



# Puolustusvoimien tutkimuslaitos **VUOSIKIRJA 2015**

Ruudikasta tutkimusta



PUOLUSTUSVOIMIEN TUTKIMUSLAITOKSEN  
VUOSIKIRJA 2015

Päätoimittaja: Olli Klemola  
Toimittajat: Merja Nousiainen, Sirpa Korpela, Esko Lammi



PUOLUSTUSVOIMIEN TUTKIMUSLAITOS  
YLÖJÄRVI 2015

Taitto: Adam Hahl  
Kannen kuvakooste: Adam Hahl  
Kannen kuvat:  
Puolustusvoimat/Jouna Heikkinen, Petteri Lalu, Sami Mäki,  
Pasi S. Salonen, Marita Lehtonen ja PVTUTKL:n arkisto

ISBN 978-951-25-2644-4 (nid.)  
ISBN 978-951-25-2645-1 (pdf)  
ISSN 2342-8368

Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Juvenes Print  
Tampere 2015

# Sisällys

Tutkimuslaitoksen ensimmäinen vuosi	s. 6
Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen sukupuu	s. 10
Tutkijan luonne – onko sitä?	s. 11
<b>Doktriiniosasto (DOS)</b>	
Konseptien kehittämistä jalat maassa – ja myös merellä ja ilmassa	s. 14
Yhteisen vaikuttamisen johtaminen vaatii yhdessä koeteltuja työkaluja	s. 15
Merisodankäynnin kehityksen aistii merellä	s. 16
Teoria vahvistuu todeksi taivaalla	s. 18
Logistiikan tutkimuskokonaisuus kehittämisen ja toiminnan näkökulmasta	s. 19
Uusi vanha informaatioisota	s. 20
<b>Räjähde- ja suojelutekniikkaosasto (RSOS)</b>	
Epäherkät räjähteet ovat tulevaisuutta	s. 26
Suojelun operatiivisen tuen muotoja	s. 30
Suorituskyvyn elinjakson aikainen tuki	s. 32
Kemiallinen ja biologinen (CB) kaukohavainnointi	s. 34
<b>Informaatiotekniikkaosasto (IOS)</b>	
Teknologiaennakointi	s. 38
OHRA – kansainvälisellä yhteistyöllä uutta suorituskykyä	s. 40
Tietoverkkosodankäynnin tutkimuksesta	s. 44
Tutkimuksen merkitys sodankäynnissä	s. 44
<b>Asetekniikkaosasto (ASETOS)</b>	
Tiedustelua pilvien läpi kuvaavalla tutkalla	s. 47
Suojan teknologiaohjelma jatkuu uusien eväin	s. 48
Kokemuksia Euroopan puolustusvirastosta	s. 50
Vauriotutkimuksista tukea suorituskykyyn – sotavarusteiden vaurioiden syyt selville	s. 52
Ohjusten herätteitä mittaamassa Ruotsissa	s. 54
Hyperspektritekniikka	s. 56
<b>Toimintakykyosasto (TOKYOS)</b>	
Psykologiset operaatiot ja niiden tutkiminen – käyttäytymistieteellinen näkökulma	s. 58
Henkilöarviointi osana johtamiskompetenssien kehittämistä puolustusvoimissa	s. 60
Mitä kuuluu puolustusvoimien henkilöstölle ja varusmiehille? Psykososiaalisen toimintakyvyn mittaaminen vakiokyselyillä	s. 62
Tutkimus maavoimien hajautetun taistelutavan toimintakykyvaatimuksista henkilöstölle	s. 64
Human Factors – Inhimilliset tekijät sotilaan toimintaympäristössä	s. 66
<b>Esikunta (E)</b>	
Puolustusvoimauudistus tutkimuslaitoksessa	s. 70
Tutkimusrekisterillä tehoa tutkimustiedon hyödyntämiseen	s. 72
Tietopalvelua neljällä vuosikymmenellä	s. 74
Perustutkijan palsta	s. 76



# Tutkimuslaitoksen ensimmäinen vuosi

## Uusi alku

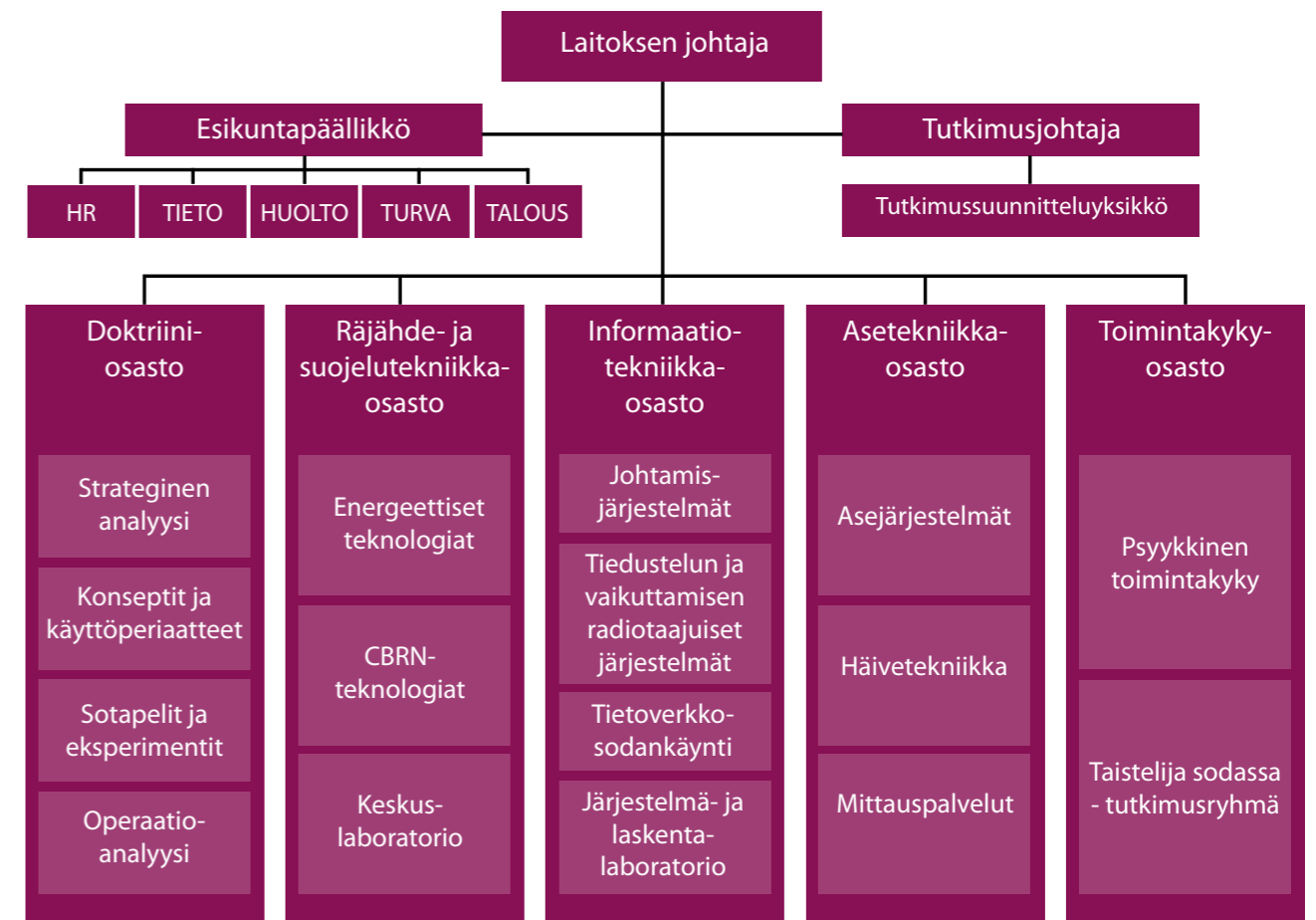
Tutkimuslaitoksen vuosikirja esittelee meidät sellaisina kuin olemme. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen arki on ensisijassa kädet savessa työtä, jossa toteutetaan sotavarustuksen, uusien toimintaperiaatteiden tai henkilöstön arviointia ja testaamista. Tätä perustyötä toki tukee pienemmällä panoksella tieteelliset vaatimukset kaikin puolin täyttävä tutkimustoiminta.

Puolustusvoimien tutkimuslaitos (PVTUTKL) perustettiin 1.1.2014 puolustusvoimauudistuksen ensimmäisessä aallossa. Yleistilannetta ensimmäisen vuoden jälkeen voisi kuvailla seuraavasti:

- tutkimuslaitos on saavuttanut täyden toimintakyvyn
- puolustusvoimien tilauksia on enemmän kuin ehditään tekemään
- tutkimuslaitoksella on korkeatasoinen henkilöstö, jossa yhdistyy sopivalla tavalla innokkuus ja vuosikymmenien kokemus
- tutkimuslaitteet ovat hyvässä kunnossa ja nykyaikaisia
- laitoksella on hyvät toimitilat sen kolmessa toimipaikassa (Ylöjärvi, Riihimäki ja Tuusula).



Suojelututkijan arkipukeutumista. (Kuva: Elisa Pääkkönen)



Tutkimuslaitos on osaamiseltaan monipuolinen.

Haluamme olla ensisijassa tutkimuslaitos, joka on maanpuolustuksen tiukan ytimen paras asiantuntija. Samalla ymmärrämme, että monimutkaisten tehtävien tekemiseksi Puolustusvoimien tutkimuslaitos tarvitsee vankan yhteistoimintaverkoston, johon kuuluu niin kotimaisia kuin ulkomaisia tutkimuslaitoksia ja teollisuusyrityksiä.

## Miksi tutkimuslaitos perustettiin?

Tutkimus- ja kehittämistyön merkitys on puolustusvoimissa aina yleisellä tasolla tunnustettu, mutta sen asema päätöksenteon tukena on jäänyt monelle epäselväksi. T&K-toiminnan merkitys tulee ilmi, kun miettii sitä, miten kävisi, jos T&K-toimintaa ei olisi. Seurannaisvaikutuksina olisi todennäköisesti:

- Sotavarustehankinnat eivät perustuisi kunnan testeihin vaan valmistajan väitteisiin järjestelmien suorituskyvystä
- Taktiikka olisi ulkomaista lainaa tai perustuisi mielipiteisiin

- Sotavarustuksen elinajan määrittäisi valmistajan ilmoitukset eikä välineiden todellinen testattu kunto
- Sodan ja rauhan ajan tehtäviin valittaisiin henkilöstöä ilman, että valinnat perustuisivat tutkimuksella todennettuihin vaatimuksiin.

Puolustusvoimauudistusta edeltänyt T&K-kenttä ei ollut syntynyt suuren suunnitelman kautta, vaan tietotarpeet olivat synnyttäneet pieniä ja keskikokoisia yksiköitä eri puolelle Suomea. 2000-luvun alussa tilanne oli seuraavanlainen:

- Useista hyvin toimivista tutkimusyksiköistä huolimatta T&K-kenttä kokonaisuutena ei toiminut optimaalisesti.
- Erityisesti puolustusvoimallisen tutkimusjohdon puute ja tutkijoiden jakautuminen kymmeniin pieniin T&K-yksiköihin vaikeutti toimintaa.
- Materiaalin, henkilöstön ja taktiikan kehittäminen oli eriytetty omiin ”putkiinsa”.



(Kuva: Vesa Metsälä)

Puolustusvoimauudistuksessa tutkimustoiminnan uudistamiselle asetettiin kovat vaatimukset:

- on luotava kyky tukea johdon päätöksentekoa puolustusjärjestelmän kehittämisessä
- on kyettävä edelleen tuottamaan keskeiset T&K-palvelut
- on saavutettava vähintään 15% henkilöstösäästöt.

Lyhyesti sanoen siis vähemmällä enemmän. Muutoksen pääkohdiksi perusteellisen valmistelun jälkeen muovautuivat:

- keskitetään tutkimustoiminnan johto-osat ml. tekninen tutkimustoiminta Pääesikuntaan suunnittelupäällikön alaisuuteen
- luodaan koko puolustusvoimia palveleva tutkimuslaitos, joka kykenee antamaan kokonaisvaltaisen vastauksen materiaalia, henkilöstöä ja toimintaperiaatteita koskeviin ongelmiin
- säilytetään puolustushaaroilla niiden erityispiirteiden vaatima tutkimus- ja kehittämistoiminta.

### Koko tutkimuskenttä uusiksi

Perusajatus oli lisätä T&K-toiminnan tehoa keskitettyllä ohjauksella. Kaikki T&K-toimijat saavat puolustusvoimien toimintasuunnitelmassa varsin yksityiskohtaiset tehtävät, jotka perustuvat puolustusvoimien joukkojen ja esikuntien tietotarpeisiin. Toiminta on täysin asiakaslähtöistä. ”T&K” ei puuhaa omiaan vaan tekee mitä tilataan. Omiakin ideoita ja innovaatioita tuki tulee olla, mutta näille ideoille on löydettävä asiakas puolustusvoimista.

Kun Puolustusvoimien tutkimuslaitos perustettiin 1.1.2014, lakkautettiin samalla Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos, Maanpuolustuskorkeakoulun käyttäytymistieteen laitos ja Verkostopuolustuksen kehittämiskeskus sekä Merivoimien tutkimuslaitos. Merivoimien tutkimuslaitoksen ohjus- ja häivetutkimus siirtyi Puolustusvoimien tutkimuslaitokseen, mutta mm. vedenalaista sodankäyntiä ja laiva-tekniikkaa koskevat osuudet hoitaa Merisotakoulu. (Kts. PVTUTKL sukupuu s. 8)

Muutos viimeisteltiin vuoden 2015 alussa, kun maavoimien aselajikoulujen tutkimus- ja kehittämisosat koottiin Maasotakoulun johtoon. Ilmavoimien T&K-toiminta taas keskitettiin Pirkkalaan Satakunnan lennoston.

Henkilöstövähennykset toteutetaan karsimalla erityisesti tutkimushallintotehtäviä, mutta myös vähemmän tärkeitä tutkimustehtäviä. Puolustusvoimauudistuksen jälkeen T&K-toimintaan käytetään noin 340 henkilövuotta, jolla toteutetaan noin 300 pientä tai suurta tutkimustehtävää. Rahaa toimintaan kuluu palkat mukaan lukien noin 35 miljoonaa vuodessa. Voimavarat ovat kansainvälisesti vertailtuna todella pienet. Liiallinen tutkimuksesta säästäminen ei ole tarkoituksenmukaista, sillä tutkimukseen panostaminen voi olla avain todella merkittäviin säästöihin.

### Puolustusvoimien tutkimuslaitos muutoksen ytimessä

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tavoitteena on tulla puolustuksen kehittämisen vankaksi tukipilariksi, joka tuottaa kokonaisvaltaisen tietopohjan johdon päätöksille. Noin 200 henkilön hyvin koulutettu joukko on jaettu viiteen omaleimaiseen osastoon. Yhdistämällä osastojen osaamisen, laitos kykenee vastaamaan vaativiinkin kokonaisvaltaisiin tutkimuskysymyksiin, jotka käsittelevät materiaalia, henkilöstöä ja toimintaperiaatteita.

Riihimäelle on sijoitettu kaksi osastoa. Täysin uuttaa kykyä edustaa doktriiniosasto, joka on rakennettu erityisesti luomaan johdolle tietopohja tärkeiden ja vaikeiden päätösten ratkaisemiseksi. Se toimii strategisen ja operatiivisen tason taistelukeskuksena tiiviissä yhteistoiminnassa puolustushaarojen kanssa.

Informaatioyhteiskunnan asevoimia tukee informaatiotekniikan osasto. Sen tehtävänä on luoda tieteellinen osaamis pohja tiedustelun, vaikuttamisen ja johtamisjärjestelmien käytölle. Osastoon kuuluu myös uusi tietosodankäynnin tutkimusala.

Taistelun ytimessä on asevaikutus, joka on Ylöjärven kahden osaston erikoisalaa. Asetekniikan osasto tutkii ja testaa panssarointia, aseiden vaikutusta ja häiveominaisuuksia. Räjähde- ja suojelutekniikan osaston tekemisen keskiössä on erilaiset räjähteet, joiden kunto usein määrittää asejärjestelmän käyttöä. Kansainvälisestikin korkealaatuinen suoje-lualan tutkimus- ja koetoiminta luo perustan toiminnalle taisteluaseiden vaikutuspiirissä, mutta samalla tukee koko yhteiskunnan varautumista säteilyn ja kemiallisten aineiden aiheuttamiin uhkatilanteisiin.

Ihmisen toimintakyky on koneiden kehittyessä usein asejärjestelmän suorituskykyä eniten rajoittava tekijä. Toimintakykyosasto toteuttaa henkilöstön toimintakyvyn testausta

ja siihen liittyvää tutkimustoimintaa Tuusulassa. Uusina toiminta-alueina ovat mm. laaja-alaiset taistelijan erityisesti fyysistä ja psyykkistä toimintakykyä koskevat kenttätutkimukset. Niissä katsotaan, miten suomalaiset kestäisivät kriisin ja sodan rasituksia.

### Maanpuolustuskorkeakoulu ja tutkimuslaitos ovat taistelijapari

Maanpuolustuskorkeakoulun haasteena on perinteisesti ollut riittävien resurssien suuntaaminen tutkimustoimintaan, kun sen päähuomion on vienyt sankkojen opiskelijajoukkojen opetus. Tilaustutkimusten pääosa onkin nyt keskitetty selkeästi Puolustusvoimien tutkimuslaitokselle. Maanpuolustuskorkeakoulun tärkeänä tehtävänä on edelleen luoda koko sotatieteelliselle tutkimukselle perusta laadukkaalla perustutkimuksella.

Maanpuolustuskorkeakoulu ja Puolustusvoimien tutkimuslaitos muodostavat hyvän taistelijaparin. Tutkimuslaitos tukee Maanpuolustuskorkeakoulua opetuksessa ja opinnäytteiden ohjaamisessa. Maanpuolustuskorkeakoulu taas luo perustutkimuksellaan vankan pohjan tutkimuslaitoksen soveltavalle tutkimukselle ja kasvattaa uusia sotatieteilijöitä. Molemmat tukevat toisiaan tilaustutkimusten toteuttamisessa.

### Ruudinsavuista tutkimusta yhdessä kumppanien kanssa

Tutkimustoiminnalle on luotu yleisen niukkuuden hengesä supistettu, mutta ensimmäisen kerran puolustusvoimien historiassa kokonaisvaltaisesti suunniteltu rakenne. Ensimmäisen vuoden kokemusten perusteella Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa on ainekset todelliseksi menestystarinaksi, jonka toiminnan avulla puolustusvoimat saa erinomaisia tutkimuspalveluja. Yksin me emme tätä voi tehdä, sillä me tarvitsemme laajan yhteistoimintaverkoston. Yhteistoimintaverkostomme ydin koostuu kotimaisista yliopistoista, tutkimuslaitoksista ja puolustusteollisuudesta. Kokoamalla voimamme voimme saavuttaa kaikkia palvelevia tuloksia.

#### Kirjoittaja

Eversti, sotatieteiden tohtori Kaarle Lagerstam toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen johtajana.

Hän on palvellut aikaisemmin mm. puolustusvoimien tutkimuspäällikkönä ja Strategian laitoksen johtajana. Lagerstam on suorittanut lisäksi filosofian maisterin tutkinnon Helsingin yliopistossa sekä käynyt sotakorkeakoulua vastaavat opinnot Suomessa, Sveitsissä ja Yhdysvalloissa.



# Tutkijan luonne – onko sitä?

Puolustusvoimissa on mielenkiintoinen tapa täyttää organisaatiossa vapaana olevia tehtäviä. Siinä missä siviilielämässä henkilöt nimitetään tehtäviin, niin meillä määrätään. Eipä siinä mitään, perinteet kunniaan! Kun allekirjoittanut määrättiin syksyllä 2013 Riihimäelle tutkimuslaitoksen tutkimusjohtajan tehtävään, oli tehtävä helppo vastaanottaa. Olinhan palvelut virkaurallani kaksi kertaa aiemminkin paikkakunnalla. Myös varusmiespalvelukseni alkutaipaleen suoritin Viestirykmentissä, josta tie vei RUK:n kautta silloiselle Viestikeskuskorjaamolle erikoiskokelaaksi.

Noista varusmiesajoista on erityisesti jäänyt mieleen Oravan tehtaassa vieressä sijaitseva entinen aliupseerikoulu, joka tunnettiin tuttavallisemmin nimellä Huvikumpu. Tuolloin koulun välittömässä läheisyydessä sijaitsivat myös ruokala ja sotilaskoti ("Pikku-Sotku"). Monet olivat ne kerrat, jolloin ryhmänjohtajamme marssitti meidät oppilaat koulun ulko-ovelta alas ruokalaan Sillanpään marssilaulun siivittämänä. Koska matka oli lyhyt, ehdimme yleensä laulaa vain ensimmäisen säkeistön, jonka muistan vieläkin ulkoa – muut säkeistöt lienevät jääneen jo ammoin tyhjentyneeseen RAM-muistiini, koska en niitä niin hyvin enää muista. Joskus niitäkin kyllä harjoiteltiin tuota välimatkaa keinotekoisesti pidentämällä, esim. marssimalla muutaman kerran pihalla olleen koivun ympäri.

Aliupseerikoulun oppitunneilta on jäänyt mieleen johtamiskoulutus. Tuolloinen opettajamme (upseerismies, jonka nimi oli talletettu em. RAM-muistiini) pyrki kategorisoimaan hyvän johtajan muutamalla ranskalaisella viivalla. Tuhruiseen piirtoheitinkalvoon oli kiteytetty mm. seuraavat hyvän johtajan ominaisuudet:

- esimerkillinen
- tasapuolinen
- rehellinen
- oikeudenmukainen
- jne...

Näitä ominaisuuksia tankattiin tuvassa kokeita varten ulkoa – kuka milläkin menestyksellä. Vaikka nykyaikaisen johtajakoulutuksen valossa nuo aliupseerikoulun kategorisointityritykset voivat vaikuttaa jokseenkin naiiveilta, ovat ne

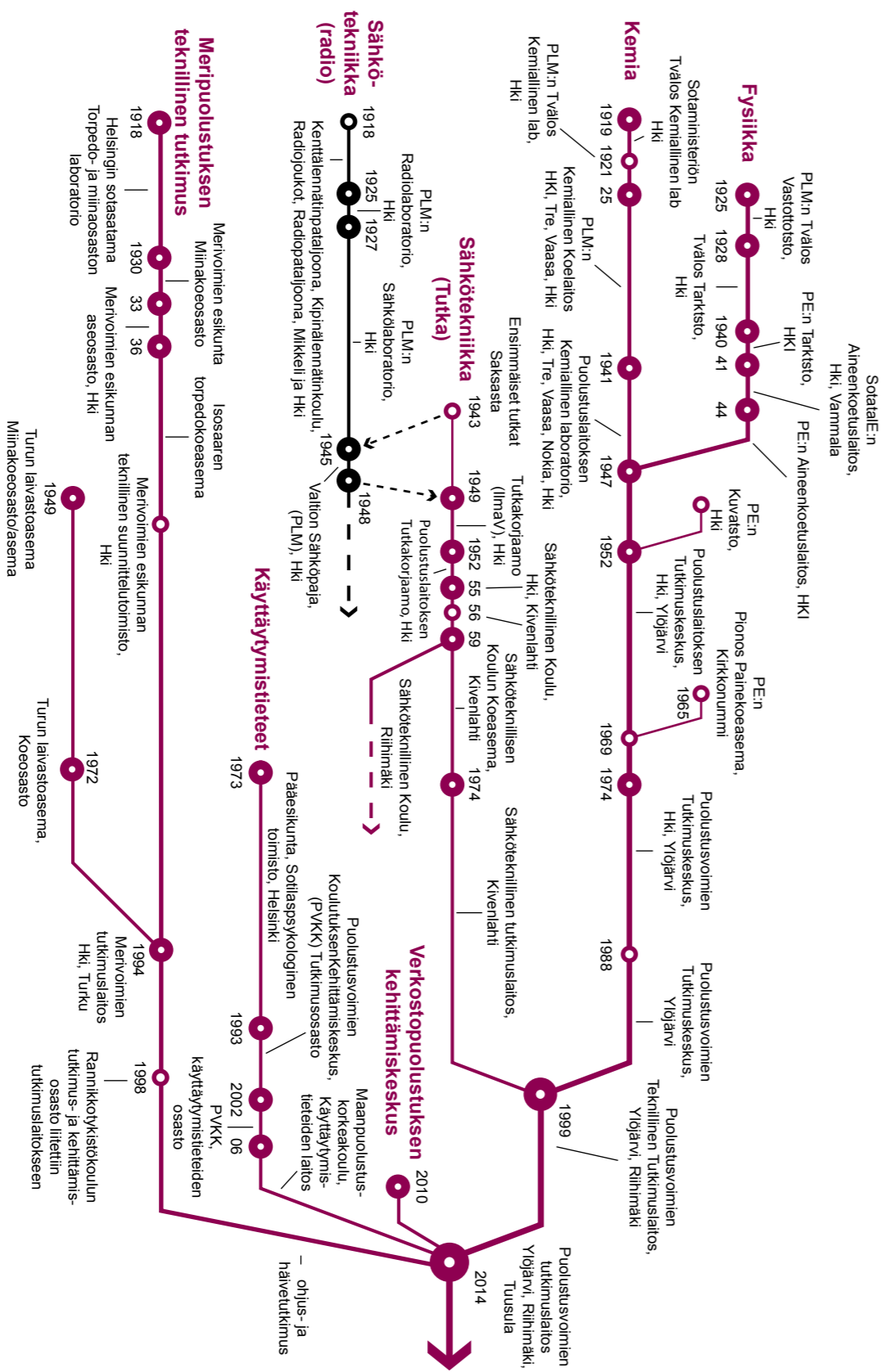
kuitenkin sopivan yksinkertaisia muistettaviksi. Kokonaan eri asia onkin se, miten erilaisissa johtamistilanteissa voidaan olla esimerkillinen, tasapuolinen jne.

Olen joskus miettinyt, voisiko hyvä tutkija olla kiteytettävissä samaan tapaan muutamalla ranskalaisella viivalla. Onko erotettavissa joitakin ominaisuuksia, jotka voisivat olla hyville tutkijoille yhteisiä?

Mitäpä meille kullekin tulee mieleen sanasta tutkija? Tämä luonnollisesti riippuu vahvasti lukijan taustasta – etenkin jos tämä on itse tutkija. Sen sijaan uskoakseni ns. tavallisen kansan mielikuva tutkijasta voi olla melko stereotyyppinen: ”Sehän on se sellainen valkotakkinen, vähän sisäänpäin kääntynyt nuhruinen tyyppi, joka mumisee itsekseen ja räjäyttää koeputkissa lorisevia litkuja...” Ehkä näin, mutta mielletäänkö nämä stereotyyppit negatiivisiksi tai positiivisiksi, niin yhteisenä tekijänä tutkijoiden kategorisoinnissa on varmaankin älykkyyks.

Ensimmäinen omakohtainen kosketuspintani oikeaan tutkijaan tapahtui vuonna 1984 Teknillisessä korkeakoulussa. Meille ensimmäisen vuosikurssin teekkareille oli järjestetty luento, jossa tutkija kertoi työstään. Tutkijan työ vaikutti tuolloin erittäin mielenkiintoiselta, sillä siinä tuntui kulminoituvan kaikki ne asiat, jotka olivat ainakin minut ajaneet kyseisen opinahjon penkille. Toisaalta jotkut nuo edellä mainitsemani stereotyyppit – joita en muuten itse miellä välttämättä mitenkään negatiivisiksi – tuntuivat myös kulminoituvan tuossa fuksijoukon eteen komennetussa tutkijassa jotenkin huvittavalla tavalla.

