitenkin halutessaa perehtyä suodatettuihin tietoihin.
- Kyllä - Automaatio tullee kehittymään siten että järjestelmä valitsee automaattisesti kussakin tilanteessa parhaan (tarkimman) sensorin tiedon.
- K - perustuen julkisiin kirjoituksiin ja briefeihin järjestelmien kehityksestä.
- K

Tapahtuu jo tällä hetkellä yksittäisten informaationpalasten kohdalle, sillä sensori- ja esitysjärjestelmät priorisoivat sen mitä tietoa esitetään algoritmiensa mukaan. Ohjaajalla on edelleen mahdollisuus ymmärtää tämä perehtymällä koneen ohjekirjallisuuteen. Tulevaisuudessa tämän tiedon merkitys katoaa ja tiedon esittämisen logiikan tunteminen ei ole ohjaajalle oleellista. Tiedon esittämisen priorisoinnin viitekehys siis laajenee tulevaisuudessa.

- K, mutta järjestelmälle on annettu etukäteen speksit, jonka perusteella se automaatiota toteuttaa. Sen perusteella järjestelmän tulisi kyetä priorisoimaan.
- K- erilaiset algoritmit, laskentaohjelmat ja vaihtoehtosimuloinnit kehittyvät niin nopeasti ja hävittäjien suunnittelussa panostetaan Human Machine Interface rajapinnan helpottamiseen nimenomaan tällä osa-alueella.

6. APUKYSYMYYS 2A. Näetkö lentokoneen järjestelmien päättävän tulevaisuudessa A) miten ja mikä informaatio ympäristöstä kerätään? B) mikä informaatio ohjaajalle näytetään?

Vastaajien määrä: 7

- A) Näin varmasti on, mutta tulisi myös pystyä ohjaamaan esim. millä alueilla milloinkin voidaan tai ei voida säteillä.
B) Ks. edelliset vastaukset.
- Osittain kyllä. Automaatiolle asetetaan jokin oletustoimintatapa. Ohjaaja voinee kuitenkin säätää tiedon keruun painopisteitä.
- A) Kyllä, järjestelmät käyttävät tulevaisuudessa "suodattimia" joiden avulla häiriötekijät tai virheelliset seurannat poistetaan.
B) Kyllä - kts kohta A. Tämän lisäksi automaatio tullee kehittymään siten että kaikkea kerättyä tietoa ei tarvitse näyttää ohjaajalle aika-akselin kaikissa vaiheissa.
- A) Mahdollisesti esim. tilanteissa, jossa automaattisesti hallitaan koneen herätteitä oman paljastumisen minimoimiseksi. Todennäköisesti tätä voidaan kuitenkin kontrolloida ohjaajan toimesta
B) Tämä tuntuu olevan jo nyt kehitys eli ohjaajalle pyritään näyttämään mahdollisimman täydellinen tilannekuva käytettävissä olevilla sensoreilla / ulkoa tulevalla tiedolla.
- a) Kyllä. Kognitiivisten toimintojen merkitys tässä kokonaisuudessa tulee varmasti tulevaisuudessa korostumaan. Etenkin elektromagneettisessa spektrissä. Ilmiö on jo havaittavissa sensorifuusiota ja integroitua sensoreita käyttävissä järjestelmissä. Ohjaaja ei valitse miten tieto esim. välitetään, vaan järjestelmä valitsee parhaan mahdollisen alueen ja protokollan tiedon välittämiseen. Vastaanottaja myös tunnistaa tämän verkottuneessa kokonaisuudessa.
b) Kyllä. Tämä osittain totta jo nyt. Tulevaisuudessa tosin tässäkin tarkoituksessa kognitiivisuus lisääntyy.
- A) kyllä B) Kyllä, ohjaajan omiin toiveisiin mukautuva järjestelmä, jota voidaan tunata sopivaksi.
- Osittain ohjaajalla säilynee päätösvalta tiettyjen valintojen ja esitettävien tietojen näyttämisestä. Erilaiset declutter ominaisuudet ja näyttöjen valintavaihtoehdot lisääntyvät.

INFORMAATIONHALLINTA

7. APUKYSYMYS 2B. Millainen rooli hävittäjäohjaajalla on tulevaisuudessa lentokoneen sensorien kontrollinnissa?

Vastaajien määrä: 7

- Ohjaaja on käyttäjä, jonka ei välttämättä tarvitse tietää, mitä sensoria hän käyttää tiedon saamiseen. Ks. edellinen vastaus.
- Siihen tarvitsee keskittyä vähemmän automaation ansiosta, mutta halutessaan niin voi edelleen tehdä.
- Hävittäjäohjaajan (Ilmasta-ilmaan) rooli ei tule merkittävästi muuttumaan automaation lisääntyessä. En näe todennäköisenä että keinoäly kykenee koskaan korvaamaan inhimillistä päättelykykyä. Samalla epäilen sitä saadaanko multisensorialgoritmita koskaan "virheetöntä", eli sellaista joka ei vaatisi tulkintaa.
- Selväst pienempi kuin nykyisin. Välttämättä ei roolia ollenkaan.
- Hyvin marginaalinen. Tavoitteena on vapauttaa ohjaajan kapasiteetti lentämisestä ja sensoreiden mekani-soinnista sekä tilannekuvan rakentamisesta tilanneymmärryksen muodostamiseen päätöksentekoa varten. Kontrolli lähitulevaisuudessa liittyy lähinnä koneen asennon optimointiin sekä emissioiden hallintaan jollain tasolla.
- Ohjaaja asettaa ennemminkin toivomuksia siitä, että mitä hän haluaisi. Järjestelmä päättää sen, miten se tehdään. Esim. haluan ilmatilannekuvaa tuolta alueelta matalalta. Ei siis siten, että ohjaan tutkaa sojottamaan siihen suuntaan.
- Asettaa haluttuja kohdealueita, maaleja etsintään / seurantaan. Vaihtaa toimintamoodia A/A tai A/G osioiden painotuksessa tai esim. kuvan tai maalin tarkan paikan ilmaisemisessa.

8. VÄITE 3: Automaatio ja informaation laitepohjainen esikäsittely (kuten sensorifuusio ja edistyneet näyttölaitteet) muuttaa tulevaisuudessa ohjaajan informaationkäsittelyä siinä määrin, että hajautetun (simultaanisen) tarkkaavaisuuden merkitys vähenee tulevaisuudessa merkittävästi. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 7