Usein on kansankielessä tapana viitata ”tutkijan kammioihin”, mistä edelleen välittyy mielikuva introvertista, eristäytyneestä ja ihmiskontaktia kaihtavasta arasta henkilöstä. Onko introverttius siis hyvän tutkijan edellytys? Myers-Briggsin tyyppi-indikaattorin mukaan ihmiset voidaan jakaa persoonallisuuden perusteella 16:een persoonallisuustyyppiin. Myers-Briggsin tyyppi-indikaattori perustuu Carl Jungin psykologisiin teorioihin ja hänen kehittämiinsä kahdeksaan kognitiiviseen funktioon. Persoonallisuustyyppi kuvataan nelikirjaimisella lyhenteellä, kuten INFP, ENFJ, ISTP, ENTJ jne. Ensimmäinen kirjain kuvaa sitä, onko henkilöllä enem-



## Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen sukupuu

INFP	INFJ	INTJ	INTP
ISFP	ISFJ	ISTJ	ISTP
ENFP	ENFJ	ENTJ	ENTP
ESFP	ESFJ	ESTJ	ESTP

Myers-Briggsin tyyppi-indikaattorin mukaiset persoonallisuustyytit.

män intro- tai ekstroverttiuteen viittaavia luonteenpiirteitä. Toinen kirjain puolestaan kuvaa henkilön taipumusta intuitiiviseen ajatteluun ja toimintaan tai vastaavasti ympäristön aistimiseen. Kolmas kirjain kuvaa logiikan ja tunteiden välistä suhdetta. Neljännellä kirjaimella kuvataan henkilön hahmotuskykyä tai vastaavasti järjestelmällisyyttä ja analyttisyyttä. On huomattava, että persoonallisuusluonnehdinnat ovat tässä esitettyä pelkistystä huomattavasti laajemmat ja monimutkaisemmat, eikä raja erilaisten osatekijöiden välillä ole aina mustavalkoinen. Oheisessa kuvassa on esitetty kaikki 16 persoonallisuustyyppiä.

Persoonallisuusluonnehdintojen mukaan huomattava osa tutkijatyypeistä osuu INTP-kategoriaan. Tässä persoonallisuustyyppissä introverttiuteen liittyvät myös riippumattomuus, itsetunto ja ajattelukyky. Intuitiivisuuteen puolestaan liittyvät innovatiivisuus, tavanomaisuudesta poikkeavuus, teoreettisuus ja monimutkaisuus. Tutkija on myös analyttinen, objektiivinen, rationaalinen ja tunteeton. Lisäksi hän sietää erilaisuutta, on avomielinen ja jossain määrin epämuodollinen. Englanninkielisessä luonnehdinnassa INTP on ”cool” – tutkijat ovat siis nykynuorison puheenparrelle käännettynä tosi viileitä tyyppejä! INTP-tyypit eivät sopeudu tiukkoihin organisatorisiin kahleisiin ja byrokraatiaan, vaan he paremminkin haluavat löytää omat polkunsä innovatiivisuuden lähteille.

Täytyy kyllä todeta, että oman työhistoriani aikana olen törmännyt yllä olevaan kuvaukseen loksahavia ihmistyyppijä. Eräässä aikaisemmassa työpaikassani organisaation huippu-tuotteiden tekijät olivat oman tiensä kulkijoita: eräskin tohtorismies läpsytteli firman käytävillä kesät talvet paljasjaloin. Hänelle suotiin omat erivapautensa, koska yrityksen tuote-

kehitys oli riippuvainen hänen innovatiivisuudestaan. Herrat P. ja L. olivat taas usein pidennetyillä lounailla, jotka saattoivat joskus venähtää parinkin päivän mittaisiksi. Herrat kyllä tekivät nuo ”menetetyt” tuntinsa moninkertaisesti takaisin iltaisin ja viikonloppuisin. Täytyy myöntää, että työnteko tässä porukassa oli oikeasti kivaa – johdon suomina erivapauksia kyllä hyödynnettiin, mutta työn imu tuotti vastaavasti hyviä tuloksia. Tuotekehitysosastomme johto ei teettänyt meillä MBTI-testejä, mutta oli kyllä varsin tietoinen tiukkojen organisatoristen sääntöjen vaikutuksesta innovatiivisuuteen.

Ihmisten kategorisointi edellä esitettyihin tyyppihin on parhaimmillaan oivallinen johtajien työväline, joka auttaa kohtaamaan ihmiset yksilöinä erilaisissa vuorovaikutustilanteissa. Toisaalta on muistettava, että maailma ei ole mustavalkoinen, ja ihmisten tyypittäminen vain 16:een lokeroon ei välttämättä kerro kaikkea kustakin yksilöstä. Meitähän on tällä aurinkoa kiertävällä pyörähdysellipsoidilla jo lähes 7,3 miljardia. Olemme jokainen omia persoonallisuusiamme, joilla kullakin on hyvät ja huonot päivänsä.

Artikkelin punaisena lankana on ollut tutkijan ominaisuuksien kartoittaminen – ehkä seuraavaksi kannattaisikin pohtia, minkälaisia ominaisuuksia edellytetään hyvältä tutkijoiden johtajalta (viitataan tällä johtajistoon yleensä). Perinteinen ”Management by P...e” ei välttämättä ole uudelle johtajalle eduksi tämän yrittäessä rakentaa luottamuksellista suhdetta uusiin alaisiinsa. Oman itsensä ja toisten tuntemus voisi olla hyvä lähtökohta.

#### Kirjoittaja

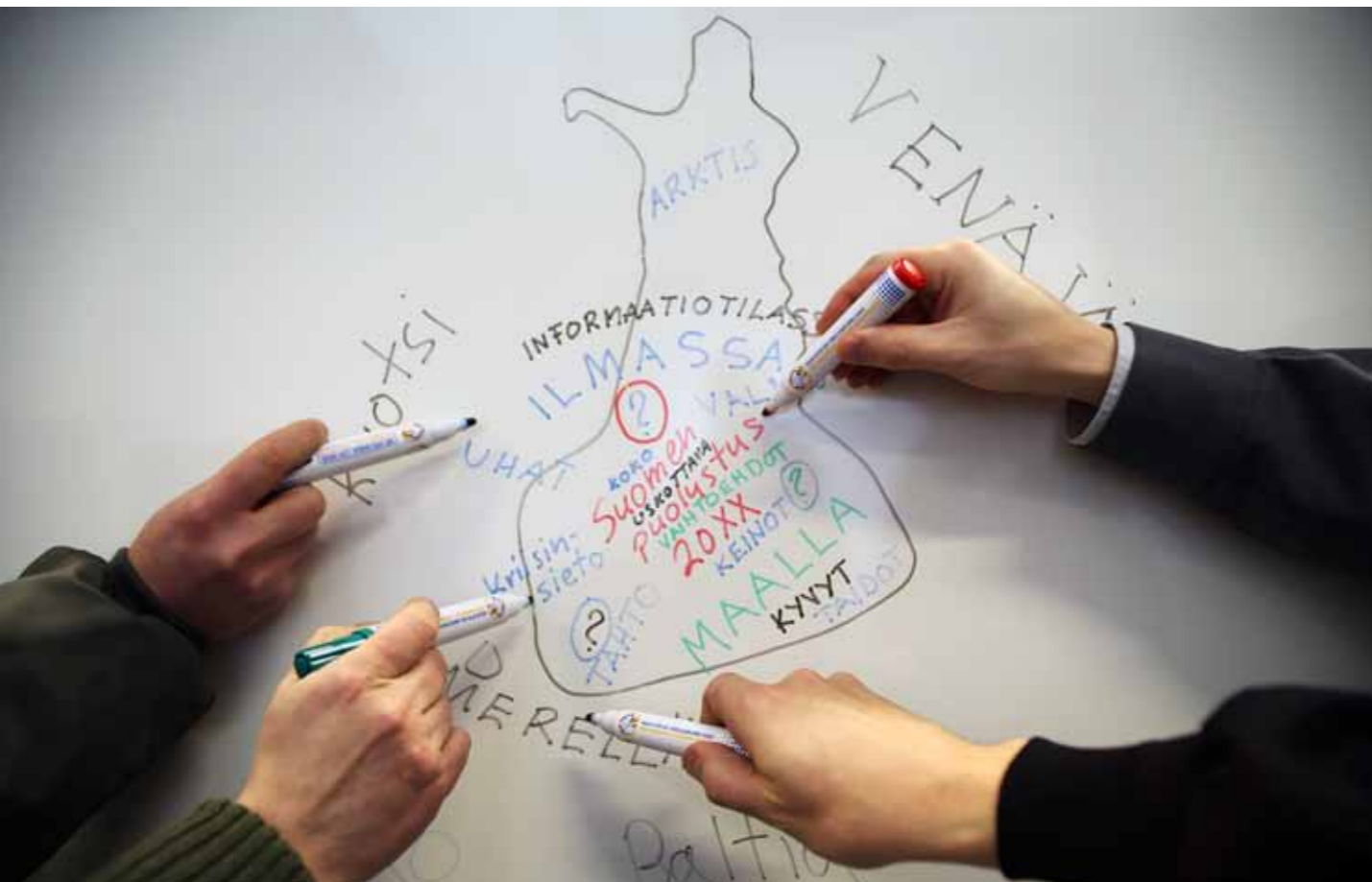
Insinöörieversti Olli Klemola on Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tutkimusjohtaja.

## Doktriiniosasto (DOS)

# Konseptien kehittämistä jalat maassa – ja myös merellä ja ilmassa

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosasto (PVTUTKLDOS) tukee puolustusjärjestelmän kehittämistä. Pääasiakas on Pääesikunta. Päätuotteita ovat strateginen tietopohja, analyysit doktriinin kehittämisen haasteista ja mahdollisuuksista sekä konseptit eli luonnokset mahdollisiksi ratkaisuksi. Päämenetelmiä ovat ennakointi, konseptien kehittäminen ja eksperimentointi (CD&E), sotapelaaminen ja operaatioanalyysi. Doktriiniosasto on jaettu neljään tutkimusalaan: 1) strateginen analyysi, 2) konseptit ja käyttöperiaatteet, 3) sotapelit ja eksperimentit sekä 4) operaatioanalyysi.

Seuraavassa esitellään esimerkkejä doktriiniosaston konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusalan tutkivasta työstä ja yhteyden säilyttämistä kentän todellisuuteen. Kukin ”Konsun” upseeri tutkii ja kehittää puolustusvoimallisia taistelujärjestelmän kehittämis- ja käyttövaihtoehtoja ja johtaa niihin liittyviä projekteja. Tämä luonnollisesti edellyttää tutkivaa työtä sekä yhdessä tekemisen taitoa asiakkaiden ja muiden tutkimusalan toimijoiden kanssa, niin kotimaassa kuin kansainvälisesti.



Doktriiniosaston yhtenä tehtävänä on kehittää vaihtoehtoisia konsepteja ja toimintaperiaatteita Suomen puolustamiseksi. Tietokonegraafiikan ja numeerisen laskennan kehittämistä huolimatta perinteiset keinot ovat usein toimivien tapojen yhteisen reunaehtojen tunnistamiseen ja ideoiden kehittämiseen. (Kuva: Petteri Lalu)

# Yhteisen vaikuttamisen johtaminen vaatii yhdessä koeteltuja työkaluja

Doktriiniosaston konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusala sai tehtäväkseen tutkia ja arvioida puolustusvoimien yhteisen vaikuttamisen johtamisessa käytettävien ohjelmallisten työkalujen soveltuvuutta kansalliseen toimintaan. Tietojärjestelmien evaluoinnin tavoitteena oli sekä prosessin kansallisen soveltamisen määrittelyn tukeminen että päätöksenteon tukeminen vaikuttamisen tietojärjestelmiä valittaessa tai niitä kehitettäessä. Kansainvälisesti tarjolla olevista vaihtoehdoista arvioitavaksi valittiin kaksi Suomen tarpeisiin hyvin soveltuvaa tietojärjestelmää.

## Kun tupakkiasikin kansi ei riitä

Yhteisen vaikuttamisen johtamisen työkalujen tarve havaittiin jo vuonna 2004 puolustusvoimien iskukykytutkimuksen tuloksena. Puolustusvoimien kaukovaikuttamisen kehitettäviksi suorituskyvyiksi määriteltiin tutkimuksen perusteella maavoimien raskas raketinheitinjärjestelmä ja ilmavoimien ilmasta maahan -järjestelmä. Pääesikunnan Operatiivisen osaston (PEOPOS) ohjauksessa ja QinetiQ:n (Yhdistynyt kuningaskunta) tuella hahmoteltiin vaikuttamisen kansallista toimintatapaa jo vuosina 2009–2011. Yhteistyöstä syntyi Joint Fires Conops, yhteisen vaikuttamisen toiminta-ajatus vuosina 2010–2011. QinetiQ suositteli tässä yhteydessä jatkoarvioitavia puolustusvoimien vaikuttamisen johtamisen työkaluja.

Arviointitutkimus annettiin aluksi Riihimäellä toimineelle Verkostopuolustuksen kehittämiskeskukseksi (VPKK), joka myöhemmin 2014 alussa sulautettiin nykyiseen Puolustusvoimien tutkimuslaitokseen muodostaen osan doktriiniosaston rungosta. VPKK arvioi työkalujen käytettävyyttä kesäkuun 2012 ja marraskuun 2013 välillä yhteensä seitsemässä eksperimentissä. Työkalujen arviointia päätettiin vuoden 2013 loppuraportin perusteella jatkaa, jotta molemmista järjestelmistä saataisiin yhtä kattavat arvioinnit.

Doktriiniosaston konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusala sai tehtäväkseen jatko tutkimuksen toimeenpanon. Jatkoarviointiin liittyvä eksperimentti järjestettiin maavoimien vaikuttamisharjoituksen yhteydessä 21.–28.5.2014. Maavoimien vaikuttamisharjoituksen yhteydessä toteutettu eksperimentti mahdollisti puolustusvoimien vaikuttamiseen osallistuvien johtoportaiden mukanaolon Pääesikunnasta puolustushaaraesikuntien alajohtoportaisiin asti. Näin laaja vaikuttamiskeskusten osallistuminen tuotti paljon luotettavia havaintoja. Eksperimentissä oli mahdollista kokeilla koko puolustusvoimien vaikuttamisen järjestelmää, jossa Pääesikunnan tasalta alkaen operatiivista työtään tekevä henkilöstö työskenteli vaikuttamisen prosessin mukaisesti. Doktriiniosaston henkilöstö oli hajaantuneena valtakunnallisesti aina Helsingistä Rovajärvelle saakka toimien eksperimentin ohjaajina, järjestelmien asiantuntijoina ja riippumattomina havaintajoina. Eksperimenttiä ohjattiin laajahkolla tutkimuskysymysten sarjalla, joihin jokaisella työpisteellä kerättiin vastauksia sekä osallistuvan havainnoinnin menetelmällä että asiantuntijahenkilöstön kokemuksia kirjaamalla. Samanaikaisesti tuettiin myös kansallisten prosessien määrittelyä, kuten tutkimuksen tavoitteena oli. Lopullinen tutkimusraportti julkaistiin elokuussa 2014.

## Yhteisen vaikuttamisen johtamisen tietojärjestelmälle on selkeä tarve

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että erilliselle yhteisen vaikuttamisen johtamisen tietojärjestelmälle on selkeä tarve, eikä yhtä tehokkaaseen lopputulokseen päästä perinteisillä kaksikulotteisilla keinoilla, kuten perinteisten toimisto-ohjelmien käytöllä. Molemmat järjestelmät todettiin tutkimuksen perusteella kansallisessa käytössä hyvin toimiviksi ja käytettävyydeltään kansallisia yhteisen vaikuttamisen prosesseja tukeviksi. Sotaväen tapaan myös järjestelmien paremmuusjärjestys kyettiin määrittämään.

### Kirjoittajat

Everstiluutnantti Pasi Hirvonen toimii tutkimusryhmän johtajana PVTUTKLDOS:n konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusosalalla.

Majuri Tuomas Arajuuri toimii vanhempana tutkijana PVTUTKLDOS:n konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusosalalla.



# Merisodankäynnin kehityksen aistii merellä

Palvelen Doktriiniosastolla konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusalalla merisodankäynnin erikoistutkijana. Noudatan työssäni kansainvälistä merivoimallista totuutta: ”Älykkäästä ihmisestä ei tule koskaan hyvää merisotilasta. Merivoimille riittävät puoliälykkäät ihmiset – merivoimat antaa sen toisen puolen”. Mielestäni edellä mainitussa ajatuksessa on paljon viisautta. Ajatus korostaa työssä oppimista, jatkuvaa itsensä kehittämistä, aikaisempien kokemusten hyödyntämistä ja sitoutumista työntekijän arvoihin sekä tavoitteisiin. Samalla se kannustaa tutkijaa jalkautumaan kentälle, olipa kyseessä tutkimuksen laatiminen tai tutkimustulosten jalkauttaminen. Tutkijan tulee olla aktiivinen toimija kentällä lähellä asiakkaitaan.

Työtehtäväni ovat selkeästi määritetyt. Tärkein työtehtäväni on osallistua puolustusvoimien pitkäjänteiseen kehittämiseen. Käytännössä tuen Pääesikunnan suunnitteluosastoa meneillään olevassa ”tavoitetilatyö 2030” (TTT2030) -projektissa. Toiseksi tärkein tehtäväni on toimia merivoimien erikoisasantuntijana tutkimusprojekteissa. Tässä tehtävässä olen mukana merivoimien toiminnassa ja pidän yhteyttä erityisesti Merivoimien esikuntaan. Tähän saakka jaksanut lukija lie nee enemmän kiinnostunut reippaasta sotilaselämästä ”laivan kannelta” kuin puolustusvoimien tavoitetilasta vuonna 2030. Kirjoitankin seuraavaksi kenttähavainnoistani viimeaikaisissa harjoituksissa.

## Itämerellä esikuntatehtävissä

Osallistuin kesällä 2014 Baltic Operations (Baltops’14) ja Northern Coast 2014 (Noco) -harjoituksiin Itämerellä. Baltops-merisotaharjoitus on järjestetty vuosittain alkaen vuodesta 1971. Harjoitus on Yhdysvaltojen merivoimien johtama. Venäjä on osallistunut harjoitukseen useana vuotena, edellisen kerran vuonna 2012. Suomi (merivoimat) on osallistunut harjoitukseen ensimmäisen kerran vuonna 1993. Osallistuminen oli sikäli erikoista, että liityimme Naton rauhankumppanuusohjelmaan vasta seuraavana vuonna.

Northern Coast -harjoitus on Saksan merivoimien järjestämä vuosittainen harjoitus, jonka johtovastuu vaihtuu vuosittain.

Harjoitus on suunnattu Naton jäsenmaille, Naton rauhankumppanuusmaille ja Euroopan Unionin jäsenvaltioille. Harjoitus on toimeenpantu vuodesta 2007 alkaen.

Molemmat harjoitukset ovat rakenteeltaan ja suunnittelultaan samanlaisia. Suunnittelu ja valmistelu kestävät noin vuoden, sisältäen neljä suunnittelukokousta. Varsinaiset harjoitukset kestävät noin 2–3 viikkoa, ja ne jakautuvat kolmeen vaiheeseen. Satamavaiheessa harjoitusjoukot tapaavat toisensa ensimmäistä kertaa ja muutaman vuorokauden aikana tehdään harjoituksen viimeiset valmistelut. Osaharjoitusvaiheessa, joka kestää 6–8 vuorokautta, joukot harjoittelevat ennalta laaditun viikko-ohjelman mukaisesti ympärivuorokauden. Taktisessa vaiheessa, joka kestää 4–5 vuorokautta, harjoitusjoukot jaetaan tavallisesti kahteen osaan. Joukot toimivat harjoitustilanteen ja -tehtävän mukaisesti toisiaan vastaan.

## Havaintoja Baltops- ja Noco-harjoituksista

On ollut mielenkiintoista havaita, miten sodankuvan ja asevoimien käytön muutos ovat näkyneet harjoituksissa. Viimeiset kymmenen vuotta harjoitusten taktiset vaiheet ovat korostaneet toimintaa terrorismia, merirosvoutta ja muuta asymmetristä uhkaa vastaan. Parin viime vuoden aikana tähän on tullut muutos. Harjoituksissa on palattu ”perinteiseen sodankuvaan”, jossa asevoimat toimivat kaikissa kolmessa eri ulottuvuudessa maalla, merellä (myös meren pinnan alla) ja ilmassa. Samalla harjoitukset ovat kehittyneet vaativammiksi. Viimeaikaiset kansainväliset tapahtumat ovat heijastuneet molempiin harjoituksiin. Koska meret ovat kaikille avoimia alueita, harjoituksiin kuulumattoman Venäjän asevoimien läsnäolo sekä Baltops- että Noco-harjoitusten läheisyydessä on ollut mahdollista. Baltops-harjoituksen aikana harjoitusalueella toimi muun muassa Venäjän laivaston aluksia ja ilmavoimien lentokoneita. Venäjän asevoimien läsnäolo ilmeni myös Suomen rannikolla Northern Coast 2014 -harjoituksen aikana.



Baltops-harjoituksen Taisteluosaston 162 (Task Force 162) alukset seuraamassa merimiinanräjäytystä Bornholmin edustalla. Merimiinon räjäyttämisen tukee miinahan ymmärtämistä ja toimenpiteitä miinoilta suojautumiselta. Etualalla Taisteluosaston johtoalus USS Mount Whitney (Kuva: U.S.Navy ESG-2, Courtesy of U.S. Navy).

## Hyödyt

Yleisesikuntaupseerikoulutuksen saaneelle tutkijalle harjoituksiin osallistuminen on erittäin hyödyllistä. Molemmissa harjoituksissa tehtäväni on ollut suunnitella harjoitusten taktisen vaiheen toimeenpano (laatia toiminta-ajatus ja tarvittavat erilliskäskyt) niin sanotulle siniselle osapuolelle. On ollut mielenkiintoista ja opettavaista päästä suunnittelemaan noin 20 sotalaivan, usean sukellusveneen ja lentokoneen toiminta

vaativassa sotaharjoituksessa. Samalla harjoituksiin osallistuminen pitää tutkijan jalat tiukasti maassa – tai pikemminkin laivan kannella. Suorituskyvyn ja sen rajoitteiden ymmärtäminen ”ruohonjuuritasolta” sekä operaatiotaidon kehitysuuntien kokeminen ”livenä” tukee erinomaisesti tehtävääni tutkijana.

## Kirjoittaja

Komentajakapteeni Mika Raunu toimii erikoistutkijana PVTUTKLDOS:n konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusalalla.

# Teoria vahvistuu todeksi taivaalla

Palvelen PVTUTKLDOS:lla ilmasodan erikoistutkijana. Pohdin Riihimäellä ilmavoiman merkitystä ja ilmasodan kuvaa tulevaisuuden taistelukentällä. Taistelutilojen rajat tuntuvat vähitellen häviävän, eikä yksittäistä taistelutilaa välttämättä voi tulevaisuudessa hallita. Vaikutuksia kyetään kohdentamaan kaikista taistelutiloista ja verkottuneet järjestelmät prosessoivat tietoa aikaisempaa nopeammin.

## Tehtävä – tehtävä suoritettu!

Kertaan Jawtex 14 -harjoituksen (F/A-18 Hornet MLU2 operatiivinen testaus ja evaluointi, Jawtex 2014, Saksa) kokemuksia ja havaitsen monien kehitystrendien esiintyneen taktisella tasolla osana harjoituksen lentotehtäviä. Sensoreiden tuottamaa tietoa fuusioidaan ja prosessoidaan aikaisempaa nopeammin, kaikkien komponenttien suorituskykyjä käytetään yhteisesti ja vaikutuksia tuotetaan keskitetysti.

Palautan mieleeni harjoituksen yhden tilanteen. Kiidän Hornetilla Pohjoisen Itämeren yllä. Hävittäjän siivet tiivistävät ilmassa olevan kosteuden harmaaksi pilveksi koneen ympärille. Hikipisaran kirveltäessä silmäni, rauhoitan käsialaani ja käännän päätäni vielä lisää kaarron sisäpuolelle, saadakseni kypärätähtämellä ohjaamani, siivenkärkiripustimessa olevan infrapunaohjauksen lukittumaan maaliinsa. Ohjusäänen ilmaistessa hakupään lukittuneen kohteeseen, painan liipaisinta ja kerron harjoitusjaksolle: ”Hornet 2, Fox 2 - Kill, Diana 235, 55, 14 thousand.”

Naton johtokone välittää reaaliaikaista tunnistettua ilmatilannekuvaa monikansallisesti yhteensopivalla tietovuojärjestelmällä. Tarkastan käytettävissä olevan aika-akselin ja muiden osastojen tilanteen. Taivaalla on yhteensä noin 60 sinisen osapuolen konetta. Parinjohtajani on vierelläni ja valmistaudumme siirtymään ilmasta maahan -toimintaan. Kohteenamme on ilmatorjuntajärjestelmä, jonka tuhoamiseen käytämme GPS-ohjattuja pommeja. Elektronisen vaikuttamisen koneet häiritsevät vastustajan ilmatorjuntajärjestelmää, ja teemme viimeisiä tarkastuksia ennen hyökkäystä. Häirintä on käytettävissämme vain viisi minuuttia, joten aikaa ei ole hukattavaksi.

Koneen maalittamissäiliö tuottaa kuvaa kohteesta ja oma-suojahäirintälähetin on valmiina häiritsemään maalinsoitus-tutkaa. Säädän koneen lentoarvot vastaamaan suunniteltuja laukaisuparametreja ja painan laukaisunappia. Koneen järjestelmien simuloima pommi aloittaa matkan kohteeseensa. Käännän koneen tiukkaan kaartoon ja väistän koneen näytöllä näkyvää uhkakehää. Vastustajan ilmatorjuntaohjauksen laukaisua ei kuitenkaan näy ja koneen tutkavaroinin pysyy hiljaa. Irtaudumme kohdealueelta ja seuraamme maalittamisäiliön kuvasta kohdetta. Pommien osuttua kohteeseen kerromme taisteluvaurioarviomme harjoitusjaksolle. Tehtävä suoritettu!

## Ilmauhkan hallintaa tulevaisuuden toimintaympäristössä

Harjoituksissa tekemäni havainnot vahvistavat kirjallisista lähteistä muodostamaani kuvaa ilmasodankäynnin kehitysuunnista. Keskeisenä tulevaisuuden ilmasodan haasteena näen kyvyn vaikuttaa kohteisiin aikaisempaa kauempaa, tarkemmin ja nopeammin. Toisaalta kohteet voivat olla aikaisempaa liikkuvampia, paremmin suojattuja, pienempiä ja vaikeammin havaittavia. TVM-järjestelmien suorituskyvyllä asetettavat vaatimukset kasvavat alueellisen ja ajallisen kattavuuden sekä tarkkuuden suhteen. Torjuntajärjestelmien on kyettävä vaikuttamaan aikaisempaa huomattavasti nopeampiin ja vaikeammin havaittaviin maaleihin. Vastaavasti vaikuttamisjärjestelmillä on kyettävä murtamaan aikaisempaa merkittävästi tehokkaampi ilmapuolustus.

Muita suuria kysymyksiä ovat tulivoiman mahdollisuus dominoida liikettä, kohteiden määrän, liikkeen ja koon aiheuttamat kyllästämisaikutukset, lavettien muuttuminen projektiileiksi sekä ihmisen rooli tässä kokonaisuudessa. Näistä lähtökohdista tarkastellaan ilmauhkan hallintaa tulevaisuuden toimintaympäristössä. Pelkällä puolustuksella ei tulevaisuudessakaan saavuteta kuin tasapelejä.

### Kirjoittaja

Majuri Mika Kulkas toimii erikoistutkijana PVTUTKLDOS:n konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusalalla.

# Logistiikan tutkimuskokonaisuus kehittämisen ja toiminnan näkökulmasta

Puolustusvoimauudistuksen edellyttämät logistiikan tutkimusvastuun siirtoon liittyvät tehtävät konkretisoituivat doktriiniosastossa kevään 2014 kuluessa muun muassa siten, että aiemmat tai meneillään olevat logistiikan strategista suunnittelua tukevat tutkimustehtävät ja -tulokset siirrettiin suunnitelmallisesti ja dokumentoidusti PVTUTKL:n käyttöön vuoden 2014 loppuun mennessä. Toinen keskeinen samanaikaisesti toteutettava tehtäväkokonaisuus oli logistiikan strategisen tason tulevien vuosien tutkimustoiminnan valmisteluun osallistuminen ja verkottuminen. Yhteistoimintaa ja verkottumista vahvistettiin puolustusvoimien hallintoyksiköiden ja muiden viranomaisten kanssa käsittelemällä ohjausmekanismien ja toimintamallien ohella myös eri toimijoiden rooleja ja vastuualueita.

## Uusia näkökulmia, mahdollisuuksia ja vaihtoehtoja

”Paikallispataljoonat osa sodanajan joukkoja 1.1.2015” julkaistiin vuoden 2014 keväällä maavoimien johtamassa paikallispuolustusta käsittelevässä uutisoinnissa. Doktriiniosastosta osallistuttiin myös paikallispuolustuksen kehittämiseen ja testaamiseen suunnattuun WANAJA 14 -harjoitukseen Länsi-Suomessa lokakuussa 2014. WANAJA 14 -harjoituksen ohella osallistuttiin suunnitelmallisesti useisiin sekä kansallisiin että kansainvälisiin laaja-alaisiin harjoituskokonaisuuksiin, mikä mahdollisti muun muassa empiirisen tietoineksen keräämisen. Yhtenä Doktriiniosaston tehtävänä on tukea pitkälle tulevaisuuteen ulottuvan puolustusjärjestelmän suunnittelua tutkimuksella ja koetoiminnalla.