- K ja E.
Nykyinen "ristiintarkkailu" eri sensorien välillä vähenee ja se vapauttaa kapasiteettia tärkeämpiin asioihin.
Hajautetun tarkaavaisuuden tarve ei kuitenkaan vähene, koska kapasiteetti siirretään muihin kohteisiin ja ulos ei voi KOSKAAN katsoa liikaa.
- K/E
Tarkkaavaisuus on tulevaisuudessakin hyvä ominaisuus. Saman tasoinen tarkkailija tosin pystyy parempaan jos automaatio auttaa häntä. Parempi tarkkailija kuitenkin on edelleen parempi.
- Ei - katso edellinen.
- E - Ohjaajalta tullaan edelleen vaatimaan simultaanikapasiteettia, koska hävittäjän operointi vaatii paljon muutakin kuin vain sensorien tuottaman datan tulkitsemista.
- Ei- Tulkitsen tämän siten, että perinteisessä mielessä hajautettua tarkaavaisuutta ei enää tarvitse korostaa. Haasteeksi muodostuu kuitenkin se, miten ohjaajille koulutetaan taistelutilan kokonaisymmärrys aikaisempaa monimutkaisemmassa ympäristössä. Taistelun aikana on edelleen kyettävä ymmärtämään, mistä eri ilmiöt johtuvat ja mitkä niiden merkitykset kokonaisuudelle ovat. Näitä yhdistelemällä muodostuu kyky erotella abstraktilla tasolla merkityksellinen.
- E. En usko, että simultaanikapasiteetin käytön tarve vähenee. Ohjaajan pitää edelleen ajatella monia asioita. Asioiden taso ei enää vaan ole niitä, mitä automaatio voi tehdä. Ilmaoperaatioiden monipuolisuus/monimutkaisuus ei ole vähenemässä.
- E- vaikka ohjaajan sensorityöskentelyn aika helpottuu tulee tehtävien monimuotoisuus ja taktinen haaste edelleen pakottamaan ohjaajan jakamaan monitehtäväympäristössä.

Seuraavaksi sinulle esitetään informaationhallintaan liittyviä VÄITTEITÄ. Vastaa väittämiin oman näkemyksesi mukaisesti ja argumentoi/perustelee mielipiteesi. Väitteen perässä on APUKYSYMYKSIÄ, joihin sinun tulee myös vastata perustellen mielipiteesi.

9. APUKYSYMYS 3A. Jos koneen omin sensorein ja jaetun informaation kautta saadun tilannekuvan kattavuus ja laajuus tulee merkittävästi kasvamaan, niin miten näet sen vaikuttavan lentäjän informaationhallintaan?

Vastaajien määrä: 7

- Informaation tulee olla etistä suodatettua ja kootumpaa. Tulisi kuitenkin olla mahdollisuus hallita sensoreita osin myös manuaalisesti niin haluttaessa.

- Lentäjä voi keskittyä enemmän taktisiin päätöksiin ja vähemmän sensorien hallintaan.
- Ohjaajan tilannekuva tulee olemaan kattavampi (aukottomampi). Ohjaaja voi valita haluamansa informaatiolähteet.
- Päätöksenteon pohjana käytettävää tietoa on enemmän, mikä voi tehdä päätöksenteosta monimutkaisempaa, mutta samalla tilannetietoisuus tulee olemaan parempi.
- Oikeastaan kysymyksessä 8 kuvatulla tavalla. Järjestelmien ymmärtämisen sijaan tulee ymmärtää enemmän taistelutilaa ja siellä tapahtuvien ilmiöiden merkitystä sekä suhteita toisiinsa. Informaatio muodostuu merkittäväksi vaikuttajaksi aina strategiselle tasolle saakka.
- Automaatiota pitää lisätä runsaasti, jotta saadaan siitä kaikki mahdollinen hyöty irti. Ohjaajaa ei kannata kuormittaa aritmetiikalla jne...
- Ohjaaja pystyy keskittämään enemmän ajattelua taktiseen päätöksentekoon.

10. APUKYSYMYS 3B. Miten ohjaajan rooli uhkatilannetietoisuuden (oman ja muiden) ylläpitäjänä tulee muuttumaan tulevaisuudessa?

Vastaajien määrä: 7

- Merkittävästi. 5. sukupolven hävittäjän ohjaaja kykenee toimimaan ikäänkuin taistelunjohtajana neljänne sukupolven koneille.
- Ohjaajan tarvitsee tehdä vähemmän kuin nyt. Automaatio auttaa. Jää aikaa taktisen tilanteen analysointiin.
- En ymmärrä kysymystä.
- Verkottumisen kautta ohjaajan ymmärtämän uhkatilannetietoisuuden alue tulee kasvamaan.
- Tilannekohtaisen ymmärryksen muodostaminen valitulla ajanhetkellä edellyttää edelleen ohjaajan päätöksentekoa, sillä en usko automaation/autonomian kykenevän tämänkaltaiseen kognitiivisuuteen ihan lähiaikoina. Ehkä voisin luonnehtia toimintaa tulkinnaksi.
- Edelleen ohjaajan pitää muodostaa omassa päässänsä tilanneymmärrys siitä, mitä ympärillä tapahtuu. Jos hän esim. näkee sen valmiiksi muodostetulta näytöltä, niin sitten se pitää edelleen "tajuta" omassa päässänsä.
- Sensorien tuottama tieto mahdollistaneen paremman uhkatilannetietoisuuden, jolloin yksittäisen ohjaajan rooli hyökkäyksen jatkamisessa tai keskeyttämisessä korostuu.

11. VÄITE 4: Tulevaisuudessa automaatio ja koneen järjestelmät vastaavat pääosin toiminnan yhteensovittamiseen tarvittavasta kommunikoinnista. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 7

- E. Perustieto ja tilannekuva kyllä välittyvät automaattisesti, mutta LUOVAT ratkaisut tulee viestittää ihmiseltä. Tämä tapahtuu toivottavasti passiivisesti.
- E
Toiminnan yhteensovittaminen on edelleen ohjaajan homma. Jaettu tilannetietoisuus tekee sen helpommaksi.
- Kyllä - tulenkäyttäjien verkolla kyetään jakamaan reaaliaikainen tilannetieto sensorihavainnoista, maalittamisesta ja tulenkäytöstä. Radiopuhelinliikenteen määrä tulee vähenemään.
- --
- Kyllä. Tilannekuvan muodostamisen osalta järjestelmät voivat kommunikoida keskenään ja muodostaa näin täydellisemmän kokonaistilannekuvan.

Ei. Tilanteenmukaisen tulkinnan ja päätöksenteon kommunikoinnista vastaa edelleen ohjaaja.
- K. Kommunikoinnin tarve ja määrä kasvaa. Sitä on automatisoitava. Ihmisten välinen puhe ei poistu kokonaan, vaan se keskittyy tärkeimpiin/yllättäviin asioihin.
- K Linkki ja omapaikkajärjestelmien kehitys mahdollistaa automaattisen kommunikoinnin paremmin tulevaisuudessa.

12. APUKYSYMYS 4A. Jos toiminta tapahtuu tulevaisuudessakin osastokokonaisuuksina, niin millaisia muutoksia osaston sisäisen (yhteisen/jaetun) tilanneymmärryksen osalta tulee tapahtumaan?

Vastaajien määrä: 7

- Tässä tulisi käyttää suodatustasoja, jolloin yksittäinen kone voi suodattaa itseltään liian laajan tietopohjan pois. Vastaavasti kokonaiskuvan tarvitsija ja käyttäjä saa sen käyttöönsä.
- Tilannekuva on sama kaikille osaston sisällä. Se helpottaa päätöksentekoa ja osaston koordinoitua.
- Reaaliaikaisuus ja tarkkuus paranee. Jaettavan informaation määrä tulee kasvamaan.
- OSaston koneiden sensorien tuottama data fuusioidaan niin, että tilannekuva tulee olemaan osaston "yhteinen tilannekuva", jonka pohjalta on helpompaa myllä muodostaa yhteinen tilanneymmärrys ja samankaltainen tilannetietoisuus (=ohjaajat käsittävät vallitsevan tilanteen enemmän samankaltaisena kuin nykyisin)

- Osasto sisäinen ja osastojen välinen tilanneymmärrys muodostuu automatisoidusti, eikä edellytä niin paljoa ohjaajan kapasiteettia kuin nykyään. Osastona toimimisen perusteet muuttuvat myös suojan näkökulmasta tarkasteltuna. Automaatio ja autonomia kehittävät suojaa tilannekuvan kautta, eikä se perustu luonteeltaan niin paljon ihmisen toimintaan kuin aikaisemmin.
- Kaikki suunniteltu toiminta ja admin hommiin liittyvä kommunikointi automatisoidaan.
- Osaston sisällä jaetaan aktiivisesti tietoa, jolloin osa koneista voi olla aktiivisia tai passiivisia eri sensoreiden säteilyn osalta.

13. APUKYSYMYS 4B. Mitä esteitä tai haasteita näet sille, että automaatio ottaisi tulevaisuudessa ihmistä enemmän vastuuta toiminnan yhteensovittamisessa ilmaoperaatioissa (kuten keskinäinen porrastaminen, ”aika-tila-voima” kombinaation hallinta jne)?

Vastaajien määrä: 7

- Tämä on järkevää, mutta ihmisellä tulee olla mahdollisuus käyttää override:a ja muuttaa suunnitelmia luoasti.
- Toiminnan yhteensovittaminen automaationa vaatisi pelkän automaation sijasta tekoälyä. Se on tulossa mutta alkaa miehittämättömistä lentolaitteista. Tekoäly ei vielä ole riittävän kehittynyt, mutta siitä tulee sellainen.
- En näe todennäköisenä että keinoäly kykenee koskaan korvaamaan inhimillistä päättelykykyä. Samalla epäilen sitä saadaanko multisensorialgoritmita koskaan "virheetöntä", eli sellaista joka ei vaatisi tulkintaa.
- Suurimpana haasteena näen sen miten ohjaaja kykenee säilyttämään tietoisuuden tilannekuvan hyvyydestä.
- Tilannekohtaisen ja ennustamattomien ilmiöiden hallinta ei ole mahdollista pelkästään automaation/autonomian kehittymisen kautta. Muuttujien määrä ja niiden tulkinta on liian laaja kokonaisuus pelkästään järjestelmän ratkaistavaksi.
- Tiedonsiirron kapasiteetti ja hitaus voi olla haasteellista häirityissä olosuhteissa.
- Monimutkaisten tehtävien tai ROE:n tulkinnan suhteen ohjaajalla on säilyttävä kokonaisvastuu päätöksistä. Muuten automatisoidut tehtävät voivat priorisoida päätöksenteon väärin. Esim kone priorisoi maalin tuhoamisen oman koneen auttamisen suhteen etusijaiseksi.

14. APUKYSYMYS 4C. Miten näet ohjaajan informaationhallinnan muuttuvan, jos miehittämättömiä ilma-aluksia toimii alueella osana operaatiota yhteistyössä miehittyjen ilma-alusten kanssa?

Vastaajien määrä: 7

- En mitenkään paitsi luovat ratkaisut ovat yksipuolisia.
- Ohjaaja saa yhä parempaa informaatiota koska sensoreita jotka jakavat tietoa on enemmän.
- Lisää kompleksisuutta, joskin UAV:t kyetään viemään normaalin hävittäjäenvelopen yläpuolelle.
- Suurin muutos on, että visuaalinen tähystäminen vähenee mikäli miehittämättömät ilma-alukset korvaavat miehittyjä. Muutoin informaationhallinnan automatisoituessa ja sensorifuusion lisääntyessä ei eroa pysty todennäköisesti edes huomaamaan.
- En juuri mitenkään.
- Miehittämättömien ilma-alusten "ohjaaminen" pitää olla automatisoitua. Niitä pitää voida ohjata, mutta se on vain taas tavoitteiden ohjaamista, ei itse lavetin ohjaamista. Esim. haluan tätä tai tuota. Sitten sen hoitaa joko oma sensori tai miehittämätön.
- Informaationhallinnan osalta tulee ohjaajalle tiedostettavaksi miehitetyn ja miehittämättömän lentolaitteen erot.

15. VÄITE 5: Tulevaisuudessa kohteen valinnan jälkeen lentokoneen järjestelmät tekevät päätökset siitä, miten kohteeseen vaikutetaan. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 7

- E. Päätöksentekoa voidaan tukea vahvasti ja antaa suositus, mutta ihmisen tulee kyetä tekemään päätös ellei tilanne ole päivän selvä. Vrt. elektroninen ROE.
- E (K)
Vasta 2 sukupolven päästä kun tekoäly on osa ilmajärjestelmää.
- Ei - Järjestelmä voi tehdä suosituksia, mutta en usko että kehitys johtaa tilanteeseen jossa keinoäly "valtuutetaan" tekemään päätöksiä.
- E - Tekoäly ei ole koneissa vielä tarpeeksi pitkällä. Tähän suuntaan ollaan varmaan menossa, mutta varsinkin tarkastelukauden alussa järjestelmät antavat todennäköisesti suosituksia.
- Kyllä. Tämä on mahdollista, mutta näen edelleen (etenkin) länsimaisen moraali- ja etiikkakäsityksen vastustavan tätä laajasti. Ilmiö on havaittavissa jo nyt, sillä tyypillisesti tämä on se keskeisin ohjaajan/ihmisen tekemä päätös, jota ei ole haluttu vapauttaa järjestelmän tehtäväksi.
- E. Lainsäädäntö, etiikka, moraali ja muut vastaavat seikat rajaavat tätä kysymystä ja se ei ole helppo.

Ihmisen pitää olla päätöksenteossa mukana. Kohteen valinta ei vielä riitä. Automaatiolle ei voi jättää sitä valtaa, että esim. häiritäänkö vaan vai räjäytetäänkö atomeiksi. Ohjaajan pitää päättää vaikuttamisen "vakavuuden" aste. Sitten vo olla ihan sama, että käytetäänkö siihen mitä keinoa.

- E- vaikuttamisessa ohjaajan päätöksenteko säilynee. Automaattiset järjestelmät voivat ehdottaa priorisoi-tuja vaihtoehtoja, mutta varsinaise valinnan tekee ohjaaja

16. APUKYSYMYYS 5A. Mille tasolle näet automaation kehittyvän tulevaisuudessa tulen-/voimankäyttöön liit-tyvien taisteluteknisten päätösten osalta A) ilmasta-ilmaan B) ilmasta-pintaan C) elektronisessa sodankäynnissä?