Logistiikkajärjestelmää ja sen suorituskykyä kuvaavaa dokumentoitua tutkimustietoa ja teorianmuodostusta hyödynnettiin pitkittäistutkimuksen tässä vaiheessa uusien näkökulmien, mahdollisuuksien ja vaihtoehtojen tuottamisessa. PVTUTKLDOS:n johtamissa tutkimuksissa tutkimustiedon analysoinnilla ei tähdättykään pelkästään 1.1.2015 toimeenpannun puolustusvoimien logistiikkajärjestelmän suorituskyvyn mukaisen teorian testaamiseen, vaan lähtökohdiana oli doktriiniosastolle asetettujen tehtävien edellyttämä teorianmuodostus. Abduktiivisen päättelyn logiikan mukaisesti tutkijan ajattelussa ja päättelyssä keskeisessä asemassa olivat aineistolähtöisyys ja valmiit mallit. Näitä hyödynnettiin muodostettaessa kattavaa analyysia strategisesta ja sotilaallisesta toimintaympäristöstä. Tutkimustuloksien perusteella saatiin esille muun muassa tulevaisuuden tuotanto-, tukeutumis- ja palveluverkoston kehitystarpeita.

Kyseinen lähestymistapa poikkeaa tarkoituksellisesti yksittäisten harjoitusten analyysimuodosta, jona voidaan pitää teorialähtöistä analyysia. WANAJA 14 -harjoituksen asetelmasta oli myös todettavissa yhtäläisyyksiä teorian testauksesta uudessa kontekstissa. Huolimatta erilaisista tutkimuksellisista lähestymistavoista WANAJA 14 -harjoitus tuki oivallisesti molempien edellä kuvattujen logistiikan tutkimuskokonaisuuksien mukaisten tehtävien toimeenpanoa.

## Mallinnuksien, sotapelien, simulaatioiden ja muiden analyysien menetelmät käyttöön

Doktriiniosaston johtamat logistiikan tutkimustehtävät ovat muodostuneet erittäin innostaviksi ja mielenkiintoisiksi. Doktriiniosaston johtamassa logistiikan tutkimuskokonaisuudessa painotetaan jatkossa mallinnuksien, sotapelien, simulaatioiden ja muiden analyysien menetelmiä huomioon ottaen kuitenkin koko ajan uusien näkökulmien, mahdollisuuksien ja vaihtoehtojen tuottamat tutkimustulokset. Näin myös logistiikan tutkimuksien tulokset pystytään ottamaan täysimääräisesti huomioon osana kokonaisuutta puolustus-konseptien ja doktriinien kehittämisessä.

Mallinnuksien, sotapelien, simulaatioiden ja muiden analyysimenetelmien avulla saatavien tulosten oikeellisuus edellyttää, että käytettävät parametrit perustuvat todellisesta toiminnasta saatuihin arvoihin (Kuva: Juhani Ojala).



### Kirjoittaja

Majuri, TKT Juhani Ojala toimii erikoistutkijana PVTUTKLDOS:n konseptit ja käyttöperiaatteet -tutkimusalalla.



# Uusi vanha informaatio-

**Informaatio-**sodankäynti on vanha taistelun muoto. Tämän päivän sodankäynnissä painopiste on kuitenkin siirtynyt vahvasti informaatiovaikuttamiseen, jolloin se näyttyy uudella tavalla. Tätä vaikuttamisen keinoa ei tule vähätellä yhdessäkään kriisissä, sillä sen kohteena ei ole vain valtion päätöksentekokyky, vaan koko yhteiskunnan henkinen kriisinsietokyky.

Ukrainan sodan aikana Suomessa on keskusteltu siitä, mikä sen merkitys on suomalaisen yhteiskunnan näkökulmasta. Erityisesti kesän ja syksyn aikana turvallisuuspoliittisessa keskustelussa on peräänkuulutettu avointa keskustelua, ja toisaalta kritisoitu mediaa hysterian lietsomisesta. Oleellista on kuitenkin tunnistaa ilmiö ja ymmärtää sen logiikkaa.

Avoin keskustelu tarkoittaa sitä, että asioista puhutaan niiden oikeilla nimillä. Avoin turvallisuuspoliittisen keskustelun haasteena on kuitenkin sen käsitteistö, sillä turvallisuuspolitiikassa yhden asian toteaminen johtaa aina uuteen kysymykseen. Ensin Suomessa käytiin keskustelua siitä, onko Ukrainassa käynnissä kriisi vai sota. Viime viikkoina ja kuukausina Suomessa, kuten muissakin länsimaissa, on keskusteltu siitä, olemmeko myös me joutuneet informaatio-sodankäynnin piiriin.

Jos toteamme olevamme informaatiovaikuttamisen piirissä, toteammeko samalla Suomen olevan sodassa? Emme. Voiko käsitettä informaatio-sodankäynti silti käyttää? Voi. Ukrainassa käydään sotaa, johon liittyy voimakas informaatio-sodankäynnin elementti. Tämä heijastuu siihen informaatioympäristöön, jonka keskellä suomalaisetkin elävät.

## Jotain uutta, jotain vanhaa

Kun keskustellaan sodista, kriiseistä ja erilaisista poliittisen, sotilaallisen ja taloudellisen vaikuttamisen keinoista, puhutaan kaoottisesti turvallisuuspolitiikan kentästä, jossa epävarmuus ja hämartyntynyt tilannekuva vaikeuttavat päätöksentekoa. On tärkeää huomata, että kun tunnustamme väärän tiedon, informaatiotulvan ja polarisoituneen keskustelun vaikeuttavan omaa päätöksentekoamme ja osallistumistamme keskusteluun, emme voi enää kieltää informaatio-sodankäynnin olemassaoloa, kohdistuipa se suoraan meihin tai ei.

Tällöin täytyy miettiä, mikä on oleellista. Oleellista ei ole käsitteistä väittely tai teoretisointi. Oleellista on ymmärtää, että olemme kohdeyleisö niin rauhan kuin kriisin aikana. Kohtaamme päivittäin valtavan määrän informaatiota, jonka

ainoana tehtävänä on vaikuttaa käyttäytymiseemme. Olemme vaikuttamisen kohteena koulussa, töissä, harrastuksissa, kadulla mainosten keskellä ja kotona television äärellä. Olemme tahtomattammekin osa yhteiskuntaa, joka on arvolutatunut ja ideologinen. Oleellinen osa länsimaista yhteiskuntaa on myös itsekritiikkiin ja moraaliperustaiseen arviointiin kykeneminen. Olemme hyvin tarkkoja siitä, kuinka lapsiamme koulussa opetetaan, miten vähemmistöistä puhutaan, ja missä kulkevat mainonnan eettiset rajat.

Samanlaista julkista rajanvetoa tarvitaan myös nyt, kun poliittinen informaatiovaikuttaminen heijastuu Ukrainan sodan myötä kaikkiin länsimaihin, mukaan lukien Suomeen. Pidämme tärkeänä, että kansalaisia koulutetaan ja kannustetaan tunnistamaan kaupallinen vaikuttaminen ja olemaan kriittisiä informaatioyhteiskunnan toimijoita. Tämä tarve on tunnistettu myös kansallisessa opetussuunnitelmassa. Yhtä lailla kansalaisten täytyy kyetä tunnistamaan myös poliittinen vaikuttaminen – erityisesti silloin, kun se ei perustu tosiasioille, ja kun sen tarkoituksena on vaikuttaa yhteiskunnassa tehtäviin ulko- ja turvallisuuspoliittisiin päätöksiin.

Informaatio-kaos vaatii aina johtamista. Sitä, että ilmiöt tunnistetaan, ja että niistä myös saa puhua ääneen. Sitä, että niiden merkitystä ei kiistetä, sillä informaatioyhteiskunnassa juuri informaatio on ensisijainen vaikuttamisen keino.

Se, että huomaamme olevamme disinformaatioon perustuvan vaikuttamisen äärellä, on merkki siitä, että informaatiovaikuttaminen on koventunut ja syventynyt, ja tällöin siihen on kyettävä reagoimaan. Kyse ei enää ole normaalista turvallisuuspoliittisesta keskustelusta, vaan todellisuuden väärästä ja manipuloinnista. Haasteena on kuitenkin se, että kyetäksemme reagoimaan, meidän on ensin pystyttävä tunnistamaan ja nimeämään ilmiö. Tässä informaatio-sodankäynti on täysin toimiva käsite.

## Ei nollasummapeliä

Keskustelu sodankäynnistä ja sotilaallisen vaikuttamisen keinoista tuo usein esiin konfliktin niin sanottujen perinteisten uhkakuvien, sodan kuvan ja sodan määritelmän sekä ei-kineettisen vaikuttamisen merkitystä korostavan näkökulman välillä. On tärkeää, että sota ja sodankäynti ovat käsitteinä tarkoin rajattuja. Toisaalta on ongelmallista, jos vain kineettinen vaikuttaminen, eli tuhoaminen ja tappaminen, ymmärretään sodankäynniksi.

Valtioilla ja niiden asevoimilla on mahdollisuus vaikuttaa monilla eri keinoilla jo rauhan aikana. Strateginen viestintä ja tiedustelu kuuluvat kaikkien valtioiden toimintaan. Ne ovat jokaisen oikeus ja velvollisuus, eivätkä niinkään valinta. Psykologiset operaatiot ja tietoverkko-operaatiot ovat ajankohtaisia, kun kriisi on eskaloitumassa. Mikään näistä vaikutuskeinoista ei kuitenkaan yksin ja itsessään ole sota. On oleellista, että näiden keinojen avulla puolustaja pyrkii välttämään kriisin eskaloitumisen kokonaan. Sen sijaan hyökkäävän osapuolen näkökulmasta on kannattavaa pyrkiä saavuttamaan tavoitteensa mahdollisimman pitkälti näiden ”harmaan vaiheen” vaikuttamiskeinojen avulla, jotta kineettiseen voimankäyttöön ei edes tarvitse ryhtyä. Toisin sanoen päämäärät, joita viime kädessä tavoitellaan konkreettisella kineettisellä sodankäynnillä, voidaan saavuttaa jopa tehokkaammin ei-kineettisin keinoin. Kun ei-kineettisen keinovalikoiman käytön lopputulos voi olla sama, tai jopa parempi kuin kineettisen keinovalikoiman käyttö, on sinänsä turha keskustella siitä, onko informaatio-sodankäynti sodankäyntiä vai ei.

Esimerkkinä voidaan käyttää Krimin valtaamista keväällä 2014. Se osoittaa, että toisen valtion alueen valtaaminen, miehittäminen ja liittäminen oman valtion yhteyteen ei välttämättä vaadi kineettistä voimankäyttöä. Operaation toteuttaminen ei-kineettisin keinoin oli tehokkaampi tapa toteuttaa sotilasoperaatio. Aggressiivisen informaatio-psykologisen vaikuttamisen keinovalikoimaan kuuluivat vaalikampanjointi fasisti-brändäyksineen, venäläisväestöön kohdistuvan uhkan vääristely, sotilaallinen läsnäolo ja lopulta vaalien toteuttaminen informaatio-operaationa. Tämä oli kokonaisuudessaan operaatio, jossa informaatio- ja psykologisen vaikuttamisen ja sotilaallisen painostamisen keinovalikoima sulautuivat saumattomasti yhteen.

Voidaan tietenkin huomauttaa, että perinteisen sotilaallisen voimankäytön ja sodan uhka olivat edelleen operaation taustalla. Niiden käyttö oli kuitenkin enemmän psykologista vaikuttamista ja painostamista. Aseita ei käytetty ampumiseen, vaan painostamiseen. ”Vihreiden miesten” ilmestyttyä Krimille median huomio oli pitkään siinä, kuka ampui ensimmäisen laukauksen. Asemiesten kansallisuus oli tiedossa, mutta siihen ei uskallettu reagoida, koska asia kiistettiin. Sotilaallinen uhka toimi psykologisena pelotteena, joka esti ukrainalaisotilaita käyttämästä aseitaan. ”Vihreiden miesten” pidättyväisyys ja rauhallisuus ei myöskään provosoinut ukrainalaisia sotilaita aseiden käyttöön. Tilanteessa eli toivo, että siitä olisi mahdollista selvitä ilman verenvuodatusta.

Krimin opetuksena voidaan siis pitää sitä, että on perusteltua puhua informaatio-sodankäynnistä, jos sillä parhaassa (tai pahimmassa) tapauksessa voidaan saavuttaa jotakin, mitä ennen on pidetty saavutettavissa vain perinteisin, sotilaallisin, kineettisen vaikuttamisen keinoin. Siis alueen valtaamista sotaa käymällä. Informaatiovaikuttaminen ei poista tarvetta kyetä



Toisinaan liput ja teemat ovat piilossa ... (Kuva: Elizabeth Arrot /VOA)

vaikuttamaan muillakin keinoin, vaan kyse on vaikuttamisen painopisteiden muutoksesta muuttuneessa sodan kuvassa. Tämä tarkoittaa myös sitä, että jos emme ymmärrä informaatiovaikuttamisen merkitystä, emme myöskään tunnista sitä harmaata vaihetta, jonka aikana meidän olisi viimeistään kyettävä toimimaan.

## Ilmiöt ja vaikutukset

Strateginen viestintä on normaalia rauhanajan toimintaa, ja se voidaan katsoa jokaisen valtion ja organisaation oikeudeksi ja velvollisuudeksi. Sen tehtävä on vaikuttaa informaatioympäristössä vuosien, jopa vuosikymmenten tähtäimellä. Tällä tavoin luodaan pohja, eli tulkintakehys, kaikelle muulle informaatiovaikuttamiselle. Onnistunut strateginen viestintä kertoo mitä, miten ja miksi organisaatio tekee, toimii ja on olemassa. Kun tätä niin sanottua strategista kertomusta ryhdytään kertomaan vääristyneesti esimerkiksi disinformaation avulla, on poistettu strategisen viestinnän alueelta.

Aktiivisella disinformaation levittämisellä ja muulla vääristelyllä pyritään vaikuttamaan siihen, miten maailma näyttää meille informaatioympäristössä. Informaatio-operaatiot perustuvatkin tällaisissa tapauksissa muun muassa agenda-teoriaan ja hiljaisuuden spiraali -teoriaan. Ne eivät itsessään edellytä disinformaation käyttöä, mutta esimerkiksi Krimin miehityksen ja Ukrainan sodan aikana vääristelyä tietoa on levitetty runsaasti. Tässä vääristyneessä todellisuudessa toimivat myös demokraattisen yhteiskunnan todelliset päättäjät, eli äänestäjät. Poliitikot joutuvat lopulta miettimään äänestäjiään tehdessään päätöksiä.



Venäjän informaatiovaikuttamista Krimin miehityksen ja Ukrainan sodan aikana voidaan analysoida esimerkiksi seuraavalla tavalla:

### Strateginen viestintä

Strategiseksi viestinnäksi voidaan tulkita esimerkiksi presidentti Putinin ja korkeiden venäläisvirkamiesten lausunnot. Ne toistavat teemoja ja viestejä, jotka esittävät Venäjän toiminnan, pyrkimykset ja motiivit legitimeinä. Näitä teemoja ovat esimerkiksi:

- kansan tahto ja itsemääräämisoikeus
- vallankaappauksen laittomuus
- ihmisoikeuksien kunnioittaminen
- etnisten vähemmistöjen oikeudet
- kansainvälinen oikeus ja sopimusten noudattaminen
- lännen sekaantumisen tuomittavuus.

Julkisuudessa ne on esitetty muun muassa seuraavien perusviestien avulla:

- Ukraina ei kunnioita kansalaistensa perusoikeuksia
- Ukraina käyttää sotilaallista voimaa omia kansalaisiaan kohtaan
- Ukraina syyllistyy sensuuriin ja propagandaan
- Ukraina on kahtiajakautunut
- Ukraina ei halua rauhaa
- Ukrainaan tulee palauttaa rauha ja järjestys
- Venäjä pyrkii vuoropuheluun
- Venäjä huolehtii kansalaisistaan ja vähemmistöistään
- Venäjä vaatii ihmisoikeuksien ja sopimusten noudattamista
- Länsimaat (EU ja Yhdysvallat) ovat aiheuttaneet konfliktin ja pitävät sitä yllä.

### Informaatio-operaatiot

Informaatio-operaatioissa ei vain puhalleta eloa jo olemassa oleviin teemoihin, vaan aktiivisesti rakennetaan niitä. Tällä tavalla ohjataan informaatioympäristön rakentumista haluttujen käsitteiden ympärille, vaikutetaan niiden tulkintaan ja luodaan niin suuria määriä informaatiota, että vastapuolen viestit eivät enää nouse tehokkaasti esiin. Esimerkkeinä voidaan käyttää teemoja fasismi ja Novorussia. Fasismi-teeman käytölle on Venäjällä pitkät perinteet, ja venäläinen informaatioympäristö tukee sen halutunlaista tulkintaa. Näin ollen Ukrainan konflikti ja sota on kyetty brändäämään sen avulla hyvin nopeasti. Novorussia-teema puolestaan vetoaa historialliseen ajanjaksoon Venäjän menneisyydessä, jonka avulla voidaan rakentaa ajatusta Venäjän kunnian, voiman ja yhtenäisyyden palauttamisesta. Myös Nato ja sen aggressiivi-

nen laajeneminen ovat hyvin perinteisiä teemoja informaatio-operaatioissa.

Informaatio-operaatiot voivat toteutua myös lokakampanjoina ja puhtaana disinformaationa. Yksi perinteinen esimerkki on ilmoittaa tai lavastaa tilanne, jonka avulla jonkin organisaation tai henkilön kerrotaan toimivan CIA:n rahoittamana. Syyskuussa venäläisessä mediassa levisi uutinen, jossa kerrottiin Ylen tekevän listaa Suomessa asuvista Putinin kannattajista ja lähettävän nämä tiedot suoraan Viron suojelupoliisille ja Naton ”kybersotakeskukselle” Tallinnaan.

Suomessa Venäjän strategisen viestinnän ja informaatio-operaatioiden teemoista erityisen vahvasti esiin ovat nousseet juuri tiedotusvälineiden uskottavuuden kyseenalaistaminen propagandasyytöksillä, Euroopan Unionin kritiikki sekä Nato-kysymyksen polarisointi uhaksi. Nämä teemat vahvistavat strategisen viestinnän periaatteiden mukaisesti jo olemassa olevaa keskustelua Suomessa sen sijaan. Se, että teemat ovat suomalaisille jo tuttuja, takaa sen, että viesteillä on yleisön silmissä jonkinlainen uskottavuus. Tiedotusvälineiden, Naton ja Euroopan Unionin kritiikillä voidaan taustoittaa ja pohjustaa tulevia informaatio-operaatioita. Lisäksi on huomattava, että Venäjällä on samaan aikaan ollut käynnissä prosessi, jolla ulkomaalaista vaikutusvaltaa mediassa kavennetaan vielä entisestään. On sikäli luonnollista, että informaatio-operaatiot on rakennettu niin, että ne kannustavat juuri valtamedian kyseenalaistamiseen myös Suomessa.

### Keskustelun vaikeus

Informaatiovaikuttamisen vaikutuksista keskustelu on vaikeaa, koska se on helposti tulkittavissa ideologisen agendan mukaiseksi kannanotoksi. Informaatiovaikuttamisen vaikutuksia on kyseenalaistettu usein eri perustein. Ei voida esimerkiksi varmuudella tietää, onko informaatiovaikuttaminen todellisuudessa EU- ja Nato-kritiikin syytä. Tieto pitäisi kytetä kiistattomasti todistamaan ennen siihen reagoimista. On perusteltua sanoa, että media ja toimittajat edustavat länsimaisen ideologian mukaista näkemystä. Nämä esimerkit edustavat länsimaisen kulttuuriin kuuluvaa itsekritiikkiä, jossa pyritään antamaan mahdollisuus myös sille ajatukselle, että oma tapamme hahmottaa maailmaa on mahdollisesti ideologinen. Valistuneen länsimaisen ihmisen kuuluu ikään kuin käydä keskustelua oman moraalinsa kanssa ja suhtautua kaikkeen informaatioon kriittisesti. Juuri tätä ominaisuutta informaatiotosodankäynti hyödyntää.

Oikein valitut teemat toimivat siis tehokkaasti informaatiovaikuttamisen ”omasuojana” – niiden ympärillä käytävää keskustelua ei voi arvostella eikä siihen puuttua ilman, että se koetaan puuttumisena kulttuurimme perusarvoihin ja periaatteisiin, kuten sananvapauteen, eri osapuolten tasapuoliseen näkyvyyteen ja väitöksen esittäjän todistustaakkaan.



... ja toisinaan lippuja ja uusia teemoja tuodaan spontaanisti esiin. (Kuva: Andrew Butko)

### Johtopäätökset

Informaatiovaikuttamisessa, kuten ei viestinnässä muutenkaan, voida koskaan puhua suorista syy-seuraussuhteista. Vaikuttaminen on silti mahdollista, ja kuten sanottu, se on helpointa tehdä jo olemassa olevien keskustelunaiheiden avulla. Lisäksi informaatio-operaatioiden avulla voidaan nostaa keskusteluun teemoja, ja analysoidakseen tilannetta ja informaatiota, yleisön on ikään kuin pakko ottaa niihin kantaa.

Psykologisen ja informaatiovaikuttamisen tavoitteena on aina yleisön käyttäytymiseen vaikuttaminen. Demokraattisessa yhteiskunnassa kansalaisten käyttäytyminen vaikuttaa suoraan myös poliittiseen päätöksentekoon. Kaiken vaikuttamisen päämääränä on liikkumatilan kapeneminen päätöksenteossa. Juuri tästä syystä on tärkeää pohtia, mitä todella tarkoittaa todeta, että tehdäksemme turvallisuuspoliittisen päätöksen, meidän on huomioitava jonkin toisen valtion tahtotila.

Informaatiotosodankäynnin merkitystä ei pidä aliarvioida. Informaatioyhteiskunnat ovat nimensä mukaisesti riippuvaisia informaatiosta. Riippuvuussuhteet taas vetävät tulta puoleensa.

Kun käsitteet kuten CIA-yhteydet ja fasismi ovat palanneet argumentaatioon, jolla kansakeskustelijoihin pyritään vaikuttamaan, on syytä muistella menneisyyden informaatiotosodankäyntiä. Absurdin informaatiotodellisuuden rakentaminen kiistettyine tosiasioineen ja salaliittoteorioineen ovat jälleen todellisuutta. Siinä missä propagandakoneisto 80-luvulla ilmoitti K-kaupan Väiskin lihatiskimainosten olevan CIA:n informaatio-operaatio, liikkuu mediassa nyt lausunnot ja suomalaismedian ja asiantuntijoiden CIA-kytköksistä.

Voidaan aina sanoa, että sota alkaa vasta siitä, kun ensimmäinen pommi putoaa, mutta silloin Krimin miehityksen opeus on päässyt unohtumaan. Pommeja ja luoteja ei Krimillä tarvittu, sillä informaatio- ja psykologinen vaikuttaminen riittivät. Jos kiistämme informaatiotosodankäynnin merkityksen nyt, joudumme myös kirjoittamaan historiamme uudelleen.

#### Kirjoittaja

ST Saara Jantunen palvelee tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosaston strategisen analyysin tutkimusalalla

# **Räjähde- ja suojelutekniikkaosasto (RSOS)**

# Epäherkät räjähteet ovat tulevaisuutta

Räjähdeturvallisuutta eli räjähteiden käyttöä, kuljetusta ja varastointia pyritään jatkuvasti parantamaan. Merkittävässä roolissa räjähdeturvallisuutta parantamassa ovat tiukentuvat räjähteiden käyttöä, kuljetusta ja varastointia määräävät ja ohjaavat lait ja normit. Kiristyvien määräysten noudattaminen eittämättä parantaa turvallisuutta kasvaneiden suojaetäisyyksien ja tukevampien rakenteiden ansiosta. Toisessa vaakakupissa painaa vaatimusten täyttämiseksi alati nousevat kustannukset.

Kiristyvän lainsäädännön ohella räjähdeturvallisuutta voidaan parantaa valmistamalla epäherkkiä ja siten turvallisempia räjähteitä. Epäherkkyys aiheuttaa tahattoman syttymisen riskin pienenemisen ja toisaalta syttymisestä aiheutuvien seu-

rannaisvaikutusten minimoitumisen. Euroopassa ja Yhdysvalloissa epäherkkien räjähteiden merkitys on tunnistettu räjähdeturvallisuuden lisääjänä. Räjähdeteknologinen kehitys onkin voimakkaasti johtamassa siirtymiseen konventionaalista räjähteistä uusiin, epäherkkiin IM-räjähteisiin (Insensitive Munition). Perusteina on, etenkin Euroopassa, asukastiheyden kasvaminen, jolloin turvallisen räjähdevarastoinnin ja logistiikan toteuttaminen on vuosi vuodelta haasteellisempaa.

Korvaamalla konventionaaliset räjähteet epäherkillä räjähteillä on mahdollisuus merkittävästi lisätä niin operatiiviseen toimintaan, kuljettamiseen kuin varastointiin liittyvää räjähdeturvallisuutta ja vähentää varastointikustannuksia ja rakentamista. Seuraavassa on muutama esimerkki siitä, miten

**Detonaatio (Tyyppi I).**  
Räjähteen voimakkain reaktiotyyppi  
Yliäänin nopeudella etenevä reaktio, jossa

- aiheutuu erittäin voimakas shokkiaalto
- tehokas sirpaloituminen, paljon pieniä sirpaleita
- suuren kraaterin muodostuminen.

Detonaatiossa kaikki räjähdysaine kuluu.

---

**Räjähdys (Tyyppi III).**  
Kolmanneksi voimakkain reaktiotyyppi, jossa

- erittäin nopea palaminen muodostaa voimakkaan paikallisen paineen, joka suljetussa tilassa aiheuttaa erittäin voimakkaan paineräjähdyksen
- metalli sirpaloituu suuriin, kauas lentäviin sirpaleisiin
- reagoimatonta tai palavaa räjähdysainetta lentää kauas
- muodostuu rakenteita vaurioitava paineshokki, joka on merkittävästi pienempi kuin detonaation tapauksessa
- vähäinen kraaterin muodostuminen.

---

**Deflagraatio (Tyyppi IV).**  
Neljänneksi voimakkain reaktiotyyppi, jossa

- ei muodostu shokkiaaltoa, vain vähäinen painevaikutus
- ei muodosta sirpaleita, mutta irtonaiset rakenteet voivat lentää kauas
- palamatonta tai palavaa räjähdysainetta voi lentää ympäristöön.

Lähde: Agard conference proceedings 511/1992.

	IM Vaatus	155 mm M795 (TNT)
<b>BI</b> Luotivaikutus	V Palaminen	IV Deflagraatio
<b>FI</b> Sirpalevaikutus	V Palaminen	IV Deflagraatio
<b>FCO</b> Nopea kuumennus	V Palaminen	III Räjähdys
<b>SCO</b> Hidas kuumennus	V Palaminen	III Räjähdys
<b>SCJI</b> Ontelohanoksen vaikutus	III Räjähdys	I Detonaatio
<b>SD</b> Välittyminen	III Räjähdys	I Detonaatio



		Jos IM
<b>Operatiiviset vaikutukset</b>	84 ajoneuvoa tuhoutui 77 ajoneuvoa vaurioitui	1 ajoneuvo tuhoutui
<b>Taloudelliset vaikutukset</b>	40 M\$	0,2 M\$
<b>Henkilövahingot</b>	3 menehtyi 56 loukkaantui	Ei henkilövahinkoja

Lähde: Camp Doha, MSIAC presentation.

räjähteen epäherkkyys vaikuttaa räjähteiden logistiikkaan ja varastoitavuuteen.

UN-luokituksen mukaiset, vaarallisuusluokan 1.6 (erittäin epäherkät räjähteet) räjähteiden varastoinnissa vaadittavat suojaetäisyydet ovat huomattavasti pienemmät kuin perinteisillä vaarallisuusluokkien 1.1 (massaräjähdysvaarallinen) tai 1.2 (sirpalevaarallinen) räjähteillä. Verrattuna konventionaalisiin räjähteisiin on epäherkkien räjähteiden varastointipinta-ala ja siten varastojen lukumäärää pienempi. Räjähdemäärä ei 1.6 vaarallisuusluokan räjähteillä vaikuta vaadittaviin suojaetäisyyksiin.

UN-ohjeen (UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Manual of Tests and Criteria) mukaisen vaarallisuusluokituksen ohella räjähteet voidaan luokitella sen mukaan, miten ne reagoivat erilaisiin ympäristön aiheuttamiin uhkiin, kuten tulipalo, luoti, sirpale jne. Tähän uhkakuvamalliin perustuu räjähteiden Nato-standardin STANAG 4439 ”Policy for Introduction, Assessment and Testing for Insensitive Munitions” mukainen IM-luokitus. Standardin

mukaiset testit ja vakavimpien sallittujen seurauksien tasot on esitetty alla olevassa kuvassa.

Kuvattujen vaatimusten täytyttyä on selvää, että epäherkät IM-räjähteet lisäävät varastointiturvallisuuden ohella myös operatiivisen toiminnan turvallisuutta, kun vastustajan tulen vaikutus omiin räjähteisiin ja räjähdevarastoihin pienenee. Tilanne korostuu edelleen, kun tarkastellaan tulevaisuuden kaupunkisodankäyntiä – taistelut käydään rakennetuilla alueilla poissa syrjäisistä ja metsäisistä raja-alueista. Myös räjähteiden varastointi ja käyttö siirtyvät rakennetulle alueelle, jolloin räjähteiden epäherkkyys on eduksi yhteiskunnan infrastruktuurin säilyttämiselle. Tulevaisuudessa länsimaiden siirtymässä Yhdysvallat etunenässä epäherkkien räjähteiden käyttöön, on kansainvälisiin operatioihin osallistuvien joukkojen räjähtävän materiaalin oltava epäherkkää.

Räjähteiden epäherkkyys lisää turvallisuutta myös rauhan ajan yhteiskunnassa, jossa räjähteiden kuljettaminen on arkipäivää. Alla on kuvattu esimerkkitapaus 7000 kg:n räjäh-



dekuljetuksesta, joka on syystä tai toisesta syttynyt palamaan kesken kuljetuksen. Tilanteessa, jossa rekassa kuljettaisiin perinteisiä 1.1 vaarallisuusluokan massaräjähdyksvaarallisia tuotteita (tulipalossa aiheuttavat massaräjähdyksen), voidaan onnettomuusaluetta tarkastella alla olevaan kuvaan merkittyjen alueiden A–D avulla. Tarkastelussa on jätetty huomiotta räjähdyksestä aiheutuvat paineheijastelut.

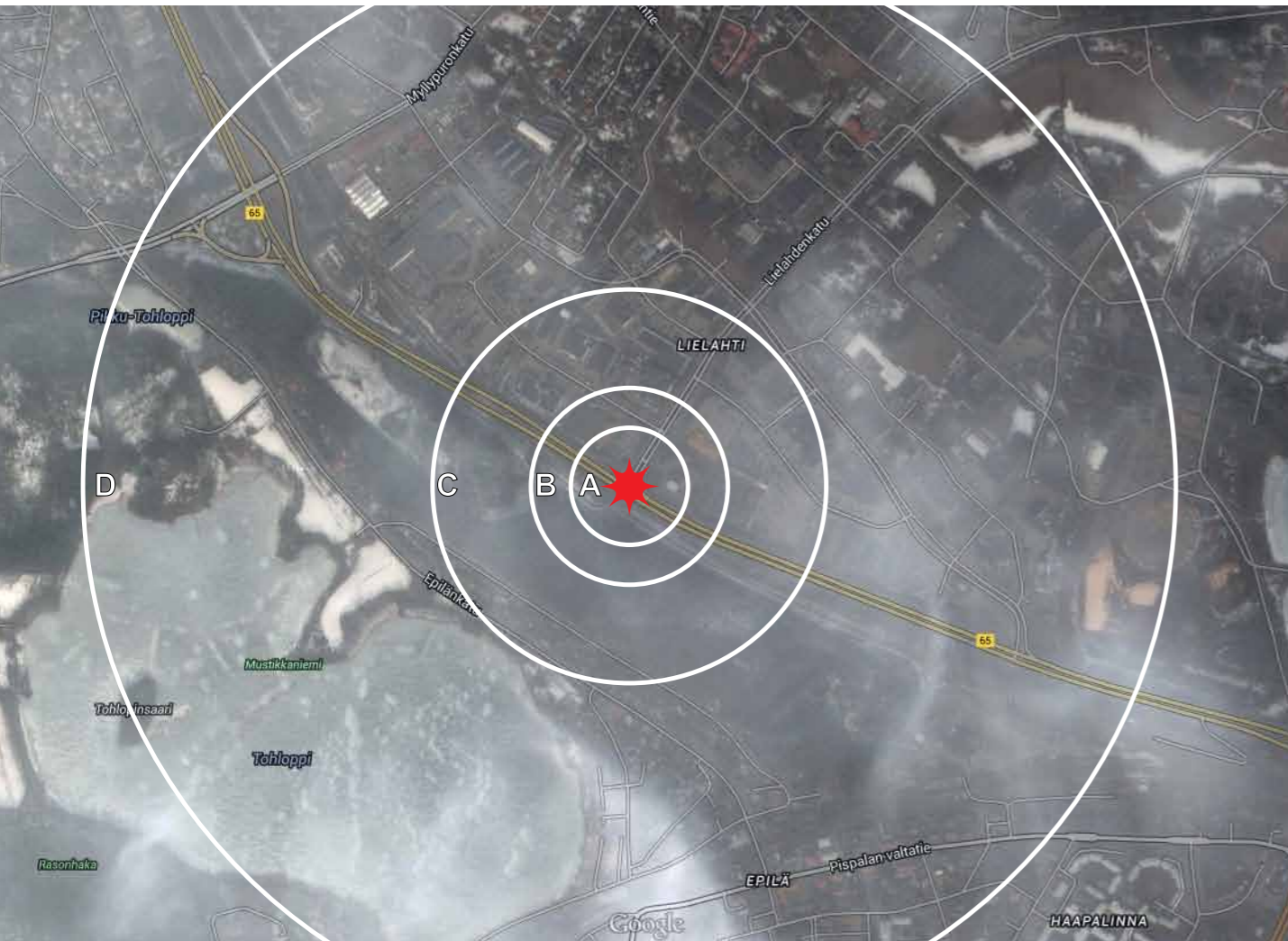
- Alueella A reilun 100 m:n säteellä aiheutuu räjähdyksestä merkittävää rakennusten vaurioitumista ja hajoamista.
- Alueella B noin 200 m:n etäisyydellä rakennusten sisäseinät voivat vaurioitua ja ovien sekä ikkunakarmien rikkoutuminen on erittäin todennäköistä.
- Alueella C noin 400 m:n etäisyydellä räjähdysen vaikutus voi vielä aiheuttaa pienempiä vaurioita tavallisiin rakennuksiin.

- Alueella D reilun 1 km:n säteellä olevien rakennusten ikkunoiden rikkoontuminen on todennäköistä.

Sen sijaan, jos rekassa kuljetettu tuote täyttäisi IM-vaatimukset (tulipalo ei aiheuta paloa voimakkaampaa reaktiota), olisivat onnettomuutta seuranneet vahingot huomattavasti pienemmät, vain lämpösäteilyn aiheuttamaa rakennusten ja tulipalon aiheuttamaa tien vaurioitumista.

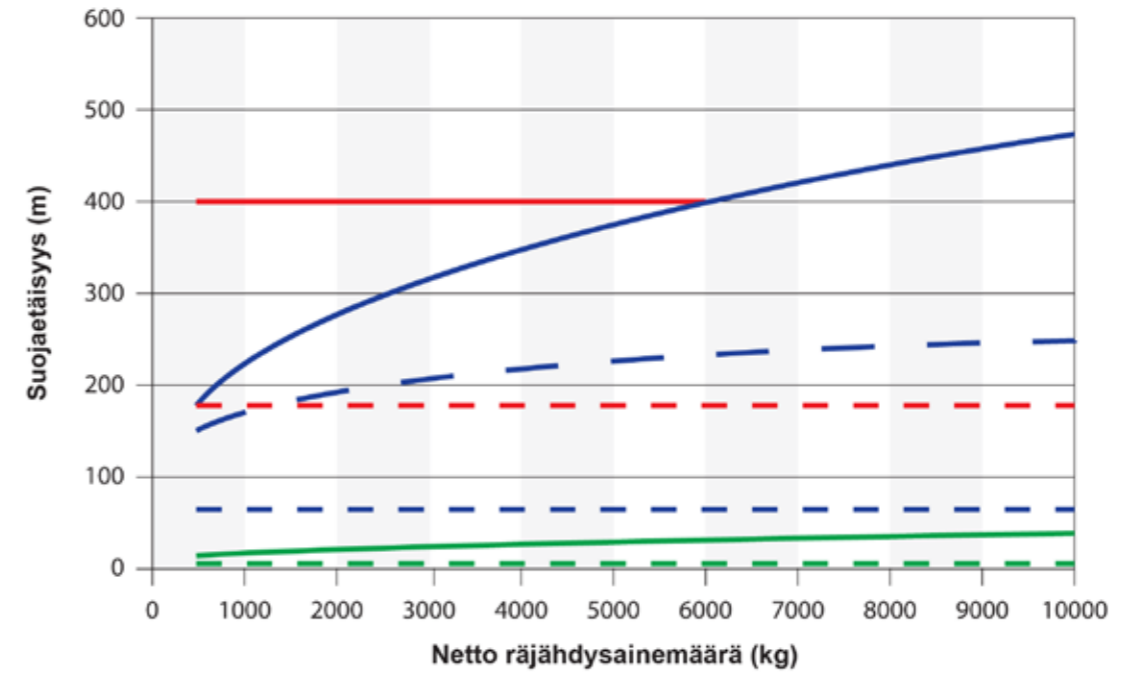
Edellä kerrottu tilanne on yllä olevassa kuvassa havainnollistettu tapahtuvan Lielahden alueella tien numero 65 ja Lielahdenkadun risteyksessä.

Puolustusvoimien tutkimuslaitos pyrkii tutkimuksillaan omalta osaltaan edesauttamaan epäherkkien räjähteiden ke-



Alueen B sisään jää iso marketti. Alueen C ja D:n sisällä on useita liikerakennuksia. (Lähde: Google maps sateliittikuva)

### Suojaetäisyys maapeitteisen varastosuojan suuaukon suuntaan



- VL 1.1 Asuttu rakennus
- VL 1.1 Kevytrakenteinen varasto
- VL 1.1 Maapeitteinen varasto
- - - VL 1.6 Asuttu rakennus
- - - VL 1.2 Kevytrakenteinen varasto
- - - VL 1.6 Kevytrakenteinen varasto
- - - VL 1.6 Maapeitteinen varasto

hitystyötä Suomessa ja puolustusvoimissa. Keräämme niistä tietoa päättäjien käyttöön kirjallisuudesta ja projekteissa omalla koetoiminnalla. Kotimaisista puolustusteollisuuden yrityksistä eritoten Oy Forcit Ab on kansainvälisestikin tunnettu kotimainen räjähdvalmistaja, jonka tuotekehitys ja sotilaalliset sovellukset nojautuvat voimakkaasti IM-tekniologian periaatteisiin.

Näyttää siltä, että tulevaisuuden räjähteet ovat epäherkkiä. Konventionaalisten räjähteiden korvaaminen epäherkillä vaatii meillä 10–30 vuotta ja tapahtuu todennäköisesti asteittain,

mahdollisesti tuote tuotteelta. Muutos koskettaa todennäköisesti myös asejärjestelmiä ja käyttöperiaatteita. Epäherkät räjähteet ovat nykyään konventionaalisia kalliimpia, mutta niiden varastointikustannukset ovat pienemmät, ja ne ovat operaatioissa käyttäjälleen turvallisempia. Siksi ne ovat oikea vaihtoehto. Tarvitsemme lisää tietoa epäherkkien räjähteiden elinjakso-kustannuksista, aikanaan tapahtuva hävittäminen mukaan lukien.

#### Kirjoittaja

DI Mari-Ella Sairiala on Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosaston energettisten teknologioiden tutkimusalaohjohtaja



# Suojelun operatiivisen tuen muotoja

**Puolustusvoimien tutkimukseen on perinteisesti liittynyt suojelututkimus, jolla on ollut vahvat siteet suojelujoukkojen kouluttamiseen, välineistön kehittämiseen sekä operatiiviseen toimintaan.**

## CBRN-kenttälaboratorio

Kenttälaboratorioita on alun alkaen rakennettu palvelemaan suojelujoukkojen operatiivista toimintaa. Nykyinen CBRN-kenttälaboratorio on kolmannen sukupolven kenttälaboratorio. Operatiivinen käyttövastuu on annettu PVTUTKL:lle johtuen kenttälaboratorion monimuotoisuudesta, laitteiden ja välineiden käytön ja huollon vaatimasta erityisosaamisesta, monen alan asiantuntijatarpeesta (CBRNE sekä kenttähygieniä) sekä toimintaan liittyvistä turvallisuusvaatimuksista.

Kenttälaboratoriojoukkue on keskeinen osa Suojelun erikoisosastoa (SEO). Suojelun erikoisosasto harjoittelee säännöllisesti kotimaassa ja ulkomailla ja on tarvittaessa käytettävissä kansainvälisten joukkojen tukena. SEO ja sen ohessa kenttälaboratoriojoukkue on arvioitu vuosina 2007–2010 NATO:n neliportaisen operatiivisen voimavarakonseptin arviointiohjelman mukaisesti tasolle NEL-2, joka tarkoittaa taisteluvalmiutta tarvittaessa 30 vrk:n kuluessa. Viimeisin NEL-2 arviointi toteutettiin syyskuussa 2014 lopputuloksella ”Combat Readiness Excellent”.

Kenttälaboratoriojoukkue koostuu CBRN-kenttälaboratoriosta ja forensiivisesta näytteenottoryhmästä. Kenttälaboratorion ensisijaisena tehtävänä on tieteellisin menetelmin varmistaa nopeasti CBRN-aineiden ja myrkyllisten teollisuuskemikaalien käyttö identifioimalla käytetty CBRN-aine tai teollisuuskemikaali sekä tehdä tuloksiin liittyvää riskin-

arviointia. Forensiivisen näytteenottoryhmän tehtävänä on ottaa relevantteja näytteitä, dokumentoida näytteenottopahtuma ja turvata näytteiden koskemattomuus osoittamalla/varmentamalla hallintaketjun katkeamattomuus.

Kenttälaboratoriojoukkueen välineistö, laitteet ja materiaalit on valittu pitkäaikaisen ja huolellisen testaustoiminnan tuloksena. Laitteiden, analyysimenetelmien ja toimintatapojen ohjeistus on pääosin tehty PVTUTKL:ssa, ja sen edeltäjässä PVT:ssä, yhteistyössä Sotilaslääketieteen keskuksen kanssa vuosina 2004–2010. Kemiallisen aseiden kielto sopimuksen instituutti (VERIFIN) on osallistunut työhön. Käytetyt analyysimenetelmät ovat tieteellisesti validoituja. Analyysimenetelmät ja kenttälaboratorion toimintoja kehitetään aktiivisesti täyttämään muuttuvia suorituskykytarpeita uusien uhkien mukaisesti ja palvelemaan SEO:n tarpeita. Tästä esimerkkinä ovat kemiallista ja biologista agenssia sisältävät sekanäytteet ja räjähdysaineiden analytiikka. Kenttälaboratorion operatiivinen suorituskyky täyttää NATO:n suojelun erikoisosastoa koskevan standardin, STANAG 4632, asettamat vaatimukset.

Kenttälaboratoriojoukkueen henkilöstöä koulutetaan luonnontieteellisen peruskoulutuksen saaneista reserviläisistä. Näytteenottoryhmän jäsenet saavat luonnontieteellisen peruskoulutuksen lisäksi SIBCRA-näytteenottokoulutuksen, ja kenttälaboratorion henkilöstö koulutetaan kenttälaboratorion toimintoihin oman alansa mukaisesti. Kenttälaboratoriokoulutus tapahtuu suurelta osin Lakialassa PVTUTKL:n tiloissa. Henkilöstöpoolin kasvattamiseksi aloitetaan lähitulevaisuudessa myös joukkotuotanto kenttälaboratoriotoimintoihin varusmiehille, joilla on jo ennen varusmiespalveluk-



Kenttälaboratorio kuljetuksessa  
(Kuva: PVTUTKL:n arkisto)



Forensiivinen näytteenottopartio työskentelee.  
(Kuva: Elisa Pääkkönen)



Dekofoggerin laitetestausta dekokentällä Lakialassa 20.8.2013. (Kuva: Simo Heinonen)

seen astumista luonnontieteen perusopinnoita suoritettu, ja kartoitetaan tarve korkeakoulutasoisen CBRNE-opetuksen järjestämiselle. Tarvittaessa kenttälaboratoriota tai osia siitä voidaan käyttää muiden viranomaisten tukemiseen.

## CBRNE-tukeutumiskeskus – Reach Back

Viimeisten kahden vuoden aikana PVTUTKL:een Lakialaan on saneerattu tilat CBRNE-tukeutumiskeskusta (Reach Back Center) varten. Keskukseen tarkoituksena on tarjota operatiivisille joukoille mm. monipuolisia asiantuntijapalveluita. Tukeutumiskeskukseen kehittäminen aloitettiin MAAVE:n tukipyynnöstä ja MAAVE:n rahoituksella 2012. Tilat otettiin juhlallisesti käyttöön 17.12.2013.

Tukeutumiskeskus toimii yhteistyössä PVTUTKL:n räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston CBRN-teknologioiden tutkimusalan sekä SOTLK:n kanssa operatiivisena tukeutumiskeskusena koti- ja ulkomailla toimiville suomalaisille

joukoille tarvittaessa 24/7. Kohotetussa valmiudessa (jatkuva puhelinpäivystys ja nopea valmius tehostettuun valmiuteen) keskus toimi keväällä 2014 useaan otteeseen OPCW:n ja YK:n johtaman Syyrian kemiallisten taisteluaineiden ja niiden lähtöaineiden siirto-operaation aikana. Suomesta Syyrian operaatioissa oli alkuvaiheessa CBRN-tiedustelu ja -dekoryhmä sekä myöhemmässä vaiheessa pelastusryhmä.

## Muu tuki

Suojelukouluttajille on keväällä 2014 annettu erikoislaboratoriossa ilmaisu- ja dekontaminaatiokoulutusta taisteluaineilla (Live Agent Training). PIONR on tehnyt tammikuussa 2014 selvityksen mahdollisesti PVTUTKL:ssa tapahtuvasta LAT-koulutuksesta operatiivisissa toiminnassa oleville henkilöille. Ennen koulutusta pitää harjoitusalue varustaa asianmukaisesti ja mm. laatia ohjeistus ja riskinarviointi sekä hankkia tarpeelliset luvat. Asia tulee ajankohtaiseksi aikaisintaan 2016.

SIBCRA = Sampling and Identification of Biological, Chemical and Radiological Agents

CBRN = kemiallinen, biologinen, säteily

NEL = NATO evaluation level

LAT = Live Agent Training, harjoittelu taisteluaineilla

## Kirjoittajat

FM Heikki Seulanto on Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston CBRN-teknologioiden tutkimusalaohjohtaja.

FT Paula Maatela toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston CBRN-teknologioiden tutkimusallalla.



(Kuva: Benjamin Michelin)



# Suorituskyvyn elinjakson aikainen tuki

Tässä artikkelissa käsitellään suorituskyvyn elinjakson tukea räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston näkökulmasta ottaen tarkasteluun puolustusvoimien räjähteet. RSOS osallistuu elinjakson tuen vaiheisiin lukuun ottamatta elinjakson alkua, johon osallistuminen kyllä nähtäisiin tärkeäksi esimerkiksi myöhemmin elinjaksossa tapahtuvan tutkimuksen alkutilanteen aikaansaamiseksi. Vastuu tässä on paljolti asiakkaallamme, jota pyydetään tarkastelemaan, ei vain tässä tapauksessa vaan yleisemminkin, PVTUTKL mahdollista roolia elinjakson aikaisen tuen toteuttamisessa tutkimuksen avulla.

Suorituskyvyn elinjakso alkaa suorituskyvyn kehittämisen tarpeen tunnistamisesta ja tarpeen täyttämiseksi tarvittavan suorituskyvyn ideoinnista ja päättyy siihen, kun suorituskyky ei enää tarvita ja siitä luovutaan. Suorituskyvystä riippuen sen elinjakso voi vaihdella useista kymmenistä vuosista muutamiiin kuukausiin, tai olla jopa vielä lyhyempi. Sotilaallisten suorituskykyjen elinjakso ovat pääsääntöisesti varsin pitkiä. Kustannusten minimoimiseksi suorituskyvyn elinjaksoa pyritään vielä pidentämään erilaisin MLU (mid life update) toimenpitein. Kuten edellä on todettu, suorituskyvystä ja sen käyttöperiaatteesta riippuen suorituskyvyn vaatiman elinjakson aikainen tuki voi vaihdella. Tässä yhteydessä pidetään räjähdeisiin liittyvän suorituskyvyn ylläpitämisen ja siihen, miten Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosasto palvelee asiakkaitaan tällä saralla.

Puolustusvoimien tutkimuslaitos tukee elinjakson alussa tapahtuvaa suorituskykyjen määrittelytyötä ja ideointivaihetta osallistumalla teknologiaennakointityöhön sekä seuraamalla uusien teknologioiden kehittymistä. Pääpaino tutkimuslaitoksen tuesta räjähteiden elinjakson hallinnalle kohdistuu räjähteen hankinnan, käyttönoton, käytön ja käytöstä poiston tukemiseen.

Sotilasräjähteiden elinjaksoa määrittää voimakkaasti räjähdeturvallisuuden asettavat vaatimukset ja velvoitteet ja tästä syystä myös tutkimuslaitoksen panos on pääasiassa räjähdeturvallisuuden varmistamiseen liittyvät tutkimukset ja selvitykset. Alla olevassa kuvassa on havainnollistettu sitä, miten räjähdeturvallisuutta määrittävät tekijät on huomioitava jo hyvin varhaisessa elinjakson vaiheessa.

Ennen hankintapäätöksen tekoa tulee hankittavan räjähteen räjähdysaineen olla kvalifioitu eli todennettu soveltuvaksi aiottuun käyttötarkoitukseen. Räjähteen kemiallinen yhteensopivuus muiden räjähdysaineeseen kontaktissa olevien materiaalin kanssa tulee olla varmistettu ja räjähteen suorituskyvyn tulee olla varmennettu, jotta räjähdde täyttää operatiivisen suunnittelun sille osoittamat vaatimukset. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksella on merkittävä rooli näiden tietojen tuottajana, sillä tutkimuslaitos vastaa niin räjähteiden kvalifointitutkimusten kuin kemiallisen yhteensopivuuden

varmistavien tutkimusten toteuttamisesta ja menetelmien ylläpitämisestä. Myös suorituskyvyn varmistamiseen liittyen tutkimuslaitos tekee sekä käytännön testausta että teoreettista laskentaa.

Hankintapäätöksen jälkeen, ennen varsinaista hankintaa, tulee räjähteelle saada hallintaanottohyväksyntä. Hallintaanottohyväksyntä on edellytys sille, että hankittava räjähdde voidaan ottaa puolustusvoimien haltuun ja puolustusvoimien varastoihin. Hallintaanottohyväksynnän saamiseksi räjähteelle tulee olla määritelty elinjaksoprofiili, joka kuvaa kaikki ne olosuhteet, joissa räjähdettä tullaan käsittelemään koko elinjakson aikana. Näitä ovat muun muassa erilaiset termiset olosuhteet, värinät ja iskut, joille räjähdde altistuu kuljetusten ja käsittelyiden aikana. Elinjaksoprofiilin määrittelyssä tulee huomioida myös erilaisten kuljetustapojen asettamat vaatimukset ja rajoitukset, kuten rautatiekuljetus, merikuljetus, helikopterikuljetus ja niin edelleen sekä niistä aiheutuvat rasitukset. Edellä kuvattuun elinjaksoprofiiliin peilaten tulee suunnitella niin olosuhdetestaukset kuin IM-testaukset, joiden perusteella todennetaan räjähteen selviytyvän elinjakson aikana kokemistaan rasituksista. Olosuhdetestauksessa räjähdettä tarkastellaan kokonaisuutena, jolloin myös sen mekaanisten ja elektronisten rakenteiden tulee säilyä ehjinä ja toimintakuntoisina.

Varsinaisen hankinnan vaatimukset täytettyään, ennen käyttöönottoa, räjähteelle tulee määritellä kunnonvalvonta-ohjelma, jonka tutkimuksilla varmistetaan räjähteen käyttö- ja varastointiturvallisuuden säilyminen koko elinjakson ajan. Käyttöturvallisuuden takaamiseksi räjähteiden käyttö ohjeistetaan varomääräyksin, jotka perustuvat tutkimuksen tuottamaan tietoon räjähteen aiheuttamista sirpale-, paine- ja meluvaikutuksista.

Varomääräyksistä, ohjeistuksesta ja testauksesta huolimatta valitettavasti toisinaan sattuu onnettomuuksia tai virheitöitä, jotka voivat johtaa vakaviinkin seurauksiin. Tutkimuslaitos osallistuu onnettomuus- ja häiriötapausten tutkimukseen ja selvitystyöhön, jotta virheitöihin johtaneet syyt



Massaräjätyskasa Hukkakerossa 2013. (Kuva: Mari-Ella Sairiala.)

voidaan selvittää ja ohjeistaa korjaavat toimenpiteet. Onnettomuuksien ja virheitöiden selvitystyössä räjähteen toiminnan tuntemus on ensiarvoisen tärkeää, jotta tutkimus osataan kohdentaa oikeisiin tekijöihin.

Operatiivisen käyttöön päättyessä ja elinjakson lopussa tulee suorituskyvystä luopumisen vaihe. Räjähteiden osalta mahdollisia luopumisen keinoja ovat räjähteen purkaminen komponenttitasolle ja komponenttitasolla toteutettava kieräytys tai hävittäminen. Toisinaan purkaminen on joko niin työlästä tai vaarallista, että paras tapa räjähteen hävittämiseen on avopoltto tai räjäytys.

Valitusta hävitysmenetelmästä riippumatta on aina tunnettava räjähteen komponenttien kemialliset koostumukset, jotta hävittäminen voidaan toteuttaa sekä ympäristöä säästäten että kustannustehokkaasti. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksella onkin pitkät perinteet hävitykseen menevien tuotteiden purkamisesta ja komponenttien tutkimuksesta. Tämä työ luo tukevaa perustaa myös käytössä olevien räjähteiden toiminnan ymmärtämiselle ja kehittymisen seurannalle.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen suorittaman tutkimuksen lonkerot yltyvät elinjakson kaikkiin vaiheisiin ja luovat merkittävän perustan päätösten tekemiselle, siitä huolimatta, että sen merkitystä ei välttämättä suuremmassa mittakaavassa tunnisteta.

## Kirjoittaja

DI Mari-Ella Sairiala on Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston energia- ja teknologiatutkimusjohtaja



Ruutien kunnonvalvonnan näytteet valmiina analysointiin. (Kuva: Tellervo Vormisto)





# Kemiallinen ja biologinen (CB) kaukohavainnointi

Teknologiaennakkoinnin tarpeisiin on kirjallisuudesta haettu tietoa pitkän etäisyyden päästä kemikaaleja ja biologisia aineita mittaavista laitteista ja niiden teknologioista. Pitkän etäisyyden päästä mittaavalla kaukohavainnointilaitteella voi olla käyttöä tukikohdan tai muun tärkeän alueen ilman jatkuvaan monitorointiin. Tiettyjen vaara-aineiden ilmaantuessa sensorin havaintokenttään laite antaa hälytyksen ja varoittaa toimijoita ajoissa, jolloin nämä pystyvät suojautumaan. Tarjolla olevilla laitteilla ei vielä päästä esimerkiksi kemiallisen laboratorion analyysilaitteiden monipuolisuuteen, herkkyyteen ja spesifisyyteen. Laittevalmistajat pyrkivät laitteiden suorituskyvyn kehittämiseen ja on mahdollista, että 5–20 vuoden kuluessa kaukohavainnointi on yleistä.

Herkkyys ja tunnistuskyky ovat tärkeitä ominaisuuksia tiedusteltaessa kemiallisia taisteluaaineita pitkän etäisyyden päästä. Kemiallisten taisteluaineiden kaukotiedusteluun on pitkään käytetty passiivisia infrapunaspektrometrejä sekä ilma- ja avaruustieteistä lähtöisin olevaa LIDAR:ia (Laser Imaging Detection And Ranging). Varsinkin erilaiset LIDAR-kaukotiedustelusovellukset ovat olleet viime vuosina voimakkaan kehityksen ja tutkimuksen kohteena.