Vastaajien määrä: 7

- Vahva suositus kaikissa kohdissa. Puolustuksellisuuteen liittyen EW:lle voidaan antaa automaattinen mah-dollisuus vaikuttaa.
- Riippuu tekoälyn kehityksestä. Lopulta päätöksenteko on niin nopeaa, ettei ihminen pystyisi siihen. Sil-loin tekoälyalgoritmit taistelevat toisiaan vastaan. Silloinkin lopputulokseen vaikuttaa päätöksenteon no-peuden lisäksi (tekoälyn) tilanneymmärrys, nopeus, ulottuvuus, suojat jne.
- A) päätöksenteko säilyy ohjaajalla
B) päätöksenteko säilyy ohjaajalla
C) päätöksenteko säilyy ohjaajalla pl omasuojahäirintä
- A) Toimintavaihtoehtojen esitys ja reaaliaikainen uhkan esitys (tietenkin sähköinen roe, joka on jo nyky-päivää)
B) automaattinen CDE, automaattinen kohteen tunnistus
C) Täysin automaattinen (mutta rajoitettavissa) käsketyt tehtävän mukaan
- a) Nykyistä paremman vaikuttavuusarvion tekeminen, suositukset käytettävistä vaikuttamistavoista, vai-kutusarvion tuottaminen koko vaikuttamistapahtuman ajan, omien tappioiden estäminen ja samoin omien alasampumisen estäminen tai ainakin siitä nykyistä paremmin varoittaminen.

b) Samat periaatteet laajennettuna sivullisten vahinkojen välttämiseen ja CDE/BDA-arvoiden automati-sointi sekä esittäminen ohjaajalle. Kenties myös adaptiiviset räjähteet ja asetet.

c) Kognitiivinen elektromagneettisen spektrin hallinta myös vaikutusten osalta. Tästäkin on jo viitteitä nykyisissä järjestelmissä, joissa kyetään tunnistamaan ympäristö ja adaptoitumaan siihen sekä mahdolli-sesti myös kohdentaa vaikutuksia samoin periaattein.
- A) vaikuttamisen "vakavuuden" asteen päättäminen
B) sama
C) sama
- A) ohjaajalle esitetään LAR / osumistodennäköisyyteen perustuen parasta käytettävää asetetta. Ohjaaja tekee valinnan esitysten perusteella
B) kuten edellä
C) oletettavasti automatisoidusti hoidetaan enemmän kuin A ja B kohdissa. Järjestelmä voi häiritä au-tomaattisesti uhkakirjastoon ja havaittuun tilanteeseen perustuen, jos ohjaaja niin valitsee.

17. APUKYSYMYYS 5B. Millainen rooli hävittäjäohjaajalla on tulevaisuudessa tulen-/voimankäyttöön liittyvien päätösten tekijänä?

Vastaajien määrä: 7

- Päätöksen tekijä / suosituksen hyväksyjä.
- Rooli säilyy niin kauan kunnes tekoäly syrjäyttää ihmisen päätöksentekijänä. Päätöksenteko täytynee ulkoistaa kerralla. Osittainen päätöksenteon hajauttaminen tuskin toimii.
- Päätöksentekovastuu siirtynee C2 ketjussa ylöspäin, tilannekuvan reaaliaikaisuuden ja tarkkuuden paran-tuessa. Tulkinnanvaraisuuksista päättää kuitenkin ihminen, ei keinoäly.
- Edelleen täysin keskeinen. Toimintavaihtoehdon valinta, voimankäyttöpäätöksen tekeminen, jne...
- Tulevaisuudessa rooli on tilannekohtaisen ymmärryksen tuottaminen ja sitä kautta lopullisen vaikutta-mispäätöksen tekeminen.
- Jostushan päätöksen tekee Puolustusministeri ja joskus ohjaaja. Toiminta säilyy samankaltaisena. Ihmi-nen tekee päätöksen jollain tasolla tilanteen mukaan.
- Säilyy nykyisenkaltaisena

18. VÄITE 6: Tulevaisuudessa hävittäjätoimintaan liittyvät päätökset jaetaan joko koneen järjestelmien (teko-älyn) tai ohjaajan tekemiin päätöksiin, joista koneen tekemät päätökset ovat osin ohjaajan hyväksymiä. (K/E -perustelee)

Vastaajien määrä: 7

- K. Ks. edelliset vastaukset.
- E

- Jos ohjaaja on hyväksyjä silloin hän on myös päättäjä.
- Kyllä. kts edelliset.
 - Sekä että. Todennäköisesti vakuttamiseen (kill chain) liittyvät päätökset ja taistelutaktiset päätökset tulevat säilymään vielä jonkin aikaa ohjaajan vastuulla, mutta esim. suojautumiseen ja elektroniseen vaikuttamiseen liittyvät päätökset automatisoituvat täysin
 - Kyllä. Näen nykyisen kehityskulun jatkuvan tältä osin. Sillä täsmennyksellä, että käyttäisin tai sanan sijaan sanaa ja. Molemmat ovat nimenomaisesti merkityksellisiä.
 - K. Nytkin kone tekee päätöksiä esim. korkeuden säilyttämisen suhteen autopilotti päällä. Ohjaaja on hyväksynyt koneelle sen "oikeuden". Sama toiminta säilyy, mutta yhä useampi asia on automatisoitu. Tällöin voidaan hoitaa suurempaa tietomäärää, koska ohjaajan kapasiteetti on kuitenkin se sama vanha rajallinen ihmisen kapasiteetti.
 - K- tietyt kokonaisuudet ja ratkaisut halutaan monimutkaisuuden vuoksi säilyttää ohjaajalla

19. APUKYSYMYYS 6A. Näetkö mahdolliseksi, että tulevaisuudessa osa päätöksistä vaatii ohjaajalta vain keinoälyn tekemän päätöksen hyväksymistä?

Vastaajien määrä: 7

- K. Ks. edelliset.
- On se mahdollista. Tosin tarkkaan ottaen silloin kyse ei ole tekoälyn tekemästä päätöksestä vaan päätösesityksestä.
- Näen tämän todennäköisenä.
- Kyllä, mutta tähän menee vielä aikaa ja kun tämä on mahdollista on hyvä kysyä miksi ohjaajaa kannattaa enää lennättää mukana?
- Kyllä. Nytkin on jo näin. (Esim. omasuojan käyttö.)
- Kyllä. Näin se menee. Vrt. edellinen esimerkki, vaikkei siinä keinoälyä olekaan, vaan ennalta ohjelmoituja speksejä.
- Osa alemman painoarvon omaavista päätöksistä tulee automatisoiduksi

20. APUKYSYMYYS 6B. Millaiset päätökset A) voisivat B) ei missään tapauksessa voisi olla kysymyksessä 19 (6A) mainitun kaltaisia?

Vastaajien määrä: 7

- A) Ks. vastaus 16.
- Niin kauan kuin ohjaaja hyväksyy hän todellisuudessa päättää. Silloin ei ole mitään rajoituksia sille mitä päätöksiä kone voi esittää.
- Kaikki lentokoneessa tehtävät päätökset voivat perustua malliin jossa ohjaaja hyväksyy keinoälyn tuottaman ratkaisun.
- Välttämättä tähän ei ole olemassa tulevaisuudessa rajoitteita
- a) Itse asiassa en näe tässä mitään erityisiä rajoitteita, sillä kontrolli säilyy kuitenkin ohjaajalla.
- b) Kuten kohta a)
- A) Kaikki
- B) -
En näe, että mikään asia ei voisi sisältää valmiiksi pureskeltua dataa, jos ohjaaja sen päätöksen kuitenkin tekee.
- A) millä moodilla tai laitteella tilannekuvaa luodaan
- B) tulenkäyttöön liittyvät päätökset

21. VÄITE 7: Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät suorittavat arviointia tilanteisiin ja toimintaan liittyvistä riskeistä. (K/E - perustele)

Vastaajien määrä: 7

- K. Algoritmit tunnistavat tilanteet ja vasaavat niihin halutulla tavalla. Ohjelmointikysymys.
- K
Se olisi hyödyllistä, joten eiköhän se joskus tule.
- Kyllä. Verkottunut multisensorympäristö kykenee tuottamaan niin monimuotoisen tilannekuvan, että esimerkiksi voimatasapainon arviointi on mahdollista toteuttaa automaattisesti.
- K - esim. vastassa olevaan uhkaan perustuen (asejärjestelmien kantamat, havainnointikyky, jne...)
- Kyllä. Tätä tehdään jo nyt taistelua koskevien päätösten tukemiseksi mm. operaatioanalyysin kautta. En näe mitään syytä mikseivät tulevaisuudessa dynamiikka ja reaaliaikaisuus kasvaisivat.
- K. Järjestelmät voivat ehdottaa uhkasidonnaisia suosituksia, esim. ohjusväistöön tai muuhun esim. etäisyyteen liittyvien temppeujen tekemiseen suhteessa uhkajärjestelmään. Tämä on juuri sitä nykyään ohjaajan tekemää "tylsää" laskentatehtävää, jonka voisi hoitaa automaatio. Kapasiteettia vapautuisi sitten muuhun ajatteluun.

- K- laitteiden laskentateho jne paranee, jolloin etäisyyksiin tai todennäköisyyksiin liittyviä riskejä voidaan esittää paremmin.

22. APUKYSYMYS 7A. Mille tasolle näet automaation kehittyvän tulevaisuudessa riskienhallinnassa ja toiminnan optimoinnissa A) taisteluteknisellä tasolla B) taktisella tasolla?

Vastaajien määrä: 7

- A) Erittäin korkeaksi.
B) Suhteellisen korkeaksi. Uskon, että järjesevät voivat tarjota valmiita taktisia toimintamalleja, joista hyväksytään tai suoritetaan kulloinkin sopivin.
- Apuvälineestä täysin itsenäiseksi tekoälyksi.
- Molemmilla tasoilla automaatio tulee helpottamaan päätöksentekoa, mutta siten että se tuottaa perusteita ja/tai suosituksia joiden perusteella inhimillinen toimija päättää jatkotoimenpiteistä.
- ---
- a) Reittioptimointi, vaikutustavan optimointi, geometria optimointi, säteilyoptimointi, heräteoptimointi, sensorimekanisointi, polttoaineoptimointi, olosuhdeoptimointi yms. Lista on miltei loputon. Kaikkiin liittyy lisäksi riskienhallinta käänteisenä tuotteena.

b) Tämä säilyneen suunnittelun, toimeenpanon ja arvoinnin tukena, mutta reaaliaikaisuus sekä tarkkuus kasvavat.
- A) Valmiita suoria ehdotuksia tehtävistä toimenpiteistä esim. yksittäiseen ammuntaan liittyen
B) Parven käytön taktisia neuvoja esim. voimasuhteisiin (omat muut parvet, uhka, jne...) liittyen
- A) uhkan asejärjestelmän etäisyyskehät esitetään esim. eri väreillä=erilainen riski
B)maalin valintaan tai uhkaavuuteen perustuva vaihtoehto-esittely mihin maaliin kannattaa reagoida

INFORMAATIONHALLINTAA KOSKEVAT VÄITTÄMÄT PÄÄTTYVÄT TÄHÄN. SEURAAVAKSI ON VUOROSSA PÄÄTÖKSENTEKOON LIITTYVÄT VÄITTÄMÄT.

23. VÄITE 8: Automaatio tulee korvaamaan hävittäjäohjaajan suurimmalta osin nopeita ja monimutkaisia (intuitiivisia) päätöksiä vaativien tilanteiden osalta, jolloin ohjaajan vastuulle jää lähinnä harkintaa vaativat hitaammat päätökset. (K/E - perustelee)

Vastaajien määrä: 7

- K. Taktisiin ja tärkeämpiin päätöksiin tulee saada aikakapasiteettia käyttöön, jolloin on mahdollisuus tehdä järjeviä ja luovia päätöksiä. Nopeat ja itsestäänselvät päätökset jätetään koneen tehtäviksi.
- E
Jos tekoäly pystyy tekemään päätöksiä, niin silloin tuskin samaan lavettiin enää laitetaan ohjaajaa. Hitaammat ihmisen tekemät päätökset tehdään maassa. Silloin päätetään käytetäänkö tekoälyaseita jotakuta vastaan vai ei. Tekoälyn päätöksille voidaan asettaa rajoituksia ja reunaehtoja.
- Ei. Inhimillisen toiminnan vahvuus on kokemukseen perustuva kyky tehdä pääsääntöisesti oikeita ratkaisuita intuitiivisesti. En usko että vastaavan tietopohjan rakentaminen keinoälylle on mahdollista seuraavan 50 vuoden aikana.
- E - todennäköisesti jossain vaiheessa, mutta ei ehkä tarkastelujakson alkupuolella
- Ei. Päätökset voivat kaikilla tasoilla olla aikakriittisiä. Peruseriaate on ehkä kuten kysymyksessä kuvaat, mutta harkintaa vaativat ja monimutkaiset nopeat pitää ehkä erotella hieman paremmin toisistaan. Intuitiivisen korvaaminen järjestelmän päätöksillä on nimenomaisesti se kaikkein vaikeimmin toteutettava. Katsoisin niihin kuuluvan ennemminkin edellisessä kysymyksessä käsitellyt optimointiin liittyvät kokonaisuuudet.
- K ja E.
En usko, että automaation apu on kiinni päätöksenteon aikajänteestä.
- K ja E riippuen päätöksenteon vaikuttavuudesta. Esim. tulenkäyttötilanne voi olla nopea, mutta vaatinee edelleen ohjaajan päätöksenteon. Peruseriaatteiltaan yksinkertaiset alemman tason nopeat päätökset ovat helpommin automatisoitavissa kuin koko tehtävään liittyvät hitaammat ja vaikeat kokonaispäätökset.

24. APUKYSYMYS 8A. Mitkä hävittäjätoimintaan liittyvät osatekijät/toiminnot näet olevan päätöksenteon kannalta helpoiten korvattavissa automaatiolla tai teknologialla?

Vastaajien määrä: 7

- Eletroniseen uhkaan vastaaminen, tiedon kerääminen ja tiedon esittäminen.
- Päätöksentekoa ei voi korvata automaatiolla. Se voidaan korvata tekoälyllä. Näkisin että jos lentolaitteissa on tekoäly tekemässä päätöksiä siellä ei ole ohjaajaa. Tekoälyn päätöksen rajoitukset / hyväksynnät tehdään maassa.