Kemiallisia yhdisteitä voidaan kaukotunnistaa infrapuna-alueella (IR). Kemiallisia aerosoleja ja bioaerosoleja voidaan myös havaita IR-absorptiospektrometrialla. B- ja C-agenssit antavat fluoresenssi- ja Ramanvasteen myös näkyvän valon ja ultravioletialueen herätteellä. Kemiallinen yhdiste absorboi säteilyä ominaisilla aallonpituuksillaan, mutta voi myös sirottaa tai emittoida infrapuna-, Raman- tai fluoresenssisäteilyä. Kaikkia menetelmiä rajoittaa ilmakehän läpäisevyys säteilylle. Ilmakehässä IR-säteilyä absorboivat lähinnä vesihöyry ja hiilidioksidi. Yleensä laitteet toimivat LWIR (Long Wave IR) alueella (7–14  $\mu\text{m}$ ), jossa vesihöyry ja hiilidioksidi eivät absorboi.

## Lasertekniikat

Lyhenteet LIDAR, DIAL, OPO, FM DIAL ja QCL liittyvät kaukohavainnoinnissa sovellettavaan lasertekniikkaan. LIDAR tarkoittaa yleisesti ”valotutkaa”, jolla kohteiden etäisyyksiä voidaan mitata laserpulslien viiveestä. Toinen yleinen selitys lyhenteelle on ”Laser Imaging Detection And Ranging”. DIAL (Differential Absorption LIDAR) viittaa kahden lähekkäisen aallonpituuden käyttöön, joiden vasteita seurataan suhteutettuina ja siten voidaan päätellä jonkin yh-

disteen pitoisuus. Aallonpituudet voidaan tuottaa OPO (optinen parametrinen oskillaattori) laitteella, jonka avulla laserin yhdestä taajuudesta saadaan kaksi matalampaa taajuutta. Ensimmäinen aallonpituus valitaan mitattavan yhdisteen yksilöllisen absorptiopiikin keskialueelta ja toinen aallonpituus absorptiopiikin vierestä tai reunalta, jolloin aallonpituuksien vasteiden suhde muuttuu yhdisteen osuessa säteeseen. FM DIAL viittaa taajuusmodulointiin, jolla voidaan pyyhkäistä kapea aallonpituuskaista. QCL:n eli kvanttikaskadilaserin taajuutta voidaan moduloida siten, että saadaan aikaan jatkuva, 0,5–10 cm<sup>-1</sup> leveä kaista. Kvanttikaskadilaser soveltuu parhaiten kaksi- tai kolmiatomisten kaasujen kapeiden spektriipiikkien mittaamiseen. Kvanttikaskadilaserit tuottavat enemmän tehoa kuin perinteiset puolijohdelaserit. Lisäksi ne toimivat kemikaalien kaukohavaitsemiseen sopivalla keski- tai kaukoinfrapuna-alueella. Eräässä sovelluksessa kvanttikaskadilaserin pyyhkäisy nopeus mitattavan aallonpituusalueen yli on 1–500 Hz, jonka aikana mitataan tuhat vastepistettä.

## Raman ja fluoresenssi

Lasersäteen sirontaan perustuvalla menetelmällä saadaan mitattua kemiallisen yhdisteen yksilöllinen Ramanspektri, jonka perusteella voidaan tehdä tunnistus. Laserin aallonpituus voi olla ultraviolettisäteilyn, näkyvän valon tai infrapuna-alueella. Noin miljoonasosa lasersäteestä siroaa molekyylin sidoksista epäelastisesti eli menettää energiaansa, jolloin aallonpituus pitenee. Sirovassa säteilyssä on siten useita aallonpituuksia riippuen yhdisteen kemiallisista sidoksista. Aallonpituuden pitenemästä lasketaan Ramanspektri, joten sama Ramanspektri voidaan tuottaa monella eri laserin aallonpituudella. Fluoresenssi häiritsee Ramanspektrin mittausta, jos käytetään laseria, jolla on lyhyt aallonpituus (<785 nm). Ramansironnan heikkoudesta johtuen menetelmä soveltuu kemikaalien tunnistamiseen lyhyillä etäisyyksillä metreistä kymmeneen metriin.

Fluoresenssi syntyy, kun molekyylin korkealle energiatilalle virittyneet elektronit palaavat perustilaan ja emittoivat samalla valoa. UVLIF (ultravioletti laserindusoitu fluoresenssi) on menetelmä, jolla voidaan havaita C- ja B-agensseja jopa kilometrien etäisyydeltä. Useimmat C- ja B-agenssit ovat fluoresoivia. Fluoresenssispektrit eivät kuitenkaan aina ole riittävän yksilöllisiä yhdisteiden tunnistamisen kannalta.

Kuvassa vasemmalla Bruker SIGIS 2 skannaava kaasunkuvannuslaite ja oikealla Bruker HI90 hyperspektrikamera. (Kuva: Timo-Jaakko Toivanen)



## Passiivinen infrapunamittaus

Passiivisessa mittauksessa analysaattori mittaa kohteesta saapuvan luonnollisen lämpö- eli infrapunasäteilyn (yleensä noin 7–11  $\mu\text{m}$ ), jolloin kohdetta ei tarvitse valaista säteilylähteellä. Orgaanisten yhdisteiden kuten C-agenssien absorptiiviteetti on korkea käytetyllä keski-infrapuna-alueella eli ne ovat herkästi havaittavissa ja tunnistettavissa. Tunnistus perustuu molekyylien sisäisten sidosten värähtelyille, jonka perusteella saatava spektri on yksilöllinen kuin sormenjälki. Kohteesta saapuvaa infrapunavastetta voidaan mitata yksinkertaisesti siten, että tuloksena saadaan yksi käyrä eli infrapunspektri kuten radiometrillä mitattaessa. Uusimmat laitteet ovat lisäksi kuvantavia eli kohteesta saadaan hyperspektrikuva, jossa jokainen pikseli sisältää spektrikäyrän. Multispektraalikuvaksi kutsutaan kuvaa, jossa on yhdistetty useampia aallonpituusalueita (LWIR, SWIR, NIR).

Yhdysvaltain asevoimilla on ollut kenttäkäytössä 1950-luvulta lähtien passiivisia infrapunspektrometrejä taisteluaineiden kenttätiedusteluun. Mallit olivat vanhimmasta uusimpaan E33 LOPAIR (long-path infrared) remote sensing alarm, E49 LOPAIR, M21 RSCAAL (remote sensing chemical agent alarm), joka mittaa passiivisesti 60 asteen levyisestä kaistasta saapuvaa säteilyä, ja kaista on edelleen jaettu seitsemään osaan. Uusin JLSLSCAD (joint service lightweight standoff chemical agent detector) on vielä ottamatta käyttöön. Laitteella pystytään mittaamaan taisteluaaineita liikkuvasta ajoneuvosta passiivisesti 360° kulmalla viiden kilometrin etäisyydelle.

Laittevalmistaja Bruker on tuonut markkinoille kolme passiivista infrapuna-alueella toimivaa kaukotiedustelulaitetta. Laitteista kaksi on kuvantavia ja kolmas on radiometrin tyyppinen. Kuvantavien laitteiden erona on detektorielementtien määrä. Kehittyneemmässä laitteessa on monielementtinen (CCD) detektori, kun taas yksinkertaisemmassa on yksielementtinen detektori, ja kuvannus saadaan aikaan skannaamalla tutkittava alue pikseli kerrallaan. Tuloksena kummallakin laitteella saadaan videokuva kohteesta ja sen päällä kemikaalin vaste. Laitteet eivät ole valmiiksi ohjelmoituja tutkittavien aineiden suhteen vaan jokaisen tutkittavan aineen spektri on mitattava ohjelmistoon erikseen. Sen jälkeen ohjelmisto pystyy tunnistamaan yhdisteen kohteesta mitatusta spektristä.

Teknologioita verrattaessa on havaittu markkinoilla olevista kaukotiedustelulaitteista nopeimmiksi kuvantava LWIR-hyperspektrikamera Telops, multispektraalikamera Second Sight, kuvantava IR-spektrometri Bruker SIGIS, skannaava IR-spektrometri I-SCAD sekä vastaava PORTHOS ja viimeisenä LIDAR DIAL DD-CWA. Detektori-, spektrometri- ja lasertekniikassa tapahtuu kehitystä, joten lähitulevaisuudessa markkinoilla voi olla paljon useampia ja erikoistuneempia kemikaalien kaukotiedustelulaitteita.

## Kirjoittaja

FL Timo-Jaakko Toivanen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosaston keskuslaboratoriossa

# Informaatiotekniikkaosasto (IOS)



# Teknologiaennakointi

Teknologiaennakointi on noussut keskeiseksi erityisesti 2010-luvulla. Vaikka tulevaisuutta on ennakoitu aiemminkin, nykyajan globaalien verkostojen, toimitusketjujen, kehittyvien teknologioiden, muuttuvan turvallisuusympäristön ja yhä niukkenevien resurssien vuoksi ennakoitityö on tullut yhä tärkeämmäksi.

Teknologiaennakointi tuottaa teknologiaan liittyvää ennakoititietoa päätöksentekijöille ja päätösten valmistelijoille puolustusvoimissa. Ennakointitiedon tuottamisen tulisi olla jatkuvaa, jotta tilannekuva teknologioiden vaikutuksesta maanpuolustukseen voidaan ylläpitää. Strateginen suunnittelu tarvitsee keskeiset perusteet työnsä. Teknologiaennakointi on sidottu puolustusvoimien strategiseen vuosisykliin.

Teknologiaennakointi ei pyri tarkastelemaan teknologiakenttää koko laajuudeltaan vaan pyrkii löytämään maanpuolustuksen kannalta merkityksellisiä ilmiöitä. Ilmiöt voivat olla disruptiivisia tai kriittisiä. Disruptiivisuudella tarkoitetaan mullistavaa vaikutusta puolustukseen, joka ilmenee yleensä epäjatkuvana muutoksena. Disruptiivinen teknologia ei ole välttämättä disruptiivinen sotilaallisen suorituskyvyn kannalta, jos sillä ei ole riittävästi vaikuttavuutta. Kriittisiä teknologioita ovat teknologiat, joiden on oltava puolustusvoimien käytössä strategisten osaamisalueiden hallitsemiseksi, ja joihin liittyy selkeä sotilaallisen suorituskyvyn kehittämistarve.

Teknologiaennakointi tarkastelee varsinaisten teknologioiden lisäksi mm. käyttötapoja, järjestelmiä, menetelmiä, sovelluksia ja käytettävyyttä. Teknologiaennakoinnin 20 vuoden tar-

kastelujakson aikana saattaa tapahtua merkittävää kehitystä. Yksittäisten teknologioiden seurannan lisäksi on tärkeää tarkastella usean teknologian yhdistämisestä aiheutuvia yhteisvaikutuksia. Joidenkin teknologioiden yhdistelmällä järjestelmien toiminnallisuuksiin saatetaan saada disruptiivisia vaikutuksia. Disruptiivisen vaikutuksen mahdollistavat teknologiat saattavat olla jo olemassa, mutta niitä ei välttämättä osata yhdistää innovatiivisesti.

Teknologiaennakoinnin nykyistä muotoa on edeltänyt STAE-työ (Sotatekninen arvio ja ennuste 2025). Teknologiaennakointi pohjautuu edellisen laitoksen perinteeseen, mutta sotilaallisten käyttöperiaatteiden ja ihmisen toimintakyvyn tutkimuksen käynnistäminen Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa tuo uutta näkökulmaa tutkimukseen ja mahdollistaa laajempien ja kokonaisvaltaisten tutkimusten toteuttamisen.

Teknologiaennakointiryhmä on organisoitu Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastolle, mutta ennakoitityötä tehdään kaikilla osastoilla. Teknologiaennakointiryhmä kokoaa asiantuntijaverkostolta arviot teknologioiden ja järjestelmien kehittymisestä tulevaisuudessa. Asiantuntijaverkosto koostuu tutkimuslaitoksen tutkijoista sekä puolustushaarojen, Logistiikkalaitoksen ja Maanpuolustuskorkeakoulun edustajista. Tietoa kootaan myös tiedeyhteisöiltä ja teollisuudesta. Teknologiaennakoinnin tietomassaa kootaan vuosiaikataululla. Ideana on useamman kierroksen aikana suunnata ennakoitavia aiheita edellisten iteraatioiden perusteella. Uusia aiheita nousee esiin ja joitakin on tarkennettava.

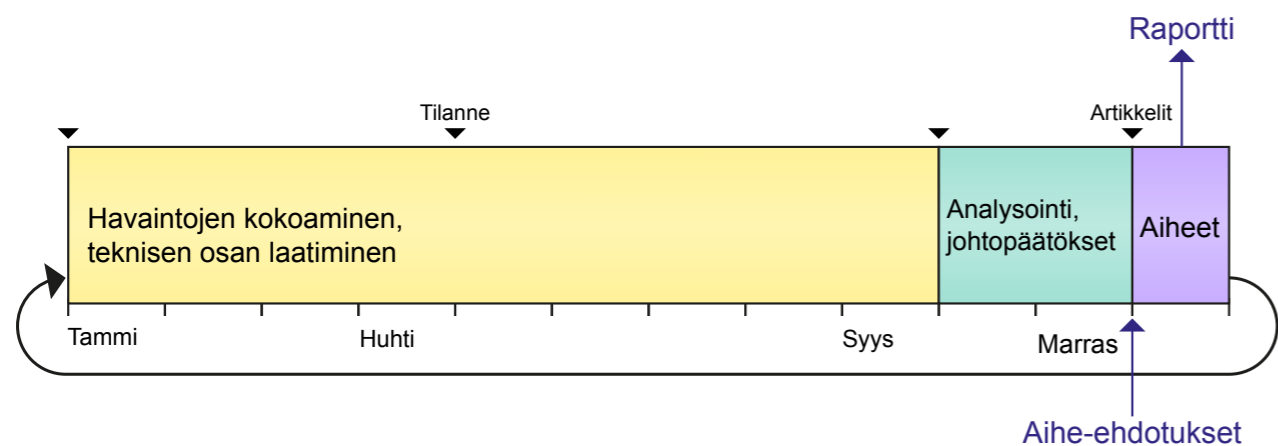
Puolustusvoimien tutkimuslaitos osallistuu kansainvälisiin tutkimuksiin NORDEF:n, EDA:n ja NATO:n työryhmissä. Kansainvälinen yhteistyö on hyödyllistä kaikille osapuolille, koska sen kautta kukin osallistuva maa saa lisää resursseja ennakoitityöhön. Yhteistyössä kehitetään myös ennakoinnin menetelmiä. Muiden tuottamia aineistoja voidaan hyödyntää puolustusvoimien teknologiaennakoitityössä tarkastellen niitä kotimaan puolustuksen kannalta.

Teknologiaennakointi tukee tutkimusalojen oman toiminnan kehittämistä ja suuntaamista kriittisille alueille. Lisäksi työ sisältää teknologioiden kehitysten ja nykyisten sovellusten tietämyksen ylläpidon ja teknologioiden haltuunoton eli uuden teknologia-alan tai innovaation käytännön merkityksen selvittämisen.

Vaikka kaupallisen teknologian hyödyntämisestä sotilasorganisaatioissa puhutaan yhä enemmän, on syytä tunnistaa, että monien tarkasteltavien teknologioiden ennakoinnin kannalta siviili- ja sotilasympäristö poikkeavat merkittävästi toisistaan. Siviilimaailman kehitysasteleita tulee tarkastella kuitenkin sotilasorganisaation näkökulmasta, mikä aiheuttaa omat erityisvaatimuksensa ennakoinnin toteuttamiselle. Tiedemaailma seuraa aktiivisesti Yhdysvalloissa syntyviä innovaatioita ja demonstraattoreita. Useiden teknologioiden tapauksessa käykin niin, että ne tulevat viiveellä myös sotilaspuolelle. Keskeistä on kuitenkin se, että kaikki teknologiat eivät sovellu puolustusvoimien joukoille, järjestelmille eikä Suomen käyttöolosuhteisiin.

Ennakoinnissa voidaan käyttää erilaisia tulevaisuudenkuvia ja niitä arvioivia mittaristoja. Tulevaisuudenkuva voidaan asettaa kolmeen kokonaisuuteen esim. positiivinen, neutraali ja negatiivinen. Toisaalta voidaan puhua paikallaan polkevasta kehityksestä, lineaarisesta kehityksestä ja eksponentiaalisesta kehityksestä. On varauduttava myös taantuvaan kehitykseen. Vaikka taloudelliset mahdollisuudet kehittämiseen olisivatkin olemassa, suomalaista osaamista ei välttämättä tunnusteta ja hyödynnetä oikea-aikaisesti.

Eri tulevaisuudenkuvien arvioinnissa talouden kehittymisellä on keskeinen rooli. Millaisia vaikutuksia energian saatavuuteen ja luonnonvarojen niukkuuteen liittyvillä haasteilla on kokonaisuudelle? Vahva talouskasvu ei välttämättä merkitse eksponentiaalista kasvua teknologioissa, koska lukuisat muut tekijät vaikuttavat teknologian kehittymiseen.



Teknologiaennakoinnin vuosiaikataulu. (Kuva: Adam Hahl)

## Kirjoittajat

Filosofian lisensiaatti Vesa Kuikka toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa johtamisjärjestelmien tutkimusalalla.

DI Marko Suojanen toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa johtamisjärjestelmien tutkimusalalla.

# OHRA – kansainvälisellä yhteistyöllä uutta suorituskykyä

Ohjelmistoradiossa (puolustusvoimissa vakiintunut lyhenne OHRA) se, millainen lähete antennista lähtee taivaalle ja millaisia läheteitä radio pystyy vastaanottamaan, määräytyy radioon ladatusta ohjelmistosta. Ohjelmistoradion on mahdollistanut digitaalisen signaalikäsittelyn komponenttien (muistit, erilaiset prosessorit, FPGA-piirit, A/D- ja D/A-muunnitimet jne.) suorituskyvyn jatkuva kasvaminen.

Idealisessa ohjelmistoradiossa radiosignaali digitalisoidaan lähes suoraan antennista. Ohjelmistoradio rakennetaan kuitenkin hetkellä saatavilla olevien digitaalisen signaalinkäsittelyn komponenttien suorituskyvyn rajoissa. Komponenttitekniologian jatkuvasti kehittyessä päästään lähemmäksi ideaalista ohjelmistoradiota.

Aiemmin sotilasradio oli valmistuessaan rakennettu toimimaan vain tiettytyyppisessä radioverkossa laitteen koko eliniän. Ohjelmistoradio on erilainen. Se voidaan ohjelmoida toimimaan tämän päivän ja tulevaisuuden radioverkoissa vaihtamalla siihen uudentyypistä radioverkkoa tukeva ohjelmisto. Tätä ohjelmistoa kutsutaan aaltomuodoksi.

## OHRA puolustusvoimissa jo lähes 20 vuotta

OHRA-demonstraattori 2000-luvun alussa ja jo sitä ennen aloitettu Tietovuohanke loivat pohjan ohjelmistoradio-osaamiselle niin puolustusvoimissa kuin kotimaisessa tiedeyhteisössä ja teollisuudessa. Tämän jälkeen ohjelmistoradiotekniologiaa on hyödynnetty puolustusvoimien teknologiaohjelmissa. PVTO2007- ja PVTO2010-ohjelmien puitteissa on UAV-ympäristöön (Unmanned Aerial Vehicle) kehitetty MPNDL (Multi-Purpose Networking Data Link), jota voidaan käyttää UAV-järjestelmän komentolinkkinä tai myös täydentämään ja varmentamaan maassa olevaa viestintäverkkoa ilmassa olevana releioivana linkkinä. Toinen esimerkki on parhaillaan käynnissä oleva PVTO2013-ohjelman työpaketti, joka tutkii, määrittää ja demonstroi, miten ohjelmistoradiota hyödyntämällä voidaan lähitulevaisuudessa saavuttaa suurempi datanopeus HF-radiojärjestelmässä.

Syksyllä 2011 puolustusvoimat teki sopimuksen Elektrobitin kanssa taktisen langattoman IP-laajakaistaverkon (LRV) kehittämisestä. Sopimus käsittää taktiseen käyttöön kehitetyn aaltomuotoperheen sekä laitealustat. Taktinen IP-pohjainen runkoverkko muodostetaan linkeillä Point-to-Point ja Point-to-Multipoint. Alemman tason taktisessa verkossa käytetään ad hoc/mesh-verkkotekniologiaa. Pilottisarjan laitteistot

toimitettiin vuoden 2013 alussa, minkä jälkeen on siirrytty sarjatuotantovaiheeseen. Tuotteen kotimaisuus ja ohjelmistoradiototeutus mahdollistavat LRV:n kehittämisen koko sen elinajan aikana.

## ESSOR ja COALWNW – uutta kansainvälistä yhteensopivuutta

Demonstraattorihankkeen päätyttyä Suomi oli saavuttanut ohjelmistoradioalueella sellaisen osaamisen ja tunnettavuuden tason, että olimme haluttu yhteistyökumppani uusissa eurooppalaisissa ja kansainvälisissä ohjelmistoradioon liittyvissä hankkeissa. Siksi Suomi olikin ensimmäisten joukossa mukana, kun Ranska aloitti tunnustelut eurooppalaisen hankkeen käynnistämiseksi. Tavoitteena oli toteuttaa ohjelmistoradiopohjainen koalitioaaltomuoto. Tänä päivänä hanke tunnetaan nimellä ESSOR (European Secure Software Defined Radio), joka on suurin EDA:n (European Defence Agency) koskaan käynnistämä hanke. Osallistujamaita ovat Ranska, Italia, Espanja, Ruotsi, Puola ja Suomi. Rahoitus ESSOR:ssa jakautuu kunkin maan bruttokansantuotteen mukaan – pienikin maa voi näin olla kohtuullisella panoksella mukana uuden kehittämisessä.

ESSOR kehittää yhteisen eurooppalaisen laajakaistaisen aaltomuodon käytettäväksi yhteisissä eurooppalaisissa operaatioissa. ESSOR-yhteisön tavoite on, että NATO ratifioisi ESSOR-aaltomuodon myös omaksi laajakaista-aaltomuodokseen. Lisäksi määritellään eurooppalainen ohjelmistoradio-arkkitehtuuri, joka perustuu USA:n JTRS-hankkeen (Joint Tactical Radio System) määrittelemään SCA-arkkitehtuuriin.

Samoihin aikoihin ESSOR:n kanssa käynnistyi USA:n vetämä aaltomuotohanke, COALWNW (Coalition Wideband Networking Waveform). Hankkeeseen USA kutsui maita, joilla oli tunnustettua osaamista aaltomuotokehityksestä ja ohjelmistoradiotekniikasta ja jotka olivat lisäksi ilmaisseet halunsa yhteistyöhön. Jo päättyneessä ensimmäisessä vaiheessa mukana olivat USA, Iso-Britannia, Saksa, Italia, Ranska, Ruotsi, Suomi ja Australia. Ensimmäisen vaiheen tuotoksia ovat yhdessä laaditut laajakaistaisen koalitioaaltomuodon operatiivinen ja tekninen vaatimusmäärittely.

Parhaillaan on käynnissä hankkeen toinen vaihe eli COALWNW-aaltomuodon hankinta. Uusina maina mukana ovat tulossa Espanja ja Kanada. Hankinnan tavoitteena on löytää kriteerit täyttävä ja tarjolla oleva valmis aaltomuoto



Suomalainen ja ranskalainen radio ESSOR-yhteensopivuustestissä (Kuva: Jari Seppälä)

niin, että valittuun aaltomuotoon on varauduttu tarvittaessa tekemään yhdessä pieniä teknisiä parannuksia. COALWNW- ja ESSOR-aaltomuotojen teknisten vaatimusmäärittelyiden yhdenmukaisuus tekee ESSOR-aaltomuodosta vartenotettavan ehdokkaan COALWNW-prosessissa.

## Tutkimuslaitoksen rooli OHRA:ssa

Jo OHRA-demonstraattorihanketta edeltäneestä tutkimuksesta lähtien on tekninen vastuu ohjelmistoradioasioista ollut tutkimuslaitoksellemme. Mitä tämä on käytännössä tarkoittanut? Edustajat kaikkiin teknisiin ESSOR- ja COALWNW-työryhmiin on asettanut Puolustusvoimien tutkimuslaitos, kuten myös EDA:n ja NATO:n ohjelmistoradioaiheisiin työryhmiin. Tämä on ollut suuri urakka, koska näissä työryhmissä töitä jaetaan maittain ja resurssimme ovat olleet todella alimitoitettut. Kuitenkin töiden on aina pitänyt valmistua määräaikoina, ja jotenkin olemme menneinä vuosina niistä selvinneet.

Mitä kansainvälinen yhteistyö on antanut? Lyhyesti: oppia ja osaamista. Suuret projektit ovat opettaneet, miten tällainen kehitysprojekti mittavine dokumentaatioineen hallitaan. Sisällön osalta oppia on tullut etenkin teknisten vaatimusten johtamisesta operatiivisten vaatimusten pohjalta. Yksityiskohtana voidaan mainita, että tietoturva-asioissa on samassa COALWNW-pöydässä tutkimuslaitoksen asiantuntijan keskustelukumppanina ollut USA:n NSA:n edustaja. On helppo ymmärtää, kuinka paljon uutta on mahdollista oppia, kun on tällaisessa ryhmässä laatimassa tietoturvaan liittyviä dokumentteja.

## Me teimme sen

Tutkimuslaitos on ollut mukana koko matkan ensimmäisistä ohjelmistoradiotutkimuksista siihen hetkeen, kun yhdessä kehitetty eurooppalainen uuden sukupolven, uutta suorituskykyä antava aaltomuoto vuoden 2014 lopussa alkoi toimia Suomessa kehitetyissä ohjelmistoradioalustoissa. Voidaan oikeutetusti sanoa – me teimme sen. Ohjelmistoradio on uusi tapa toteuttaa sotilasradio – aidosti sotilasradioiden uusi teknologiasukupolvi.

ESSOR mahdollistaa eurooppalaisille yrityksille tasapäisen kilpailun yhdysvaltalaisen valmistajien kanssa näillä uuden sukupolven sotilasradiomarkkinoilla. ESSOR-aaltomuoto voidaan jatkossa noutaa vaikka NATO:n aaltomuoto kirjastosta ja suhteellisen pienellä panoksella siirtää kaikkien ESSOR-arkkitehtuuria tukevien radiovalmistajien radioihin. Lisäksi ESSOR-aaltomuoto edustaa suorituskyvyltäänkin uutta sukupolvea.

Kyllä, me teimme sen yhdessä – loimme kansainvälisen yhteistyön kautta uuden sukupolven radiotekniikkaa ja paransimme merkittävästi radiotason yhteensopivuutta yhteisissä operaatioissa.

## Kirjoittajat

Erikoistutkija DI Heikki Rantanen ja tutkija DI Eero Rikkinen toimivat Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa johtamisjärjestelmien tutkimusalalla.



# Tietoverkkosodankäynnin tutkimuksesta

Puolustusvoimien tutkimuslaitokseen perustettiin 1.1.2014 kokonaan uusi tietoverkkosodankäynnin tutkimusala. Tässä artikkelissa esitellään mahdollisia tutkimuskohteita sekä käytettäviä menetelmiä.

Tammikuussa 2013 Turvallisuuskomitea julkaisi ensimmäisen kansallisen kyberturvallisuusstrategian. Strategiassa todetaan, että puolustusvoimille luodaan kokonaisvaltainen kyberpuolustuskyky. Strategian mukaisesti sotilaallinen kyberpuolustuskyky muodostuu

- 1) tiedustelun,
- 2) vaikuttamisen ja
- 3) suojautumisen suorituskyvyistä.

Puolustusvoimien tutkimuslaitokseen perustettiin 2014 alusta lukien kokonaan uusi tietoverkkosodankäynnin tutkimusala osaksi informaatiotekniikkaosastoa. Mitä tällä uudella tutkimusallalla sitten tutkitaan?

## Kyberia vai tietoverkkosodankäyntiä?

Kyberturvallisuusstrategiassa käytetään korostetusti kyberetuliitettä, ja tietoisesti vältetään tietoverkko-käsitteen käyttöä. Sanaa ”kyber” käytetään yhdyssanan määräiteosana, ja sen merkityssisältö liittyy yleensä sähköisessä muodossa olevan informaation (tietojen) käsittelyyn, tietotekniikkaan, sähköiseen viestintään (tiedonsiirtoon) sekä tieto- ja tietokonejärjestelmiin.