- Tilannekuvan muodostaminen ml. tunnistaminen ja tiedonjakamisen hallinta.
- Suojautumiseen liittyvät (omasuojan käyttö, herätteiden hallinta,...)
- Tilannekuvan muodostaminen, sensorimekanisointi, peruslentäminen, optimoinnit, riskienhallinnan, heräteoptimointi, säteilyoptimointi, tilannekuvan esittäminen ja ylläpitäminen, päätöksentekovaihtoehtojen esittäminen ja ohjajan kapasiteetin vapauttaminen.
- Vaikea kysymys. Yksittäisen ohjaajan toimintaa tst-tekniisellä tasolla helpottava automaatio olisi varmasti ensiaskel.
- Sensorien valinta tilannekuvan esittämiseen, tietyt lentokoneen kuntoa tai järjestelmien tilannetta parantavat yksinkertaiset päätökset.

PÄÄTÖKSENTEKO

Seuraavaksi sinulle esitetään päätöksentekoon liittyviä VÄITTEITÄ. Vastaa väittämiin oman näkemyksesi mukaisesti ja argumentoi mielipiteesi. Väitteen perässä on APUKYSYMYKSIÄ, joihin sinun tulee myös vastata perustellen mielipiteesi.

25. APUKYSYMYYS 8B. Mitkä hävittäjätoimintaan liittyvät osatekijät/toiminnot näet päätöksenteon kannalta vaikeimmin korvattaviksi?

Vastaajien määrä: 7

- Taktiset, kokonaiskuvaan vaikuttavat päätökset sekä ilmataistelun päätöksentekoon liittyvät päätökset.
- Päätöksenteko epätäydellisellä informaatiolla on tekoälylle vaikeampaa, mutta ei mahdotonta. Aluksi tekoälyt tulevat olemaan huonompia ja niille asetetaan rajoituksia. Esim. voiman käyttö saattaa vaatia ihmisen päätöksentekoa vielä pitkään.
- Päätöksenteko kinemaattisen voiman käytöstä.
- taktiset ja taistelutekniset valinnat (geometriat, tulenkäyttöpäätökset, osaston käskyttäminen,...)
- Tulenkäyttöön, voimakeinoihin ja vaikuttamiseen yleensäkin liittyvät tilannekohtaiset tekijät, joihin liittyy etiikka ja moraali.
- Kokonaisilmaoperaation hallinta ja siihen liittyvät tekijät. Esim. Onko tämä yksittäinen vaikuttamistehtävä minkä "arvoinen" suhteessa puolustusvoimien kokonaistavoitteen saavuttamiseen jne.
- Voimankäyttö, päätöksenteko tehtävän jatkamisesta tai komentajan tahdon noudattamisesta vs. itsepuolustus

26. Valitse väitteisiin oman näkemyksesi mukainen vaihtoehto.

Vastaajien määrä: 7

	KYLLÄ	EI	Yhteensä	Keskiarvo
1. Ohjaajan rooli päätöksentekijänä pienee tulevaisuudessa.	2	5	7	1,71
2. Teknologinen kehitys kykenee uuden hävittäjän aikakaudella (2030-2050+) muuttamaan merkittävästi ohjaajan roolia hävittäjätoiminnassa.	6	1	7	1,14
3. Ohjaajan ei tarvitse tulevaisuudessa juuri miettiä ympäröiviä uhkia, koska keinoäly ja uudet teknologiat suorittavat tarvittavat toimenpiteet uhkilta välttymiseksi.	0	7	7	2
4. Ohjaajan ei tarvitse tulevaisuudessa päättää millä/miten kohteeseen vaikutetaan, koska automatiikka suorittaa asiaan liittyvät päätökset.	1	6	7	1,86
5. Informaationhallinta kuormittaa tulevaisuudessa ohjaajaa nykyistä vähemmän.	4	3	7	1,43
6. Ohjaajalta vaaditaan tulevaisuudessa informaationhallinnassa enemmän kriittisyyttä, koska saadun informaation lähde ei välttämättä ole tiedossa.	6	1	7	1,14
7. Laitepohjainen informaation esikäsittely (sensorifuusio tai vastaava) vääristää/heikentää ohjaajan tilannetietoisuutta.	1	6	7	1,86
8. Hävittäjäosaston sisäistä (yhteistä) tilannetietoisuutta ei juuri tulevaisuudessa tarvita, koska keinoäly ja automaatio optimoivat osaston sisäisen toiminnan yhteensovittamisen.	0	7	7	2
9. Tulevaisuudessa hävittäjäohjaajan tekemät päätökset perustuvat enenevässä määrin lentokoneen tekemiin esityksiin, joiden pohjalta ohjaajan rooli on lähinnä suorittaa harkintaa päätösten toimeenpanemiseksi.	6	1	7	1,14
10. Tulevaisuuden hävittäjä esittää informaation ohjaajalle niin selkeästi, että olennaisen informaation löytäminen ei vaadi tarkkaavaisuuden hajauttamista useisiin kohteisiin.	4	3	7	1,43

11. Tulevaisuudessa informaation esitystavat ovat niin kehittyneitä, että tarvittava tieto on saatavissa ilman tarkkaavaisuuden merkittävää hajauttamista.	5	2	7	1,29
12. Automaation myötä tarve eri laitteiden mekaaniselle kontrolloinnille vähenee tulevaisuudessa.	7	0	7	1
13. Tulevaisuudessa hävittäjäalentäjä joutuu tekemään yhä enemmän päätöksiä.	4	3	7	1,43
14. Tulevaisuudessa hävittäjäalentäjä joutuu yhä enemmän kiinnittämään huomiota muihin alueella oleviin omiin koneisiin.	2	5	7	1,71
15. Tulevaisuudessa lentokoneen järjestelmät kykenevät riskinhallintaan osana automaatiota.	6	1	7	1,14
16. Automaatio vähentää peruslentämisen ohjaajalle muodostamaa työkuormaa.	7	0	7	1
17. Lentokoneen järjestelmien kyky häiriö-/vikatilanteiden itsenäiseen korjaamiseen paranee tulevaisuudessa merkittävästi.	6	1	7	1,14
Yhteensä	67	52	119	1,44

27. Kommentoi tai perustele vapaamuotoisesti tekemiäsi valintoja.

Vastaajien määrä: 4

- Ihmisälyn kautta tapahtuaa luovaa päätöksentekoa ei korvaa yksikään tietokone.
- Vastasin kaikkiin kysymyksiin kuten näen asian oleva seuraavan sukupolven hävittäjien osalta (5. gen F-35 jne). Vastaukset muuttuvat täysin jos puhutaan vielä kehittyneemmästä tekoälyä sisältävästä lentolaitteesta.
- 5. Pysyy samalla tasolla, mutta sen luonne muuttuu.
- 6. Ymmärrystä taistelutilan kokoaisuudesta.
- 8. Osaston tilannetietoisuus muodostuu nimenomaisesti osaston toiminnan tuloksena.
- 10. Pitää kuitenkin ymmärtää mikä on taistelutila, sen ilmiöt ja niiden suhde toisiinsa. Luonne muuttuu nykyisestä hajauttamiseen liittyen.
- 11. Kuten 10.
- Tulevaisuuden hävittäjätaistelut ja ilmasta maahan vaikuttaminen tulee sisältämään monitehtävän hallintakykyä, minkä vuoksi ei voida sanoa että simultaanikapasiteetin merkitys pienenee. Automatisointi vapauttaa kyllä ohjaajan kapasiteettia yhä enemmän taktisten valintojen tekemiseen. Ohjaajan OODA-loop nopeutuu, koska aiemmin sensorien mekaaniseen käyttämiseen mennyt aika jää vähemmälle. Erittäin mielenkiintoinen ja tärkeä aihe...Tsemppiä tutkimuksen loppuunsaattamiseen ja varmaan HX-hanke tulee hyötymään tästä tutkimuksesta. Hyvin luvattu kyselyn alussa, meni 55 min!

SUURKIITOKSET OSALLISTUMISESTASI!

Delfoin toisen kierroksen lomake ja vastaukset

Alkuperäinen raportti on webropol -portaalissa. Tähän kopioidussa versiossa jotkin otsikot ovat vaihtaneet sijaintiaan. Myös vastaajatiedot on anonymiteetin vuoksi poistettu.

Delfoi_kierros2

1. Kirjoita alle yhteystietosi, kiitos.

Vastaajien määrä: 12

Etunimen ensimmäinen ja sukunimen kaksi ensimmäistä kirjainta	Matkapuhelin	Sähköposti
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx
xxx	xxx	xxx

Kysely on osa kapteeni Pekka Jyrkösen (YEK58) diplomityötä. Kyselyn tavoitteena on löytää asiantuntijoiden avulla mahdollisia tulevaisuuskuvia tutkittavaan teemaan liittyvistä suuntauksista. Olette vastanneet kyselyn ensimmäiseen vaiheeseen, jossa selvitettiin hävittäjäohjaajan keskeisten kognitiivisten ominaisuuksien tulevaisuuskuvia. Kiitokset loistavista vastauksista. Tähän kyselyyn vastaaminen kestää arviolta 20 minuuttia. Tutkimuksen teemana ovat hävittäjäohjaajan kompetenssit ja osaaminen. Tutkimuksen taustaoletuksena pidetään sitä, että teknologisen kehityksen seurauksena tekoäly ja automaatio tulevat yleisesti muuttamaan hävittäjäohjaajaan informaationhallinnan ja päätöksenteon kenttää. Tämä kysely on osa tutkimusta ja siinä selvitetään asiantuntijoiden näkemyksiä siitä, miten hävittäjäohjaajan työympäristössään tekemät havainnot/informaatio (ml. muistitieto) sekä toiminnot (ml. motorinen kontrolli) tulevat muuttumaan **UUDEN HÄVITTÄJÄN AIKAKAUDELLA (2030-2050)**? Taustamateriaalina sinulle on toimitettu ensimmäisen kierroksen vastauksista muodostettu koonnos (koonnos1krs.pdf) sekä hävittäjäohjaajan osaamissysteemistä muodostettu käsitteellinen malli (malli.pdf), joita voit kommentoida vapaamuotoisesti tämän kyselyn kolmannessa osiossa. Kyselyn rakenne muodostuu kolmesta osiosta: 1) Monivalintakysymykset havaintojen tekemiseen liittyen 2) Monivalintakysymykset toimintojen suorittamiseen liittyen 3) Vapaamuotoiset kommentit

2. Miten kysymyksessä kuvatun ilmiön merkitys tulee mielestäsi muuttumaan uuden hävittäjän aikakaudella ohjaajan saamien HAVAINTOJEN JA TIETOJEN osalta? Sillä ei ole väliä, mikä ilmiön merkitystä muuttaa. Muutosagentteina voi toimia näkemyksesi mukaiset uuden hävittäjän aikakauteen yleisesti yhdistetyt hävittäjätoiminnan luonteelliset piirteet (käyttöperiaatteista teknologiseen muutokseen).

Vastaajien määrä: 12

	Merkitys vähenee	Merkitys ei muutu	Merkitys kasvaa	Yhteensä	Keskiarvo
Kypärätähtäimeltä saatavat lentotilatitiedot	1	7	4	12	2,25
Asentotiedon ylläpito	2	7	3	12	2,08
Mittariston luku	7	4	1	12	1,5
Kypärätähtäimeltä saatavat uhkatiedot	0	0	12	12	3
EW järjestelmiltä saatavat uhkatiedot	1	3	8	12	2,58
A/A uhkatiedot	0	6	6	12	2,5
G/A uhkatiedot	0	4	8	12	2,67
S/A uhkatiedot	0	4	8	12	2,67
EW järjestelmiltä saatava maali tieto	1	1	10	12	2,75
Tutkalta saatava maali tieto	2	4	6	12	2,33
IR sensoreilta saatava maali tieto	1	2	9	12	2,67
TV/VIS sensoreilta saatava maali tieto	1	5	6	12	2,42
RWR tuottama sensoritieto	1	4	7	12	2,5
MAW tuottama sensoritieto	1	3	8	12	2,58
Kypärätähtäimeltä saatava maali tieto	0	3	9	12	2,75
IFF tuottama tieto	3	6	3	12	2
Näkemiseen perustuva tähyttäminen	7	4	1	12	1,5
Puheella tapahtuva kommunikaatio	5	7	0	12	1,58
Näkömerkkeihin perustuva kommunikaatio	8	4	0	12	1,33
DL (tai vastaava) kommunikaatio	0	2	10	12	2,83
Tehtävänannoissa tapahtuva kommunikaatio	0	10	2	12	2,17
DL (tai vastaava) merkitys oman osaston seurannassa	0	2	10	12	2,83
Oman osaston koneiden visuaalinen havainnointi	6	6	0	12	1,5
TACAN käyttö osaston toiminnassa	7	5	0	12	1,42
UMS	0	3	9	12	2,75
VMS	9	3	0	12	1,25
Osaston koon vaikutus informaationhallintaan	3	4	5	12	2,17
Resurssitietoisuus	0	6	6	12	2,5
Tehtävätietoisuus	0	7	5	12	2,42
Järjestelmätietämys	1	7	4	12	2,25
Järjestelmien toimintalogiikan (automaatio) ymmärtäminen	0	4	8	12	2,67
Abstrakti ajattelukyky	0	7	5	12	2,42
Yhteensä	67	144	173	384	2,28

3. Miten kysymyksessä kuvatus ilmion merkitys tulee mielestäsi muuttumaan uuden hävittäjän aikakaudella taitojen tai laitteiden käytön (motorinen kontrolli) osalta? Sillä ei ole väliä, mikä ilmion merkitystä muuttaa. Muutosagentteina voi toimia näkemyksesi mukaiset uuden hävittäjän aikakauteen yleisesti yhdistetyt hävittäjätoiminnan luonteelliset piirteet (käyttöperiaatteista teknologiseen muutokseen).