Tekniikan sanastokeskuksen mukaan tietoverkolla tarkoitetaan ”tietokoneiden ja niiden välisten tiedonsiirtoyhteyksien sekä näiden molempien avulla tarjottavien palvelujen yhdistelmää”.

Kybersodankäynti on valtiollisen toimijan, hallinnon valtuuttamaa kyberaseiden tarkoituksellista vihamielistä käyttöä:

- suunnitellun kohteen vahingoittamiseksi, häiritsemiseksi tai toiminnan estämiseksi – tilapäisesti tai pysyvästi
- kohdistuen informaatiota luoviin, siirtäviin, vastaanotaviin, varastoiiviin ja käsitteleviin prosesseihin, ihmisiin ja sähköisessä ympäristössä toimiviin järjestelmiin
- osana suunnitelmallista hallinnon toimintaa.

Tässä sodankäynti viittaa siis tekoihin, toimintaan tai tekniikoihin, joita yksi tai useampi sotaikävä osapuoli toteuttaa

valtiollisen toimijan ohjaamana ja hallinnon valtuuttamana. Lisäksi on huomattava, että kyberhyökkäys määrittynyt käytetyn aseiden, ei kohteen mukaan. Kyberhyökkäyksessä voidaan käyttää kyberasetta joko kyber- tai ei-kyberkohdetta vastaan. Tutkimuksen kannalta on kuitenkin tärkeää tunnistaa ainakin tietoverkko- ja kybersodankäynnin määritelmien välinen eroavuus. Tutkimusalan nimessä termiä tietoverkkosodankäynti käytetään samalla tavalla kuin sen yleisintä englanninkielistä käännöstä – Computer Network Operations – tietoverkko-operaatiot. Tällä tarkoitetaan tietoverkkojen kautta tehtyjä toimenpiteitä joiden tarkoituksena on:

- suojata ja valvoa sotilaallisia tietoverkkoja sekä havaita, analysoida ja reagoida niissä esiintyviä asiaankuulumattomia toimintoja (vrt. suojautumisen suorituskyky)
- häiritä, heikentää, keskeyttää, kiistää tai tuhota kohdeympäristöjä (tietokoneita, tietojärjestelmiä ja tietoverkkoja) tai niissä olevia tietoja (vrt. vaikuttamisen suorituskyky)
- tukea ja mahdollistaa operaatioita ja tiedustelua vastustajien tietoverkoista ja järjestelmistä (vrt. tiedustelun suorituskyky).

Samalla huomaamme, että etenkin länsimaaisessa kirjallisuudessa käytetään usein ilmaisua ”operaatiot”, tämä korostaa tietoverkkosodankäynnin toimintatapojen ja tekniikoiden käyttöä kansainvälisen oikeuden määrittelemää sotatilaa alemman asteisissa kriisi- ja konfliktitilanteissa.

Tietoverkko-operaatiot ja sodankäynti ovat, kuten kuvasta 1 ilmenee, siten selkeästi osa sotilaallisesti organisoitua maanpuolustusta ja tietoverkko-operaatiot/sodankäynti liittyvät osaltaan laajempaan koko yhteiskuntaa ja sen kaikkia segmenttejä koskevaan kybersodankäynnin käsitteeseen.

## Mikä on tietoverkkosodankäynnin tutkimuskohde ja tieteenala?

Uutena ilmiönä tietoverkkosodankäynti on runsaan tutkimuksen kohteena lukuisilla eri tieteenaloilla. ”Tieteenalan” keskeneräisyydestä huolimatta eri maiden asevoimat panostavat kuitenkin jo tämän alan suorituskykyjen kehittämiseen. Tietoverkkosodankäynnissä ei suinkaan ole kyse maa-alueiden tai tärkeiden maastonkohtien haltuun ottamisesta, vaan pikemminkin siitä, että haluamme turvata oman tietoverkkojen hyötykäyttömme, jonka vastustaja pyrkii vastaavasti kiistämään. Luonnollisesti vastustaja katsoo tätä asetelmaa toisesta suunnasta. Tällaisessa ”hyötykäyttö-suojamisen-kiistäminen”-asetelmassa Puolustusvoimien tutkimuslaitok-

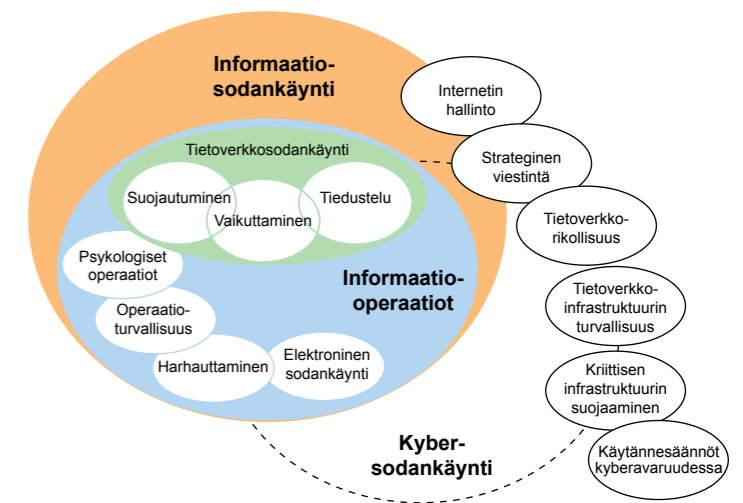
sen uudet tutkimukselliset kyvykkyydet ja erityisesti monialaisuus tukee myös tietoverkkosodankäynnin suorituskykyjen kehittämistä niin doktriinin, henkilöstön, organisoinnin, johtamisen, materiaalin kuin myös teknologioiden tutkimuksen ja asiantuntijapalveluin.

Mutta mihin tieteenalaan tietoverkkosodankäynti kuuluu? Jos seuraamme Tilastokeskuksen tieteenalaluokittelua, voimme pikaisesti arvioida, että ainakin pääluokissa luonnontieteet, tekniikka ja yhteiskuntatieteet on tieteenaloja, jotka merkittäväällä tavalla muodostavat perustan, liittyvät tai tukevat tietoverkkosodankäynnin tutkimusta. Luonnontieteissä näitä aloja ovat esimerkiksi matematiikka, tilastotiede, tietojenkäsittely ja informaatiotieteet. Tekniikan alalla näitä ovat esimerkiksi sähkö-, automaatio- ja tietoliikennetekniikka sekä elektroniikka. Yhteiskuntatieteissä näitä ovat esimerkiksi oikeustiede, sosiaalitieteet, valtio-oppi, hallintotiede sekä media- ja viestintätieteet.

Jokaisella näistä on omat tieteenalan traditionsa, tutkimusmenetelmänsä ja tyypilliset tutkimuskysymyksensä, joten kokonaan uuden tutkimusalan käynnistymisen yhteydessä mielenkiintoinen haaste muodostuu siitä, kuinka kaikkien näiden jo vakiintuneiden tutkimusalojen näkökulmia ja metodologiaa voidaan soveltaa tietoverkkosodankäynnin tutkimuksen tukena, etenkin resurssien ollessa rajallisia. Yksi luonnollinen lähestymistapa voisikin olla tutkimusallalle osoitettavien tutkimusongelmien osittaminen sellaisiin ryhmiin, joista osa on selkeästi toteutettavissa puolustusvoimien sisällä, osa voidaan toteuttaa yhteistyössä yliopistojen, tutkimuslaitosten ja alan yritysten kanssa verkostoitumalla ja osa rajataan kokonaan toimeenpantavan tutkimuksen ulkopuolelle. Tämä myös tukee tutkimusalan perustamisen yhteydessä tehtyä linjavalintaa tutkimusalan nimestä.

Näin ollen kuvan 1 perusteella voidaan ajatella, että huomattava osa kyberrikollisuuteen ja yleiseen kriittisen infrastruktuurin kyberuhkien tutkimukseen liittyvistä kysymyksistä jää tutkimusalan tehtäväkentän ulkopuolelle; olkoonkin että verkostomaiseen toimintamalliin perustuen puolustusvoimat ja siten myös tutkimuslaitos antaa virka-apua ja asiantuntijatueta omien resurssiensa puitteissa.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa jo vakiintuneesti toimiville tutkimusaloille on muodostettu tutkimusryhmiä. Tietoverkkosodankäynnin tutkimusallalla tällaisia ryhmiä ei ole toistaiseksi muodostettu, vaan tutkimusallalle määritetyn laajan ja monitieteisen tutkimuskokonaisuuden hallitsemiseksi tutkimusalan toiminta ositetaan tutkimuslinjoiksi. Tutkimuslinjat ovat nimeltään ja sisällöltään kuvaavia ja jo itsessäänkin monitieteisiä, sekä toistensa kanssa osin limittäisiä. Koska tutkimuslinjat eivät ole tieteellisesti erillisiä, henkilöstöä voidaan käyttää tutkimuslinjojen yli. Toistaiseksi tunnistettuja tutkimuslinjoja ovat:



Kuva 1: Kyber- ja tietoverkkosodankäynnin käsitteet. (Lähde: Klimburg, A; Tirmaa-Klaar, H; European Parliament's Study on Cybersecurity and Cyberpower: Concepts, Conditions and Capabilities for Cooperation for Action within the EU, April 2011)

- haavoittuvuustutkimus
- salaustutkimus
- kyberuhan teknologiaennakointi ja seuranta
- taktisten ympäristöjen kybersietoisuus
- tietoverkkosodankäynti ilmiönä
- tietoverkkovalvonnan menetelmät ja teknologiat
- tietoverkkotilannekuvan muodostamisen menetelmät ja teknologiat
- tietoverkko-operaatioiden operatiivinen suunnittelu ja johtaminen
- tietoverkkotiedustelun menetelmät ja teknologiat
- tietoverkko-vaikuttamisen menetelmät ja teknologiat.

Nykyisten voimavarojen puitteissa on luonnollista, että läheskään kaikkia tutkimuslinjoja ei voida ylläpitää samanaikaisesti. Toisaalta eräät tutkimuslinjat perustuvat jo lähtökohteisestikin verkostomaiseen toimintatapaan, jossa tutkimusta tehdään yhteistoiminnassa niin viranomaisen, tutkimuslaitosten kuin myös yritysten kanssa. Tutkimuslinjojen aktiivisuuteen vaikuttaa keskeisesti puolustusvoimien sisäisten asiakkaiden ilmaisemat tutkimustarpeet. Myös kokonaan uusia tutkimuslinjoja voidaan muodostaa, mikäli tämä on asiakkaiden ilmaiseman tarpeen perusteella tarkoituksenmukaista. Tietoverkkosodankäynnin tutkimusalan toiminta on käynnistynyt odotetusti. Lisääntynyt mielenkiinto aiheeseen tuo mukanaan uusia ja ajankohtaisia tutkimuskysymyksiä, joihin Puolustusvoimien tutkimuslaitos ja tietoverkkosodankäynnin tutkimusala pyrkii vastaamaan.

### Kirjoittaja

Komentaja Topi Tuukkanen palvelee tietoverkkosodankäyntitutkimusalan johtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa.

# Tutkimuksen merkitys sodankäynnissä

**Tämä artikkeli kertoo tutkimuksen merkityksestä sodankäynnissä. Tutkimusta tarvitaan, jotta ei tultaisi yllätetyksi. Tutkimusta tarvitaan, kun tullaan yllätetyksi.**

Tieto on voimaa sodankäynnissä. Sun Tzu tiivisti tämän lauseeseen: ”Tunne itsesi ja tunne vastustajasi, niin voitoksi ei ole vaarassa”. Tietämättömyydestä seuraa yllätyksiä. Niihin joudutaan reagoimaan, mikä sisältää aina suuren riskin. Yllätyksiä ei haluta.

Tiedolta odotetaan, että se on oikeaa, relevanttia ja perusteltua. Tiedon suurin merkitys on ehkä siinä, että sen avulla pystytään ennustamaan, kuten ”kiväärin luoti ei läpäise tätä levyä” tai ”olemme kolmen tunnin päästä perillä”. Sodan aikana on tärkeää, että tiedetään oleellisista asioista enemmän kuin vastustaja. Uuden tiedon luomisessa tieteellinen menetelmä on osittanut voimansa. Se tuottaa laadukasta ja pätevää tietoa erilaisiin tarpeisiin. Tutkijoita ja tiedemiehiä on tarvittu kautta historian sodassa, eikä heidän merkityksensä ole ollut vähäinen, kuten seuraavista esimerkeistä huomataan.

Vuonna 214 eaa. roomalaiset aikoivat valloittaa Syrakusan kaupungin Sisiliassa. Kaupungissa asui tuohon aikaan filosofi Arkhimedes, joka oli myös taitava fyysikko, matemaatikko ja insinööri. Hän osallistui myös kaupunkinsa puolustamiseen, ei ase kädessä, vaan suunnittelemalla puolustuslaitteita. Kerrotaan polttopeleistä, höyrytykeistä ja koukuista, joilla kaadettiin laivoja. Arkhimedes oli roomalaisten kauhu. On epäilty, ettei antiikinaikainen osaaminen ja teknologia olisi riittänyt kaikkien kovin nykyaikaisilta kuulostavien laitteiden valmistamiseen. Vaikka tarinat käsittämättömistä puolustuslaitteista olisivatkin osin myöhempien aikojen seippteitä, niin jotakin erikoista Syrakusan puolustuslaitteissa oli, koska niistä puhutaan edelleen.

Toisesta maailmansodasta voidaan poimia eräs tapahtumien ketju (kuva 1), josta nähdään kuinka sotaa käytiin teknologisen kehityksen eturintamalla. Toisen maailmansodan kuluessa Saksan tutkavalvonnan kyky tuottaa ennakkovaroituksia alkoi heiketä liikaa alati lisääntyvän tutkahäirinnän takia. Ratkaisua ongelmaan esitti Telefunkenin diplomi-insinööri

Wächter. Hän piti mahdollisena, että havaintoja lentokoneista voidaan tehdä pelkästään kuuntelemalla brittien CH-tutkan (Chain Home) lähettämien pulssien maaliikkeitä. Vuonna 1942 aloitettiin Saksassa salainen hanke koodinimeltään Heidelberg. Kiivaan tutkimus- ja kehitystyö tuloksena syntyi suunnitelma maailman ensimmäisestä passiivisesta tutkasta. Se sai kutsumanimen ”Klein Heidelberg” (KH). Aivan salassa hanke ei kuitenkaan pysynyt, sillä brittien tiedustelulla oli jo 1942 havaintoja Heidelberg-hankkeesta. Sitä epäiltiin silloin vain uudeksi HF-tutkaksi.

Työ eteni hämmästyttävän nopeasti. Ensimmäinen KH-tutka aloitti toimintansa joulukuussa 1943 Rotterdamin lähellä. Vaikka KH-tutka oli monessa suhteessa vielä keskeneräinen prototyyppi, niin sillä havaittiin lentokoneita ja laivoja. Se pystyi mittaamaan myös silloin, kun tavallisia tutkia häirittiin. Varsinkin alussa monet keskeneräisyydestä johtuvat lastentaudit heikensivät KH-tutkan operatiivista suorituskykyä. Sen kehitystyö jatkui, vikoja korjattiin ja operaattoreiden taidot paranivat kokemuksen karttuessa. KH-tutka-asemia alettiin rakentaa Ranskan, Belgian ja Hollannin rannikolle. Siitä oli tulossa merkittävä osa Saksan ilmavalvontajärjestelmää.

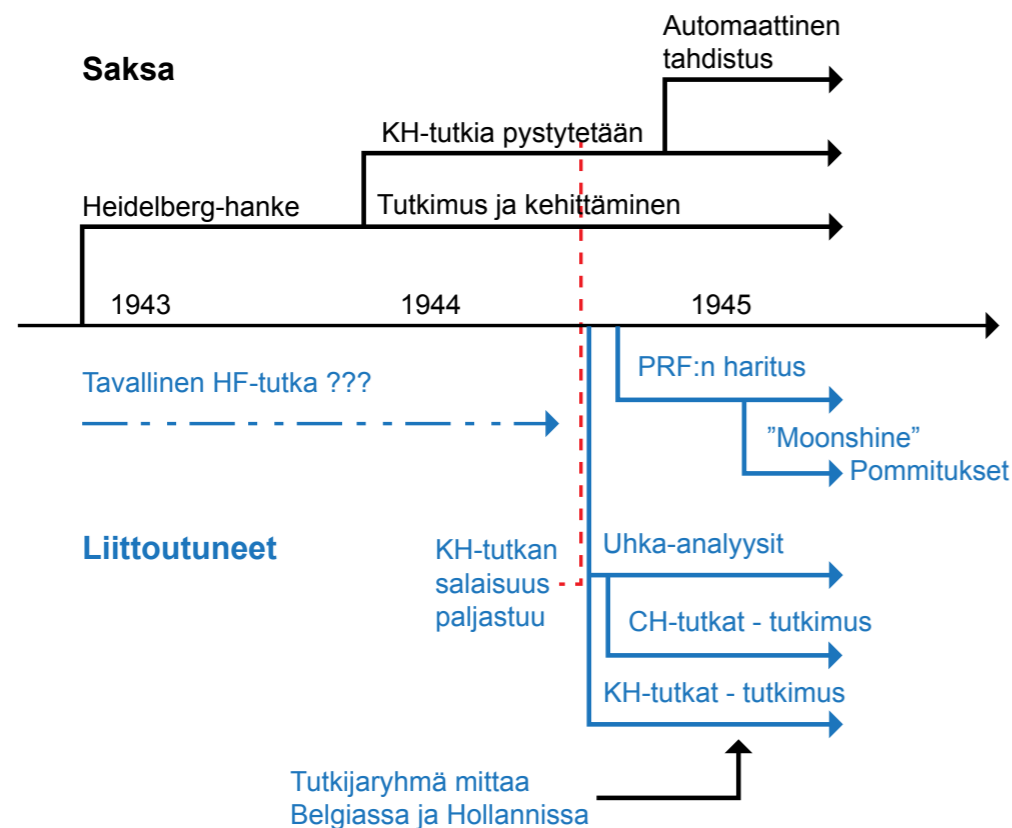
KH-tutkan käyttö pysyi salassa, koska siinä oli vain vastaanotin. Vasta syyskuussa 1944 liittoutuneet saivat siitä yksityiskohtaista tietoa vangitulta tutkaoperaattorilta. Passiivisen KH-tutkan olemassaolo oli liittoutuneille täydellinen yllätys. Sen aiheuttama uhka oli selvitettävä nopeasti. Ilmasotaan liittyvistä tilastoista ei löydetty selviä merkkejä Saksan ilmapuolustuksen tehostumisesta. Teknisen arvion pohjalta KH-tutkan potentiaalinen valvontakyky oli kuitenkin huomioitava operaatiosuunnittelussa. Tiedon hankkimiseksi tutkijoille annettiin tehtäväksi selvittää KH-tutkan toimintaa ja suorituskykyyn liittyviä asioita sekä kehittää sille vastatoimia.

Kuulustelujen pohjalta tiedettiin jo, että KH-tutka oli tahdistettava erittäin tarkasti CH-tutkan pulssintoistotaajuuteen

(RPF). Tahdistaminen tapahtui tuolloin manuaalisesti. Tämä pyrittiin estämään lokakuussa 1944 aloitetulla CH-tutkien PRF:n harituksella. Saksalaiset vastasivat tähän nopeasti kehittämällä automaattisen tahdistuksen, joka mitätöi harituksen vaikutuksen. CH-tutkien lyhytaikaista sammuttamista operaatioiden salaamiseksi tutkittiin, mutta haittoja pidettiin liian suurina. Vuoden 1945 puolella KH-tutkalle pyrittiin luomaan valemaaleja toistamalla CH-pulseja Moonshine-häirintälähettimellä sekä käyttämällä kahta CH-tutkaa samalla taajuudella. KH-tutkia pyrittiin myös paikantamaan ilmakuvista, sitten niiden pommitukset alkoivat.

Vuoden 1945 alussa lähetettiin pieni tutkijaryhmä Hollannin/Belgian rannikolle selvittämään mittauksin KH-tutkan suorituskykyyn liittyviä asioita. Välineinä heillä oli yksinkertainen dipoliantenni, vastaanotin ja oskilloskooppi. Tulosten perusteella voitiin todeta, että lentokoneiden seuraaminen jopa 200 km päästä oli mahdollista. Alkoi olla selvää, että KH-tutkat voisivat muodostaa merkittävän uhan, mutta niiden tarina oli päättymässä. Sota Euroopassa jatkui enää muutamia kuukausia.

Kuten esimerkeistä huomataan, osaamisella ja tutkimuksella on suuri merkitys sodankäynnissä. Sen puuttuminen näkyy heikkona tilannetietoisuutena ja mukautumiskykenä, mikä tulee ajan mittaan esiin heikentyvänä suorituskykenä. Jo rauhanaikana tutkimuksella on luotava osaamis- ja tietopääomaa, jotta se olisi käytettävissä sodanaikana. Sitä on tehtävä laaja-alaisesti, myös sellaista tutkimusta, jonka hyödyllisyys ei ole suoraan nähtävissä. Tutkimustieto voi myös synnyttää sellaista suorituskykyä, joka on yllätys vastustajalle. Eräässä mielessä tutkijoita voi pitää erikoisjoukkojen kaltaisena aselajina.



Kuva 1: Klein Heidelberg -tutkaan liittyviä tapahtumia aikajanalla.

## Kirjoittaja

Tekniikan lisensiaatti Risto Korhonen toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa tiedustelun ja vaikuttamisen radiotaajuuksien järjestelmien tutkimusosalalla.



# Asetekniikkaosasto (ASETOS)

## Tiedustelua pilvien läpi kuvaavalla tutkalla

**Pimeys, pilvet, sade, savu ja sumu haittaavat usein lentokoneesta tai satelliitista käsin suoritettavaa kamerapohjaista tiedustelua. Kuvaavalla tutkalla (SAR-tutka) voidaan näiden esteiden läpi tehdä tarkkaa kuvaa kohteista satojenkin kilometrien päästä. SAR-tekniikka on siten perusteellisesti mullistanut perinteisen ilmasta maahan-tiedustelun ulottumaan ympärivuorokautiseksi ja ympärivuotiseksi toiminnaksi.**

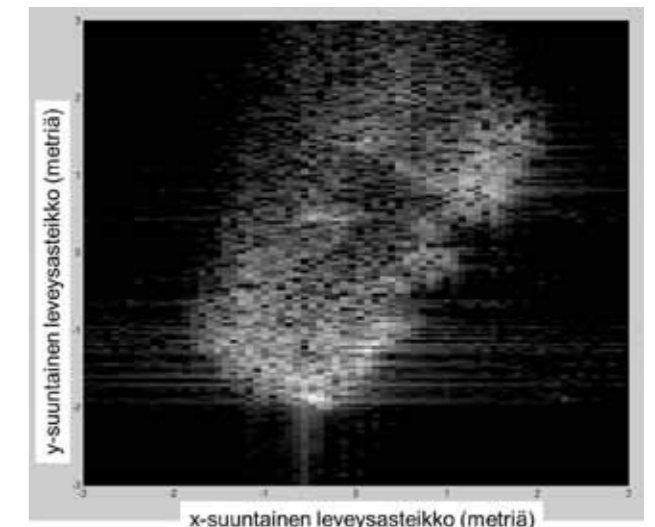
Kuvaavalla tutkalla tarkoitetaan radiotaajuuksilla toimivaa laitteistoa, joka pystyy luomaan valokuvaa muistuttavia ilmakuvia maastosta ja siinä olevista kohteista. SAR-tutka (engl. Synthetic Aperture Radar) on tarkimpaan kuvanlaatuun kykenevä kuvaava tutka. SAR-tutka on erittäin käyttökelpoinen maastotiedustelulaite, koska se pystyy parhaimmillaan erottelukyvyltään senttimetriluokan tiedusteluun pitkienkin matkojen päästä. Lisäksi radioaaltoille on ominaista, että ne läpäisevät pilvet ja sumun lähes vaimentumatta, jolloin kuvaus on mahdollista kaikissa sääolosuhteissa ja myös pimeään aikaan. SAR-kuvia voidaan saada aikaan tutkasensoreilla, jotka on asennettu satelliittiin, miehittämättömään lennokkiin tai lentokoneeseen. Tarkkojen kuvien ottamiseksi on useimilla suurvalloilla käytössä jo useita SAR-satelliitteja. Näitä satelliittitutkia on sekä siviili- että sotilaskäytössä, jälkimmäiset ovat tarkempia kuin siviilitutkat.

SAR-tutkan toiminta perustuu siihen, että tutka lähettää suuren määrän lyhyitä pulsseja kuvattavalle alueelle. Kuvauksen aikana tutka liikkuu lentokoneen tai satelliitin kyydissä, jolloin jokaisen pulssin vastaanotetut vasteet poikkeavat hieman toisistaan. Käyttämällä hyväksi näitä poikkeamia, saadaan sisäänrakennetun tietokoneen avulla laskettua kaksiulotteinen kuva tarkasteltavasta alueesta. Kuvauksen aikana tutka ja siihen kuuluva antenni saattavat liikkua jopa useiden kilometrien matkan. Näin aikaansaadaan keinotekoinen suuri antenni eli ”synteettinen apertuuri”. Tämä tekniikka mahdollistaa suuren tarkkuuden kuvauksessa.

Kuvien tarkkuus riippuu myös käytetystä taajuusalueesta ja kaistanleveydestä. Kuvat poikkeavat näkyvän valon alueella tehdyistä kuvista, koska kirkkaimpana näkyvät sellaiset kohteet ja niiden osat, jotka heijastavat tutkasäteilyä voimakkaimmin (vrt. Kuva 1). Tyypillisesti kirkkaina näkyvät kohteet, jotka ovat metallisia. Myös rakennukset näkyvät usein voimakkaina, koska niissä on suuria tasomaisia pintoja. Kasvillisuus ja puusto eivät näy erityisen kirkkaina kohteina,

koska tutkasäteily voi vaimentua niihin tai sirota toiseen suuntaan. Tietyillä taajuuksilla toimivat SAR-tutkat voivat nähdä myös kasvillisuuden ja puuston läpi, jolloin niiden alle kätkeytetyt kohteet paljastuvat. Kuva-ala voi lentokonepohjaisessa SAR-kuvauksessa olla halkaisijaltaan satoja metrejä tai kilometrejä, satelliittipohjaisessa kuvauksessa jopa kymmeniä kilometrejä.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa häivetekniikan tutkimusalalla tutkitaan SAR-herätteitä ja SAR-tiedustelulta suojautumisen keinoja. SAR-tiedustelulta voidaan suojautua esimerkiksi käyttämällä tutkataajuusalueelle sovitettuja häiveteknisiä menetelmiä sekä harhautusta.



**Kuva 1. SAR-kuva yksittäisestä kohteesta. Kuvan mitta-asteikosta sekä kuvassa näkyvistä yksityiskohtista voidaan päätellä, että kyseessä on henkilöauto. Sotilaallisissa kohteissa voi näkyä merkittävästi enemmän yksityiskohtia. Kuvauksessa käytetty korkea erottelukyky mahdollistaa kohteen tunnistuksen. (Kuvan laskenta: Vesa-Jukka Salminen)**

### Kirjoittaja

Tekniikan tohtori Jouko Haapamaa on häivetekniikan vs. tutkimuslajohtaja Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa.

# Suojan teknologiaohjelma jatkuu uusin eväin

**Puolustusvoimien teknologiaohjelma 2013:n Suoja-hanke jatkaa PTVO2010 Suojassa aloitettua suojan operaatio-analyttistä mallinnustyötä. Uutena keskeisimpänä tutkimuskohteena ovat kuitenkin erilaiset suojauskeino- ja teknologiatyöt. Lisäksi hankkeessa tutkitaan ja kehitetään keinoja biologisilta aseilta suojautumiseen ja niiden vaikutuksesta toipumiseen.**

Vuoden 2013 aikana hankkeessa toteutettiin soveltuvuus-tutkimusvaihe, jonka perusteella puolustusvoimat valitsi jatkoon demonstraatiotyöpaketit. Niiden valinta tehtiin puolustusvoimien tarpeiden ja teknologian soveltuvuuden perusteella. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun Puolustusvoimien teknologiaohjelmassa käytettiin tällaista kaksivaiheista toteutustapaa. Tällöin tutkimus voidaan keskeyttää, jos soveltuvuus-tutkimuksen perusteella ilmenee, että demonstraation toteutukseen liittyy liian suuria riskejä.