Vastaajien määrä: 12

	Merkitys vähenee	Merkitys ei muutu	Merkitys kasvaa	Yhteensä	Keskiarvo
Lentokoneen hallinta (lentäminen)	7	5	0	12	1,42
Lentokoneen yleisten järjestelmien hallinta	5	7	0	12	1,58
Aseiden käyttö A/A BVR	1	7	4	12	2,25
Aseiden käyttö A/A WVR	4	8	0	12	1,67
Aseiden käyttö A/S	1	6	5	12	2,33
Aseiden käyttö A/G	1	5	6	12	2,42
Aseiden käyttö kypärätähtäimen avulla	1	5	6	12	2,42
ASPJ (tai vastaava) käyttö	8	3	1	12	1,42
Heitteiden käyttö	7	5	0	12	1,42
RWR käyttö	7	5	0	12	1,42
Visuaalinen tähytämistäito	5	7	0	12	1,58
EW sensorien käyttö	6	4	2	12	1,67
Tutkan käyttö	8	3	1	12	1,42
IR sensorien käyttö	8	2	2	12	1,5
IFF käyttö	9	2	1	12	1,33
Sensorien hallinta kypärätähtäimellä	3	3	6	12	2,25
Optisten tai visuaalisten sensoreiden käyttö	4	3	5	12	2,08
Puhekommunikaation käyttö	6	6	0	12	1,5
Visuaalisen kommunikaation käyttö	8	4	0	12	1,33
DL (tai vastaava) kommunikaation käyttö	2	2	8	12	2,5
Brief-välineiden käyttö	0	8	4	12	2,33
Muiden osaston koneiden huomiointi	2	8	2	12	2
Taktinen yhteistoiminta	0	4	8	12	2,67
Toisten koneiden tukeminen UMS	0	3	9	12	2,75
Toisten koneiden tukeminen VMS	6	6	0	12	1,5
Yhteensä	109	121	70	300	1,87

4. VAPAA KOMMENTOINTI

Vastaajien määrä: 5

- Vastasin kaikkiin sensorikysymyksiin, että niiden merkitys vähenee, koska tulevaisuudessa ohjaajalle esitetään fuusioitua tietoa. Fuusioitu tieto esitetään siten, että ohjaaja ei oletusarvoisesti tiedä mikä sensori on tiedon tuottanut.
- Oma näkemykseni on, että VMS ja WVR merkitys pienenee tulevaisuudessa. Ja täten BVR ja UMS merkitys kasvaa. Huomio siirtyy ~20NM- toiminnasta ~40NM+ toimintaan erityisesti vastustajan osalta. Myös omien huomiointi pienenee kun UMS 10NM+ (ja swarming) kasvattaa merkitystä. PARvista siirrytään yksittäisiin koneisiin tai pareihin, jolloin järjestelmien ja tiedonsiirron merkitys kasvaa.
- 1) "Automaation lisääntyminen voi aiheuttaa myös sen, että ohjaajan päätöksenteon perusteena oleva tilannetietoisuus on heikompaa, koska se tulee ikään kuin annettuna eikä muodostettuna."

Kommentti: Tilannetietoisuuden heikkous johtuu mielestäni siitä, että sen syntyessä automatisoidummin ei ohjaajalla ole hyvää kuvaa siitä miten kuva on muodostunut ja mitä järjestelmien muodostamia rajoituksia siihen voi liittyä. Tällöin kyky arvioida tilannetietoisuuden oikeellisuutta on heikko □ heikoin tilannetietoisuus on sellainen, kun ohjaaja ei tunnista tilannetietoisuuden olevan väärä (esim. laitteiden rajoitteet tilannekuvan tuottamisessa, häirinnän tunnistaminen, jne...)

2) Jatkossa taitojen opettamista, vaikka mahdollisuudet ja sitä kautta päätöksenteon problematiikkaa voi lisääntyä, tulee helpottamaan simulaattorien ja muiden opetusta/koulutusta tukevien järjestelmien kehittyminen. Haastavaa tulee olemaan keskeisten taitojen tunnistaminen, koska vanhalla kalustolla koulutettu henkilöstö pohjaa ajatusmaailmansa väistämättä kyseiseen kalustoon. Koulutuksen rakentamisessa on tarpeellista pilkkoa taidot pienempiin kokonaisuuksiin, jolloin ne on (ainakin kognitiivisen oppimiskäsitteen mukaan) opetella pienissä paloissa. Tämän pilkkomisen tekemiseksi täytyisi pystyä tunnistamaan, miten uudella kalustolla toimitaan (käyttöperiaate eri tilanteissa) ja mistä toiminnan osista kokonaisuus rakentuu. Voi olla, että tätä (isosta kuvasta yksityiskohtiin) lähestymistapaa tulisi käyttää arvioitaessa mitkä asiat nousevat toisia tärkeämmäksi ja mitkä niistä ovat lopulta kokonaisuuden kannalta tärkeitä. Tämä mielessä ehkä enemmän tulosten arviointiin.

- Mielenkiintoinen tutkimus. Hyvää loppupuristusta
- Uudet laitteet ja kyvykkyydet varmasti vähentävät ohjaajan työkuormaa rutiiniasioista automaation avulla. Näin kapasiteettia vapautuu ajatteluun ja päätöksentekoon. Verkottuneisuus tulee varmasti lisääntymään ja tietoa vaihdetaan suurempia määriä suuremmalla nopeudella.

Mielestäni tässä kaikessa piilee yksi suuri riski:

Entäpä jos mikään näistä verkottumisen laitteista ml. paikkatieto ei toimi? Siinä tapauksessa palataan taas vanhaan ja brieffaas, käsimerkit sekä VMS nostavat päätään ylitse muiden. Uskon, että tätäkin kehitystä tullaan näkemään tulevaisuudessa!

//rami

INFORMAATIOTASO: HAVAINNOT JA TIEDOT

Seuraavaksi sinulle esitetään lentäjän muodostamiin HAVAINTOIHIN JA TIETOIHIN liittyviä MONIVALINTAKYSYMYKSIÄ. Vastaa kysymyksiin oman näkemyksesi mukaisesti.

HAVAINTOJA JA TIETOJA KOSKEVAT MONIVALINNAT PÄÄTTYVÄT TÄHÄN. SEURAAVAKSI ON VUOROSSA TAITOIHIN JA TOIMINTAAN LIITTYVÄT MONIVALINNAT.

TOIMINTATASO: TAIDOT JA MOTORISET TOIMINNOT

Seuraavaksi sinulle esitetään lentäjän käyttämiin TAITOIHIN TAI MOTORISIIN TOIMINTOIHIN liittyviä MONIVALINTAKYSYMYKSIÄ. Vastaa kysymyksiin oman näkemyksesi mukaisesti.

OHJAAJAN TAITOJA JA MOTORISTA TOIMINTAA KOSKEVAT MONIVALINNAT PÄÄTTYVÄT TÄHÄN. SEURAAVAKSI ON VUOROSSA VAPAA KOMMENTOINTI

KOMMENTOI VAPAASTI AIHETTA. POHJANA VOIT KÄYTTÄÄ SAATTEENA TOIMITETTUA MATERIAALIA.

SUURKIITOKSET OSALLISTUMISESTASI!