Puolustusvoimien teknologiaohjelma 2013:n Suoja-hanke koostuu kolmesta tutkimusprojektista: Toimintakyky elektronisella taistelukentällä, Suojan integrointi ja Bioilmaisu. Lisäksi hanke sisältää kokonaiskoordinoinnin. Suojan toimittavat Patria Aviation Oy:n, Insta DefSec Oy:n, VTT:n, Elektrobitt Oy:n sekä Oulun yliopiston Centre for Wireless Communicationin (CWC) muodostama konsortio. Hankkeen kokonaisarvo yrityksiensä omarahoitusosuus mukaan luettuna on noin 4,3 miljoonaa euroa. Demonstraatiovaihe päättyy vuoden 2016 lopussa.

Toimintakyky elektronisella taistelukentällä -projektissa toteutetaan neljä demonstraattoria. Elektro-optisen sokaisun

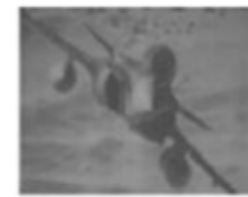
työpaketissa tutkitaan kuvanmuodostavien, optisten hakupäiden harhauttamista laserhäirinnän avulla. Häirintää tarvitaan esimerkiksi silloin, kun vihollinen on ampunut tällaisella hakupäällä varustetun ilmatorjuntaohjuksen lentokoneemme kohden. Ohjus hakeutuu maaliinsa hakupään tuottaman kuvan perusteella käyttäen hyväksi kohteen muotoa ja paikkaa. Häirinnän tavoitteena on ohjata ohjus lentokoneemme ohi. Häirintätilanne vastaa samanlaista sokaisua, joka tapahtuu, kun joku ajaa vastaan pimeällä pitkä valot päällä. Kyseessä on siis omasuojajärjestelmän tutkimus hakeutuvia ohjuksia vastaan. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät häirintäprosessissa ovat keskeisiä häirinnän onnistumisen kannalta ja mitkä ovat niiden raja-arvot.

Häivetekniset materiaalit -työpaketissa tutkitaan hybridirakenteita, joissa yhdistyvät optisen alueen ja tutka-alueen häiveominaisuudet. Optisella alueella häivekeinona käytetään lehtivihreää, joka pyritään siirtämään valmistusprosessissa maaliin. Tällöin kaluston naamiomaali sisältäisi luontaisesti samat heijastusominaisuudet kuin luonnon tausta ja toimisi erinomaisesti esim. hyperspektrikuvaustiedustelua vastaan. Tutka-absorptiomateriaaleja kehitetään mm. anisotrooppisten ilmiöiden avulla. Tällöin materiaalin neliöpaino voidaan pienentää puoleen ilman tutkavaimennuskyvyn heikkenemistä. Käytännössä anisotropia saadaan aikaan litistämällä absorboivat magneettiset partikkelit kaksiuulotteisiksi. Kolmantena tutkittavana kohteena on vaiheistettujen pintojen eli passiivisten antennirakenteiden käyttö. Tällaiset pinnat muokkaavat siihen osunutta tutkasäteilyä ja heijastavat takaisin halutun muotoisen keilan haluttuun suuntaan. Vaiheistettuja pintoja, jotka eivät vaadi ulkoista virtalähdettä, voidaan käyttää myös valesäteilijöinä SAR-tiedustelua vastaan.

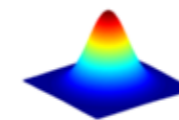
Kahdessa Toimintakyky elektronisella taistelukentällä -projektin työpaketissa tutkitaan suojautumista radiotaajuiselta tiedustelulta ja vaikuttamiselta. RF-monitorointijärjestelmä-työpaketissa selvitetään, miten kaupallisista laitteista voidaan rakentaa hyvin kustannustehokas ratkaisu omien joukkojen tarkkailuun radiotaajuuksilla. Tarkoituksena on estää oman joukon toiminnan tahaton paljastuminen viholliselle. Varmistamme siitä, että radiohiljaisuuden aikana viestivälineem-

**Pakettiauto, jossa Bioilmaisu-projektin kriittisten kohteiden biopuhdistus-demonstraatio toteutetaan. Edessä oikealla rautakaupan tarvikkeista koottu aerosoligeneraattori, jolla vetyperoksidi levitetään. Puhdistustulos varmentetaan tietokoneen ja toimistokaapin sisältä. (Kuva: Puolustusvoimat)**

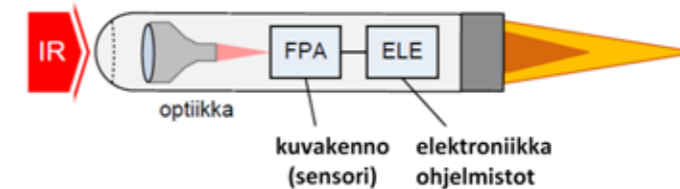
Kohde + tausta



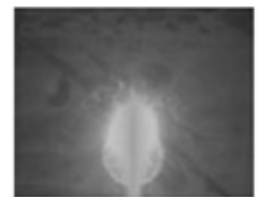
+ Laserhäirintä



Ohjus



Häiritty kuva



**Kaaviokuva ohjuksen hakupään häirintäprosessista ja siihen vaikuttavista keskeisimmistä osajärjestelmistä. (Kuva: Puolustusvoimat)**

me ja tutkamme eivät lähetä tarpeettomia herätteitä, jotka vihollinen voi napata. Tavoitteena on havaita ja paikallistaa yksittäinen lähete sekä muodostaa kokonaiskuva omien joukkojen tuottamista herätteistä.

Rinnakkaisessa työpaketissa tutkitaan, miten ohjelmistoradiopohjaista viestijärjestelmää voitaisiin hyödyntää radiotaajuisen uhkien havaitsemisessa ja paikantamisessa. Uhkina voivat olla vihollisen viestiliikenne tai tienvarsipommien laukausignaali. Lisäksi tutkitaan, miten samalla järjestelmällä voitaisiin häiritä näitä signaaleja, jotta niiden sisältämä tieto ei pääsisi perille. Tällöin sama viestijärjestelmä kykenisi hoitamaan elektronisen sodankäynnin tehtäviä jopa samanaikaisesti, kun sitä käytetään viestitoimintaan. Tällainen kyky on oleellinen nykyaikaisessa liikkuvassa sodankäynnissä.

Suojan integrointi -projektissa sovelletaan PVTO2010 Suojassa kehitettyä suojan analysointimallia alueelliseen logistiikkaverkkoon, joka sisältää myös siviilitoimijoita. Projektissa mallinnetaan ja analysoidaan huoltokomppanian ja -pataljoonan selviytymiskykyä ja suojaamista erilaisissa toimintaympäristöissä ja uhkaskenarioissa. Tavoitteena on löytää huoltokomppanian kriittiset toimijat ja mahdolliset pullonkaulat, jotka haavoituessaan ensimmäisenä rajoittavat joukon tehtävien suorittamista. Analyysi tuottaa myös ehdotuksia kriittisten toimijoiden ja koko joukon suojaamiseksi mahdollisimman kustannustehokkaasti. Demonstraatiovaiheen merkittävimpänä tehtävänä on arviointivälineistön kehittäminen. Arviointivälineistö on varsinainen työkalu, jolla kuvataan tarkasteltavan joukon toimintaympäristö, uhkaskenario sekä itse joukko ja sen toiminta. Lisäksi sillä simuloidaan joukon selviytymiskykyä suojan näkökulmasta ja visualisoidaan saadut tulokset.

Bioilmaisu-projektissa kehitetään tehokas ja turvallinen puhdistusmenetelmä sekä puhdistuksen varmentamisen menetelmä

kriittisten kohteiden puhdistamiseksi mikrobikontaminaatiosta. Kriittisiä kohteita voivat olla esimerkiksi johto- ja viestikontit, jotka sisältävät arvokasta laitteistoa. Tällaiset tilat voivat saastua vihollisen toiminnan tai terroristien lähettämän jauhekirjeen seurauksena. Puhdistusmenetelmän on oltava riittävän tehokas, yleispätevä ja turvallinen. Dekontaminaatioaineen tulee tunkeutua tietokoneiden ja muiden laitteiden sisälle, mutta se ei saa vahingoittaa laitteen elektroniikkaa. Itse dekontaminaatioaine tai sen jäämät eivät myöskään saa olla haitallisia ihmiselle.

Hankkeen jokaisessa projektissa toteutetaan vähintään yksi demonstraatio, jossa toimittaja esittelee työnsä tulokset ja osoittaa teknologian toimivuuden. Demonstraatio voidaan toteuttaa sotaharjoituksen yhteydessä tai aitoja olosuhteita vastaavassa käyttöympäristössä. Demonstraation avulla puolustusvoimat voi tehdä johtopäätökset siitä, soveltuuko teknologia suunniteltuun käyttöön, saavutetaanko sillä haluttu suorituskyky, ja onko se ylipäätään valmista käytettäväksi puolustusvoimien kehittämissuunnitelmissa suorituskykyjen rakentamiseen. Jos jokin teknologia osoittautuu tässä vaiheessa sopimattomaksi syystä tai toisesta, niin puolustusvoimat on säästännyt tutkimuksen avulla merkittävän tukun rahaa.

Tällä hetkellä Suojan tutkimus on hektisimmässä vaiheessa. Ensimmäiset tutkimustulokset näkevät päivänvalon, ja demonstraatio suunnitelmat alkavat hahmottua. PVTO2013 Suojassa saavutettuihin konkreettisiin tuloksiin palataan myöhemmin hankkeen loppupuolella.

## Kirjoittaja

Filosofian tohtori Timo Kaurila työskentelee Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa johtavana tutkijana.





# Kokemuksia Euroopan puolustusvirastosta

Euroopan puolustusvirasto (European Defence Agency, EDA) on Euroopan unionin neuvoston alainen virasto, jonka tehtävänä on tukea jäsenmaita ja neuvostoa niiden pyrkiessä parantamaan sotilaallisia suorituskykyjään. Tässä kannattaa huomata monesta Brysselin virastosta poikkeava asiakasläh- töinen missio: tavoitteena on auttaa yhteistyöstä kiinnostu- neita jäsenmaita saavuttamaan tavoitteensa tehokkaammin, eikä sanella jäsenmaille, mitä niiden tulee tehdä. Käytännössä yhteistyötä tehdään neljällä alalla:

1. yhteisten suorituskykyvaatimusten laatiminen
2. yhteistyöprojektit ja -ohjelmat teknologian kehittämi- seksi
3. yhteiset kehittämis- ja hankintaprojektit
4. puolustusteollisuuden toimintaedellytysten parantami- nen ja puolustusmarkkinoiden kehittäminen.

EDA on pieni virasto, henkilökunnan määrä on noin 120, ja sen budjetti on suuruusluokkaa 30 miljoonaa euroa. Pääosa budjetista menee toiminnan käytännön pyörittämiseen, mut- ta 5–8 miljoonaa euroa kohdennetaan erilaisiin selvitystöihin, joiden tavoitteena on tukea uusien projektien käynnistymistä luomalla yhteinen näkemys tutkittavan alan tulevaisuuden prioriteeteista. Selvitystöiden raportit ovat kaikkein jäsenmai- den käytettävissä ilman erillistä korvausta.

Tutkimuspuolella EDA tarjoaa oleellisesti paikan hakea kumppaneita uusiin projekteihin ja vakiintuneet sopimus- mallit sekä maiden väliseen projektisopimukseen että teol- lisuuden kanssa tehtäviin sopimuksiin, jotka EDA solmii osallistuvien maiden puolesta niiden valtuuttamana. Mo- tivaationa yhteistyöhön jäsenmaille on kustannusedut sekä mahdollisuus hyödyntää osaamista, jota kotimaasta ei löydy. Yritykset puolestaan pystyvät yhteistyön kautta tarjoamaan parempaa palvelua kotimaisille asiakkailleen samaan hintaan ja samalla verkottumaan uusiin kumppaneihin. Uusien pro- jektien haastavin vaihe on löytää maat, jotka ovat kiinnostu- neita samoista aiheista samaan aikaan, ja joiden kansallisesti

suunnittelema rahoitus olisi synkronoitavissa yhteiseen pro- jektiin. Viime vuosina työ on muuttunut entistäkin haasta- vammaksi, kun yllättävät budjettileikkaukset saattavat sotkea valmistelutyöt viime hetkillä. Lisäksi jäsenmaat haluavat edel- leen tehdä kansallisen päätöksen yhteistyöprojektiin osallistu- misesta tyypillisesti ministeritasolla, mikä lisää tarpeettomasti valmistelun byrokratiaa.

EDA:ssa ei ole pysyviä tehtäviä edellä mainitun asiakasläh- töisyyden turvaamiseksi. Henkilöstö on joko määräaikaista EU:n työntekijöitä tai lähetettyjä asiantuntijoita, joiden palkan maksaa oman maan puolustushallinto, mutta joille EDA maksaa päivärahat. Maksimissaan EDA:ssa voi ol- la määräaikaisena työntekijänä kuusi vuotta ja lähetettynä asiantuntijana neljä vuotta. Itse olin ensin kuusi kuukautta lähetettynä asiantuntijana valmistelemassa Joukkojen suo- ja -ohjelmaa (Force Protection) vuonna 2007, ja seuraava- na vuonna palasin Brysseliin määräaikaiseksi työntekijäksi kuudeksi vuodeksi.

Työni liittyi tutkimusprojektien kehittämiseen ensin elektro- optiikan ja sitten merellisten suorituskykyjen alueella, kahden merkittävän tutkimusohjelman vetämiseen ohjelmapäällik- könä ja yhteistyöprosessien kehittämiseen osana EDA:n tutkimus- ja teknologiastrategiaa. Ensimmäinen vetämäni ohjelma oli Innovative Concepts and Emerging Technolo- gies (ICET, 11 osallistuvaa maata, 12 projektia, kokonaisarvo 19 miljoonaa euroa), joka nimensä mukaisesti keskittyi vielä kehitteillä oleviin, mutta sotilaallisten sovellusten kannalta lupaaviin teknologioihin. Toinen ohjelma oli puolestaan miehittämättömiä merivoimien järjestelmiä käsittelevä Un- manned Maritime Systems (UMS, 11 osallistujamaata, 11 projektia ja yhteisarvo 56 miljoonaa euroa). Osallistujamai- den asiantuntijat vastaavat projektien teknisestä ohjauksesta ja tulosten arvioinnista, joten EDA:n työssä korostuu projek- tien hallinnollinen ja taloudellinen osuus mukaan lukien apu sopimusehtojen tulkinnassa. Projektien valmisteluvaiheessa tarvitaan puolestaan aiheen substanssiosaamista ja ainakin sopimus- ja immateriaalioikeuden perusteiden tuntemusta.

Kokemus huutosakin johtamisesta auttaisi luomaan uutta in- nostusta, kun kotimaan budjettileikkauksista masentuneet kansalliset edustajat alkavat kääntää valmistelukokousta ryh- mäterapiasessiksi.

Parasta EDA:ssa työskentelyssä ovat Euroopan eri puolilta tulevat kollegat, joilla on myös hyvin erilaisia taustoja kuten puolustushallinto, yritykset tai Euroopan Unionin instituuti- ot. Moninaisuus luo pohjan innostavalle työympäristölle ja avaa silmiä uusille mahdollisuuksille. Toisaalta se on myös laitoksen johdolle haaste: alati muuttuvassa ympäristössä ei ole helppoa saada henkilöstöä kulkemaan samaan suuntaan, ja eri osastojen väliseen toiminnan koordinointiin joudutaan panostamaan erityisesti. Puolustusvoimien asianhallinta- ja SAP-järjestelmään tottuneelle EDA:n hallinnollinen byrokra- tia tuntuu kevyeltä, ja pienen alkujärkytyksen jälkeen huo- maa, että julkinen virasto voi toimia jopa ilman kirjaamaa.

Enimmillään EDA:ssa oli seitsemän suomalaista, mutta tällä hetkellä vain yksi. Työntekijät valitaan avoimen haun kautta ilman maakiintiöitä, joskin tavoitteena on alueellinen tasa- paino. Lähetettyjen työntekijöiden tehtäviin on usein vaikea löytää sponsoria, mutta EU-tehtäviin hakijoiden määrä vaihtelee kolmestakymmenestä kahteensataan. Tällaiseen tehtävään käytännössä vaaditaan aikaisempaa kokemusta kansainvälisestä yhteistyöstä EDA:n, NATO:n tai Euroopan komission puitteissa, eikä puolustusministerien allekirjoit- tamat suositukset ole harvinaisia keskitason tehtävissäkään. Hyvän englannin taidon lisäksi ranska on hyödyllinen, ja esimiestehtävissä ranskan minimitalo on viime aikoina ollut jopa kelpoisuusvaatimuksena.

Työpäivät venyvät usein pitkiksi, ja monelle ulkomaalaiselle työntekijälle kosketus belgialaiseen arkeen rajoittuu ilman sujuvaa ranskan tai flaamin taitoa suklaaseen, simpukoihin ja liikenneuhkiin. Käytännön asioiden hoito Belgiassa on aina vähän monimutkaisempaa kuin Suomessa ja palatessa on virkistävää huomata, ettei muuttoluonnon tekeminen vaadi poliisin ennalta ilmoittamatonta tarkastuskäyntiä, ve- roilmoituksen täyttö sujuu ilman 135-sivuista perusohjetta ja asunnon vuokraus onnistuu ilman 35-sivuista ja 350 euroa maksavaa tarkastusraporttia.



Jari Hartikainen yhdessä merivoimien yhteishankintaprojekteista vastanneen kollegan Bart Stoelingan (vasemmalla) kanssa. (Kuva: EDA:n arkisto)

## Kirjoittaja

Professori Jari Hartikainen on Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosaston johtaja. Vuosina 2008–2014 hän toimi teknologiapäällikkönä Euroopan puolustusvirastossa Brysselissä.

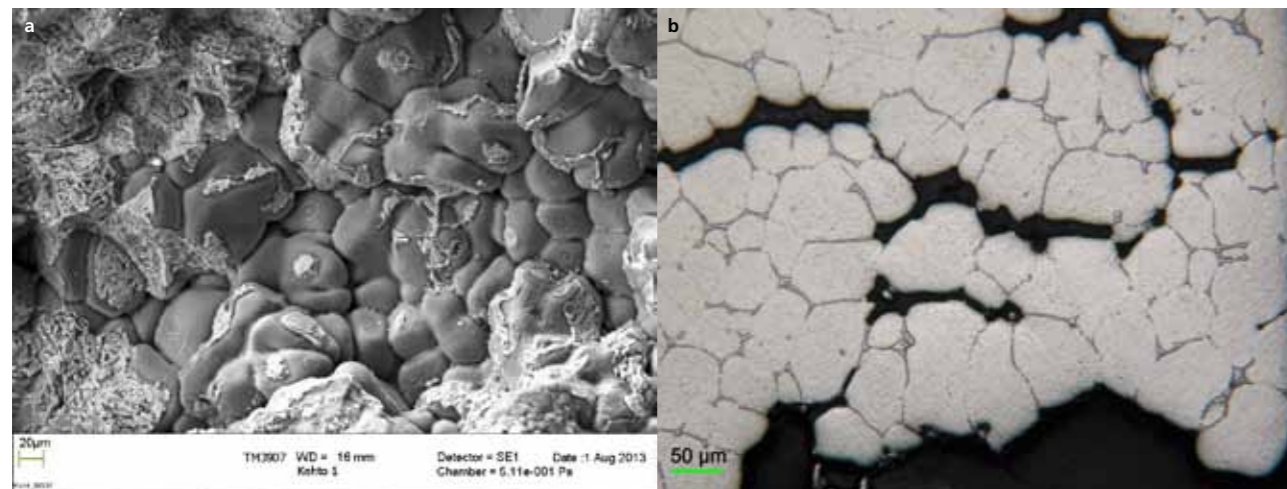
# Vauriotutkimuksista tukea suorituskykyyn – sotavarusteiden vaurioiden syyt selville

PVTUTKL tukee suorituskykyjen ylläpitoa selvittämällä sotavarusteissa esiintyvien häiriötilanteiden syitä. Osa näistä selvityksistä on perinteisten ase-, ampumatarvikke- ja ajoneuvokonstruktioiden vauriotutkimuksia. Niitä tehdään, jotta vauriotapauksen aiheuttaja tiedettäisiin ja vaurioiden toistuminen voitaisiin mahdollisesti välttää.

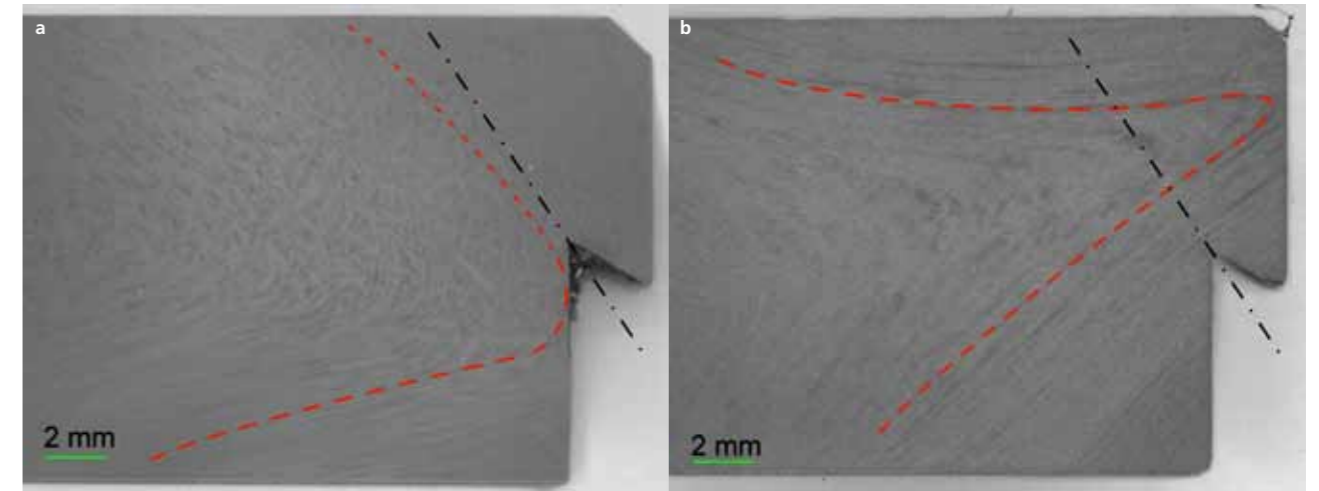
Yleensä mekaaniset konstruktiot suunnitellaan kestämään käyttönsä vaatimat rasitukset. Tämä pätee ainakin voimakkaasti kuormitettuihin rakenteisiin sekä siviili- että sotilaskäytössä. Suunnittelussa pyritään ottamaan huomioon materiaalien ominaisuudet ja valmistustekniikat niin, että riittävä lujuus ja kestävyys saavutetaan.

Konstruktioiden luotettavuutta voidaan pitää oleellisena vaatimuksena erityisesti sotavarusteissa. Siitä huolimatta niillä on jonkin verran alttiutta vaurioitumiseen.

Sotavarusteisiin kohdistuvat kuormitukset voivat normaalikäytössä olla absoluuttisesti suuria. Sen vuoksi niissä käytettäviltä materiaaleilta vaaditaan paljon. Vaadittujen ominaisuuksien saavuttaminen voi kuitenkin olla vaikeaa, ja joissakin yksityiskohdissa ne saattavat olla riittämättömiä. Myös kuormitushuippuja on vaikea ennustaa kaikissa yksityiskohdissa tarkasti. Jos todellinen rasitus on vielä oletettua voimakkaampaa, se voi johtaa paikalliseen ylikuormittumiseen ja tuotteen vaurioitumiseen.



Kuva 1. Mikrokatistumia ampumalaitteen valetussa Mg-seoksessa. a) Murtopintaa, jossa raerajafaasi puuttuu mikrokatistuman kohdalta. b) Halkileikkaus, jossa säröiksi yhtyneitä mikrokatistumia. (Kuva: Timo Erkkilä)



Kuva 2. Teräksen muokkauslinjat tykin osan halkileikkauksessa. a) Varaosa. Muokkauslinja (pun) kääntyy uran jatkeen suuntaiseksi (musta) b) Alkuperäinen osa. Muokkauslinja jatkuu uran pohjan yli. (Kuva: Timo Erkkilä)

Esimerkkinä tämän tyyppisestä tapauksesta on magnesiumvaluseoksesta valmistettu ampumalaite, joka oli tutkittavana 2013–14 vaihteessa. Sen runko-osa oli murtunut kohdasta, johon konstruktion muotoilu aiheuttaa jännityskeskittymän. Samassa kohdassa todettiin materiaalin rakenteessa mikrokatistumia. Rakennetta kuormitettaessa ne olivat yhtyneet säröiksi (kuva 1). Vaikka mikrokatistumat heikentävät lujuutta, niiden täydellinen välttäminen on magnesiumvaluissa vaikeata. Paikallisesti esiintyvinä niitä ei voi pitää selvänä materiaalivikana. Mikrokatistumien ja epäedullisen muotoilun lisäksi murtuneessa runko-osassa oli myös kovan kuormituksen jättämiä jälkiä.

Selvät materiaali- ja muotoiluviat eivät ole muutenkaan kovin yleisiä. Enemmän esiintyy tuotteiden valmistukseen liittyviä epäkohtia, kuten hitsausvirheitä. Vuoden 2014 aikana on ollut tutkittavana erään merivoimien käyttämän aluksen impelleri, jonka kaksi lapaa oli murtunut kokonaan irti ja loput lapat olivat säröytyneet. Impelleri oli valmistettu hitsaamalla ruostumattomasta teräksestä. Murtuneiden lapojen hitsausliitokset todettiin osittain vajaiksi, ja sen lisäksi hitsiaineessa oli kuumahalkeamia. Molemmat tulkitaan hitsausvirheiksi. Kuumahalkeamat ulottuivat lapojen pintaan ja kantavaa poikkileikkausta oli vähän. Se osuus oli murtunut pääosin väsymällä.

Tarvikeosat ovat autoissa yleensä alkuperäisiä osia huonommassa maineessa. Sama pätee toisinaan myös aseisiin. Varaosana hankitussa tykin palauttimen osassa oli pari

vuotta sitten esiintynyt murtumia. Laippamaisen osan halkileikkauksesta oli nähtävissä, että teräksen muokkauslinjat olivat taonnassa muodostuneet epäedullisiksi. Linjat kääntyivät laipan reunaan koneistetun teräväpohjaisen uran suuntaisiksi. Muokkauslinjan suunnassa materiaalin sitkeys on huono, ja laippa oli murtunut uran pohjasta lähtien (kuva 2a). Alkuperäisessä osassa ura joutuu katkaisemaan muokkauslinjoja, ja laipan reuna kestää paremmin (kuva 2b).

Konstruktion normaalista poikkeava toiminta tai vika voi aseissa ja ampumatarvikkeissa johtaa huomattaviin ylikuormitukseen ja vaurioihin. Tällainen tilanne saattaa olla vaarallinen myös aseiden käyttäjälle. Tapaukset ovat tutkinnallisesti hankalia, koska olennainen osa materiaalista on usein tuhoutunut ja hävinnyt. Vaurioita pyritään selvittämään jäljittelevillä kokeilla ja ampumatarvikkeiden rakennetutkimuksilla. Vuosien 2013–14 aikana PVTUTKL:ssa on ollut tutkittavana asevaurio, josta on tehty jäljittelevä koeammunta. Tutkimuksen sisällöstä ja tuloksista voidaan tiedottaa työn päättyttyä.

## Kirjoittaja

Dipl.ins. Timo Erkkilä toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa asejärjestelmien tutkimusosalalla.



# Ohjusten herätteitä mittaamassa Ruotsissa

Ruotsissa Vidselissä järjestettiin kansainvälinen tapahtuma, jonka tarkoituksena oli testata ohjusvaroittimia, ohjusten laser-häirintälaitteita, sekä mitata ohjusten herätteitä. PVTUTKL osallistui tapahtumaan neljän henkilön ryhmällä.

SALT II (Surface to Air Launch II) -testi oli alun perin Ruotsin kansallinen testi, joka päätettiin laajentaa kansainväliseksi kutsumalla mukaan NATO:n omasuojatyöryhmän (ACG3-SG2) jäsenet. Testiin osallistui lopulta 13 maasta yli 160 henkilöä, jotka muodostivat 22 mittausryhmää. Erilaisia mittauslaitteita tai testattavia järjestelmiä oli paikalla yli 140. Testi järjestettiin Pohjois-Ruotsissa napapiirin tuntumas-

sa Vidselissä. Testialue käsittää 10 000 km<sup>2</sup> suljettua ilma-aluetta ja 3300 km<sup>2</sup> suljettua maa-aluetta. Ruotsalaiset ylpeilevätkin kyseessä olevan Euroopan suurimman maatesialueen. Vidselissä sijaitsee lisäksi lentokenttä, mikä helpotti ulkomaisten osallistujien logistiikkaa huomattavasti. Testin järjestelyistä vastasivat Ruotsin puolustuslaitos FOI ja Ruotsin puolustusvoimien materiaalilaitos FMV.

Ohjukset ammuttiin teollisuusrobotista. Maalina käytettiin tavallisia keittölevyjä, jotka oli asennettu mastoon noin 4 km etäisyydelle. Ohjusten lentorata pystytettiin tallentamaan tutki-

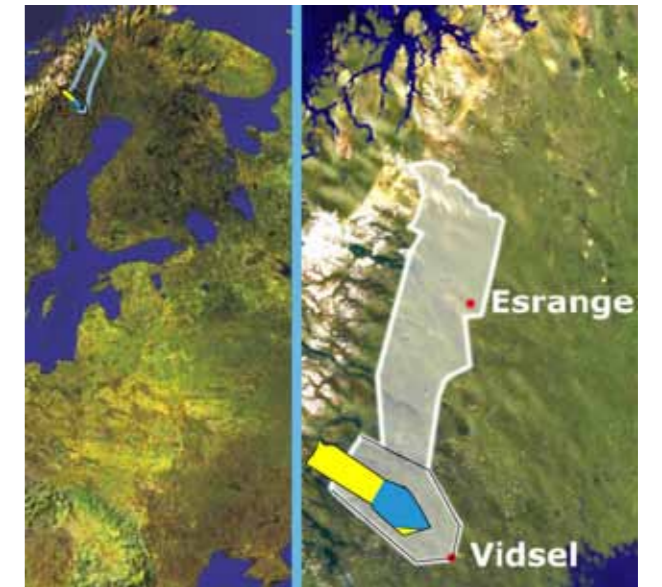


Ohjus on juuri osumassa maaliin. Savuvanan alapuolella olevat kontit tarjosivat sirpalesuojan mittalaitteiden tallennustietokoneille. Itse mittalaitteet oli sijoitettu konttien edustalle, rohkeimpien laitteet maalin taakse ja jopa mastoon sen etupuolelle. PVTUTKL:n käyttämä mittausasema sijaitsee kuvan oikeassa alareunassa suhteellisen turvallisessa paikassa – ainakin tässä kyseisessä laukauksessa. (Kuva: Mikael Hansson)

maalin väliselle alueelle oli valmisteltu mittausasemia, joille ryhmät sijoittivat mittalaitteensa omien tarpeidensa mukaisesti. Lisäksi joitakin mittausasemia sijaitsi maalin takana ja sivuilla. Aikaisempien kokemusten perusteella isännät tiesivät kertoa, että osa ohjuksista tulisi harhautumaan maalista ja osuaan lähelle mittausasemia, mikä asetti oman haasteensa mittausaseman valinnalle.

Tiukasta aikataulusta ja pitkistä päivistä huolimatta testi sujui hyvässä yhteishengessä. Näin laajaan ja vaativaan testiin aina kuuluvista käytännön ongelmista ja väistämättömistä teknisistä murheista selvitettiin hurtilla huumorilla ja hyvällä yhteistyöllä. Kaikille osallistujille kävi myös selväksi kansainvälisen yhteistyön voima – yksikään maa ei olisi yksinään pystynyt järjestämään yhtä mittavaa ja täydellistä testiä. Tieteellisten mittalaitteiden tulokset jaetaan kaikkien osallistujien kesken, operatiivisten ja kehitteillä olevien järjestelmien osalta tulosten mahdollinen jakaminen on kunkin maan omassa harkinnassa. Tulokset tullaan tallentamaan myös NATO:n rakenteilla olevaan uhkatietokantaan. PVTUTKL:n omat mittaukset onnistuivat erinomaisesti sekä tieteellisten mittalaitteiden että operatiivisten järjestelmien osalta.

Kaiken kaikkiaan testi oli erittäin onnistunut, minkä rohkaisemina ruotsalaiset ovatkin jo aloittaneet SALT III -testin suunnittelun.



Vidselin testialueen sijainti. Ohjustestit järjestettiin oikeanpuoleisen kuvapaneelin siniseksi merkityllä alueella. (Kuva: Mikael Hansson)



Ryhmäkuva testin osallistujista. FOI ACG3-SG2: Air Force Armaments Group Aerospace Capability Group 3 On Survivability Sub-Group 2 On EW Self-Protection Measures For Joint Services Airborne Assets (Kuva: Mikael Hansson)

## Kirjoittaja

Filosofian tohtori Jarkko Mursu toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa asejärjestelmien tutkimusalalla.



# Hyperspektritekнологia

Tavallisen kameran tallentama kuva muodostuu kolmen melko laajan aallonpituuskaistan informaatiosta, kun taas hyperspektrikameran kuvassa on jopa satoja kapeita kaistoja. Hyperspektrikameran voi yksinkertaisimmillaan rakentaa tavallisen kameran ja aallonpituuden valikoivan säädettävän suotimen avulla. Hyvä suorituskyky edellyttää kuitenkin tarkempaa suunnittelua ja optisten komponenttien tuntemusta. Tallennettavan tiedon määrä on satakertainen tavallisiin kameroihin nähden, koska kolmen värin sijasta tallennetaan satojen värien informaatio. Kuva 1 havainnollistaa erilaisten kamerakuvien sisältämää informaatiota.

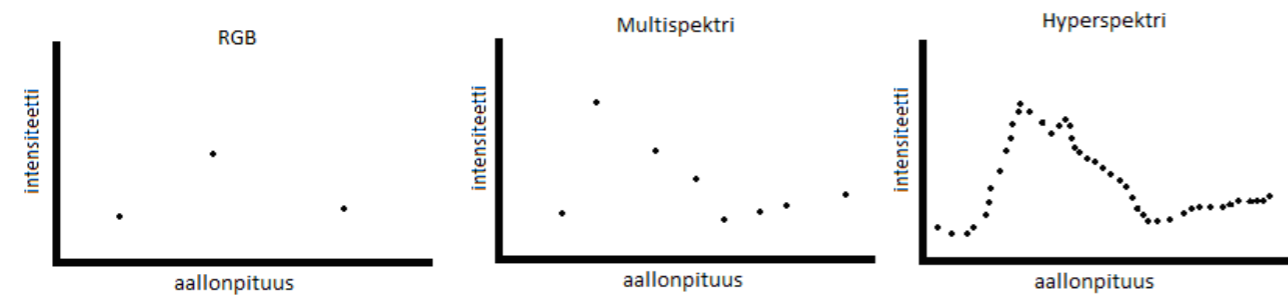
Hyperspektrikuvan jokainen kuva-alkio sisältää jatkuvan spektrin, mikä mahdollistaa kuvattujen alueiden tarkan analysoinnin. Jokaisella materiaalilla on sille ominainen spektri. Hyperspektrikuvausjärjestelmiä toimii aallonpituusalueella 0,3–14 µm, joka kattaa sähkömagneettisen spektrin ultravioletti-, näkyvän valon ja lähi-infrapuna-alueen sekä termisen infrapunon eli lämpöalueen molemmat ns. läpäisyikkunat. Yksittäisen hyperspektrikameran toiminta-alue voi kattaa yhden tai useamman em. aallonpituusalueista.

Hyperspektrikuvien analysointiin käytetään erilaisia algoritmeja. Algoritmeilla voidaan etsiä kuvasta tunnetun spekt-

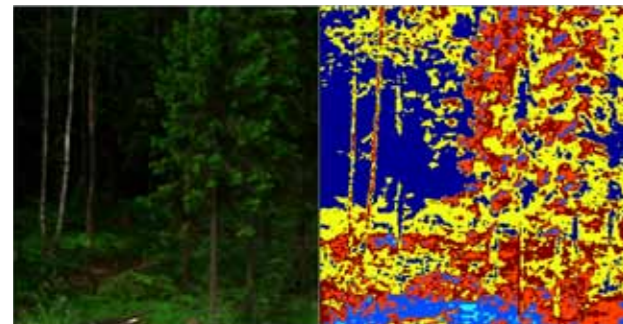
rin omaavia aineita tai ns. anomalioita eli ympäristöstään poikkeavia kohtia. Parhaimmillaan algoritmien avulla voidaan määrittää hyperspektrikuvasta esimerkiksi peruskallion sisältämien kivilajien tai metsän eri puulajien osuudet sekä kasvillisuuden terveydentila. Kuvan 2 alueet on jaettu kuuden ominaispektrin mukaan.

Hyperspektrikuvauksen sotilassovelluksia ovat esimerkiksi maastoutettujen ja naamioitujen kohteiden havaitseminen tunnetun tai ympäristöstä poikkeavan spektrin perusteella, taistelukaasujen havaitseminen, miinojen ja IED:ien (Improved Explosive Device) havaitseminen ja kaukokartoitus. Siviilisovelluksia ovat aineiden kemiallisen koostumuksen määrittäminen, laaduntarkkailu, maaperäanalyysi, mineraalien etsintä, maatalouden valvonta, sadon arviointi, peltojen lannoituksen suunnittelu, hedelmien kypsytyksen määrittäminen, kasvitautien havaitseminen, ilmakehän koostumuksen mittaus ja korjauksien tekeminen ilmakehään.

PVTUTKL:n kolmella hyperspektrikameralla voidaan kentällä ja laboratoriossa kuvata 400–2500 nm aallonpituusalue. Hyperspektrikuvauksen avulla todennetaan hankittavien puolustusmateriaalien vaatimustenmukaisuutta ja arvioidaan hyperspektritiedustelun mahdollisuuksia.



Kuva 1: Väri-, multispektri- ja hyperspektrikameralla otetun kuvan yhden pikselin eli kuva-alkion sisältämän spektritiedon vertailu. (Kuva: Ilkka Rajakallio)



Kuva 2: Kuvattun alueen jakaminen materiaalien ominaispektrien mukaan. (Kuva: Ilkka Rajakallio)

## Kirjoittajat

Diplomi-insinööri Ilkka Rajakallio toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa häivetekniikan tutkimusalalla.

Filosofian maisteri Tiina Niinimäki-Heikkilä toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa häivetekniikan tutkimusalalla.

# Toimintakykyosasto (TOKYOS)

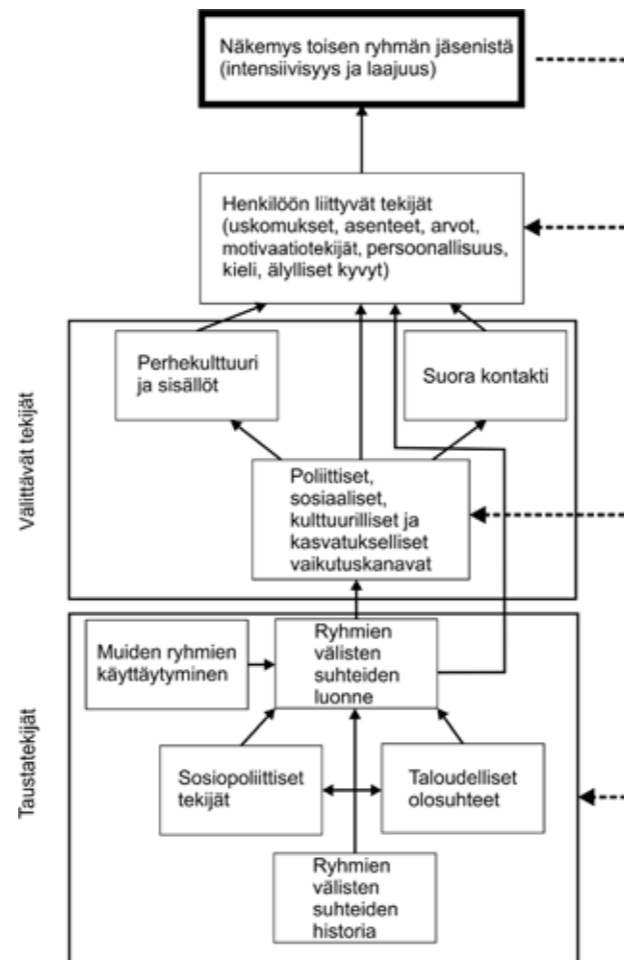
# Psykologiset operaatiot ja niiden tutkiminen – käyttäytymistieteellinen näkökulma

Tahtoon ja mieleen vaikuttaminen on aina ollut ja tulee aina olemaan osa sodankäyntiä. Ihmisen ja ryhmän toiminnan, sekä mielipiteiden ja asenteiden muodostumisen tutkiminen auttaa ymmärtämään psykologisten operaatioiden lainalaisuuksia ja antaa mahdollisuuksia suojautua psykologiselta vaikuttamiselta.

Heikolla taistelutahdolla varustettu joukko antautuu määrällisesti heikomman vihollisen edessä, kun taas vahvalla taistelutahdolla varustettu joukko voi saavuttaa ihmeitä epätoivoisissa ja mahdottomalta näyttävissä tilanteissa. Kollaa kestää! Psykologisilla operaatioilla ja propagandalla pyritään vaikuttamaan taistelutahtoon monin eri keinoin. Rintamalla olevien sotilaiden ja heidän esimiesten välistä luottamusta pyritään rikkomaan, taistelun järkevyyttä ja sotilaiden luottamusta omiin kykyihin pyritään kyseenalaistamaan ja heikentämään, sekä omaisten tilannetta rintamalinjan takana voidaan vääristellä. Vastaavasti vihollisen ylivoimaisuutta voidaan korostaa. Vaikuttaminen ei kohdistu vain sotilaisiin vaan yhtäläillä luottamusta omiin joukkoihin nakerretaan kohdistamalla psykologista vaikuttamista muuhun yhteiskuntaan ja omaisiin. Omaisen hädällä ja huolella voikin olla suurempi vaikutus sotilaan taistelutahtoon kuin suoraan sotilaaseen itseensä kohdistetuilla operaatioilla.

Ukrainan tapahtumien kaltaisissa nykypäivän kriiseissä vaikuttaminen kohdistuu entistä laajemmin koko yhteiskuntaan. Repimällä auki yhteiskunnan sisäisiä ristiriitaisuuksia ja eri ryhmittymien välisiä epäkohtia saadaan aikaiseksi epätasapainoa. Kun kansa jakautuu kahtia, on siihen helpompi vaikuttaa kuin kansaan, joka seisoo yhtenäisenä rintamana. Separatistien ja niitä tukevien tahojen tavoitteena on tehdä eroa venäjämielisten separatisteja tukevien ukrainalaisten ja länsimielisten ukrainalaisten välille, jotta estetään Ukrainaa kokonaisuutena kansakuntana lähentymästä länttä ja EU:ta. Sitä, miten Ukrainassa on tilanne päässyt näin pahaksi ja miten kansa on jakautunut käytännössä kahtia, voidaan analysoida monella tapaa, ja käyttäytymistieteellinen lähestyminen on yksi tapa monien joukossa. Käyttäytymistieteellinen tarkastelu auttaa ymmärtämään asenteiden, näkemysten ja mielipiteiden muodostumista sekä Ukrainan kaltaisen kahtiajakautumisen mahdollisuutta. Näkemyksiin muista liittyy aina ennakkoluuloja ja stereotyyppiä, jotka ovat muodostuneet

ajan saatossa, ja joihin vaikuttamalla on mahdollista vaikuttaa ihmisten käyttäytymiseen ja suhtautumiseen toisia kohtaan. Käyttäytymistieteellisestä näkökulmasta ennakkoluulojen ja asenteiden taustalla on kolme tekijää: taustatekijät, välittävät tekijät ja henkilöön itseensä liittyvät tekijät. Käyttäytymistieteellisessä tarkastelussa painotetaan sitä, että tulee ymmärtää ja tuntea taustatekijät ja niiden merkitys, sillä ilman niitä ei voi ymmärtää tilanteen lähtökohtia (kuva 1). Erityinen merkittävä tekijä on ryhmien väliset, senhetkiset suhteet, koska



Kuva 1. Malli näkemysten muodostumisesta ja muuttamisesta. (Bar-Tal. 1997)



Kuva 2. Ryhmien välisiä suhteita ja vuorovaikutusta voidaan hahmottaa mm. sosiaalisten verkostojen kartoitusten avulla. (Kuva: Adam Hahl)

nämä vaikuttavat ryhmien välisen historian ohella siihen, miten muita kohdataan ja heidän käyttäytymistään tulkitaan (kuva 2). Kohtaamiset voivat olla vihamielisiä tai yhteistyöhaluisia. Ryhmien välisten suhteiden laatuun vaikuttaa myös toisen ryhmän valta-asema, status, tavat ja elintaso. Juuri taustatekijöiden ja kulttuurin puutteellinen tuntemus on ollut useiden psykologisten operaatioiden epäonnistumisen taustalla. Välittävien tekijöiden, joita ovat suorat kontaktit, perhekulttuuri ja sosiopoliittiset vaikutuskanavat, kautta ennakkoluuloja koskeva tieto välittyy, muodostuu ja muuttuu. Eri vaikutuskanavien sisältöjen tarkastelu kertoo vaikuttajan mahdollisista tavoitteista. Vaikutuskanavien sisällöt ovat poliittisia (johtajien puheet, uutis- ym. lähetykset, kirjalliset kommentoinnit), yhteiskunnallisia (vallitsevat normit, sosiaaliset verkostot), kulttuurisia (mm. taide, elokuvat, kirjat) ja kasvatuksellisia (mm. koulukirjat, opetusohjelmat, muut opetusmateriaalit).

Psykologiset operaatiot kohdennetaan kohdeyleisöön juuri näiden vaikutuskanavien kautta, ja taustatietojen ymmärtäminen auttaa muokkaamaan viestiä siten, että kohdeyleisö on sille mahdollisimman altis. Välittävien tekijöiden lisäksi perhekulttuurin (lähiperhe ja lähiverkostot) kautta välittyy tunneilmapiiri, joka estää tai lisää ennakkoluuloja ja niiden sisältöjä.

Tieto ei kuitenkaan välity suoraan sellaisenaan ennakkoluuloksi tai asenteeksi, vaan sitä tulkitaan, arvioidaan, täsmennetään ja ymmärretään yksilön omien henkilökohtaisten kykyjen ja taipumusten kautta (henkilöön liittyvät tekijät). Lopputulos eli näkemys toisista voi olla halutunlainen, ja

esimerkiksi Ukrainan hallituksen kannattajien esittäminen fasisiteiksi jää osalle elämään ennakkoluuloissa ja näkemyksissä. Osa meistä on alttiimpia vaikutuksille kuin toiset, psykologisten operaatioiden kannalta onkin oleellista tunnistaa ne, jotka ovat vaikutuksille alttiita, ja joiden avulla toivottu vaikutus välittyy eteenpäin.

Ukrainan kriisissä taustatekijät kahtiajakautumiselle ovat olleet olemassa, ja mitä ilmeisimmin niitä on Ukrainan kriisissä ahkerasti hyödynnetty. Median käytön ja vaikuttamisen avulla maassa, joka marraskuussa 2013 nousi sankoin joukoin vastustamaan presidentti Viktor Janukovitšin hallituksen ilmoittamaa EU:n kauppaa- ja yhteistyösopimuksesta luopumista, on nyt tultu tilanteeseen, jossa itsenäinen Ukraina sellaisenaan ei enää ole itsestäänselvyys.

Psykologisen vaikuttamisen ja psykologisten operaatioiden ymmärtämistä ei tänä päivänä voida aliarvioida. Käyttäytymistieteellinen ihmistä ymmärtävä lähestyminen mahdollistaa kansallisen puolustuksen ulottamisen aseellisen uhkan lisäksi informaatio- ja psykologisten uhkien varalle.

## Kirjoittaja

Psykologian tohtori Petteri Simola toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa psykososiaalinen toimintakyky -tutkimusallalla.



# Henkilöarviointi osana johtamiskompetenssien kehittämistä puolustusvoimissa

**Toimintakykyosasto on mukana puolustusvoimien henkilöstön johtamisosaamisen kehittämisessä soveltuvuusarviointien ja johdon 360 asteen kompetenssarviointien kautta.**

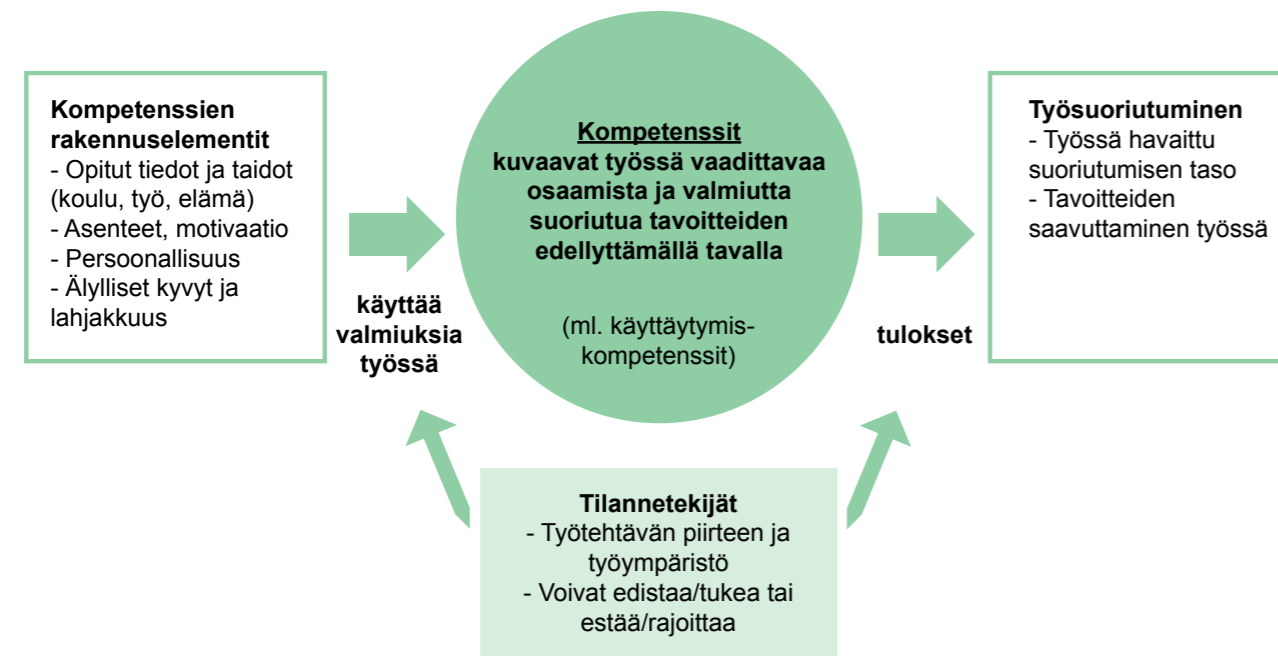
Johtamiskompetensseilla tarkoitetaan sellaista vuorovaikutukseen ja toimintaan liittyvää osaamista tai toimintavalmiutta, jonka kautta parhaiten päästään kussakin johtamistehtävässä asetettuihin tavoitteisiin. Johtamiskompetenssien taustalla vaikuttavat henkilön persoonallisuus, kyvyt, asenteet, motivaatio ja opitut taidot, joita voidaan kutsua kompetenssien rakennuselementeiksi (kuva 1).

## Soveltuvuusarviointi

Psykologisessa soveltuvuusarvioinnissa arvioidaan sekä suoraan kompetensseja toiminnallisten simulaatioiden (esim. ryhmä- tai esitystehtävät), kompetenssianalysien ja haastattelun avulla että kompetenssien taustalla vaikuttavia tekijöitä persoonallisuustestien, kykytestien ja haastattelun perusteella. Arvioitavia johtamiskompetensseja ovat esimerkiksi valmius

tehdä päätöksiä paineen alla, valmius organisoida toimintaa muutostilanteessa sekä valmius motivoida ja kannustaa alaisia. Soveltuvuusarvioinnin avulla varmistetaan, että valituilla henkilöillä on riittävät johtamisvalmiudet. Pidemmällä tähtäimellä koko henkilöstön johtamiskompetensseja voidaan kehittää organisaatiossa antamalla valinnoissa etusija keskimääräistä paremmat johtamiskompetenssit omaaville henkilöille.

Soveltuvuusarvioinnin ja arviointimenetelmien yhteyksiä työssä suoriutumiseen on tutkittu paljon. Ammattitaitoisesti toteutetulla soveltuvuusarvioinnilla on todettu olevan selkeä tilastollinen yhteys myöhemmin arvioituun työsuoriutumiseen. Puolustusvoimissa on tutkittu mm. upseerin perusopintoihin valinnan yhteydessä annetun psykologisen soveltuvuusarvioinnin ennustavuutta. Soveltuvuusarvioinnissa annettu pistemäärä korreloi kohtalaisen hyvin opintojen aikana arvioituun johtamiskäyttäytymiseen eli mitä korkeamman soveltuvuuspistemäärän henkilö sai valintojen yhteydessä, sitä todennäköisemmin hän sai hyvän johtajaarvioinnin myöhemmin. Tutkimuksen avulla voidaan myös osoittaa, kuinka suuri vaikuttavuus soveltuvuusarvioinnilla



Kuva 1. Kompetenssit ja niiden ilmenemiseen vaikuttavat tekijät (kirjasta Henkilöarviointi työelämässä, Honkanen H., 2005).

on johtamiskompetenssien yleisen tason kehittämiseen organisaatiossa. Kun saadaan määritettyä soveltuvuusarvioinnin ennustearvo, voidaan laskea tilastollisesti kuinka paljon arvioinnin käyttö hyödyntäisi organisaatiota verrattuna tilanteeseen, jossa arviointia ei käytetä osana valintaa. Edellä mainitun upseerivalintoihin liittyvän tutkimuksen perusteella voidaan todeta soveltuvuusarvioinnilla olevan melko suuri vaikutus johtamiskompetenssien tasoon puolustusvoimissa. Valinnan kautta määräytyy kompetenssien ja henkilöstön kehittymispotentiaalin lähtötaso, mikä ei vähennä johtamiskoulutuksen ja työssä oppimisen merkitystä kompetenssien kehittämisessä.

Puolustusvoimissa on tehty psykologisia soveltuvuusarviointeja aliupseeri- ja upseerikoulutukseen hakeville 1960-luvulta lähtien. Alkuvaiheissa arvioinnin avulla pyrittiin varmistamaan valittavien opinnoissa menestyminen erilaisten lahjakkuustestien avulla. Vähitellen arviointimenettely on laajentunut kattamaan myös persoonallisuus- ja motivaatiotekijöitä. Arvioitavien kompetenssien painopiste sotilastehtävissä on muuttunut johtamiskulttuurin kehittymisen myötä enemmän vuorovaikutustaitoja ja joustavuutta painottavaan suuntaan. Eritasoisissa sotilasjohtamistehtävissä arvioidaan osin samankaltaisia kompetensseja (esim. ihmisten johtamiseen ja toimintakykyyn paineen alla liittyvät tekijät), osin eri tasoille ominaisia kompetensseja (esim. ylemmissä upseeritehtävissä laaja-alainen kehittäminen ja suunnittelu). Puolustusvoimissa tehdään soveltuvuudenarviointi myös osana siviilitehtävien hakuprosessia. Arvioinnin laajuus, sisältö ja arvioitavat ominaisuudet määritellään aina avoimena olevan siviilitehtävän erityispiirteiden mukaan. Yleensä mitä vaativammasta tehtävästä on kyse, sitä perusteellisempi arviointi tehdään.

## 360 asteen arviointi

360 asteen kompetenssarvioinnilla tarkoitetaan toimintaympäristöstä (esimieheltä, vertaisilta, alaisilta) kerättävää palautetta arvioitavan henkilön havaitusta työkäyttäytymisestä. Arvioinnissa tulisi keskittyä niihin kompetensseihin, joita kyseisessä työtehtävässä edellytetään tavoitteiden saavuttamiseksi. Tällöin arvioidaan sellaisia asioita, joiden olisi pitänyt näkyä henkilön käyttäytymisessä, ja joita henkilön tulisi kehittää nykyisessä työssään. Esimerkiksi johtamis-

kompetensseja ei pysty arvioimaan luotettavasti sellaisen henkilön osalta, jolla ei ole alaisia. Toinen huomioitava asia on käytetyn kompetenssimallin kattavuus suhteessa tehtävässä vaadittaviin valmiuksiin. Kohdentamalla arviointi vain osaan vaadittavista kompetensseista jää palaute saamatta joistakin, ehkä tärkeistäkin toiminnan osa-alueista. Esimerkiksi mikäli arvioidaan ainoastaan ihmisten johtamiseen liittyviä valmiuksia johtotehtävässä, jätetään huomiotta useimmissa johtotehtävissä tärkeät toiminnalliset valmiudet kuten päätöksentekoon, organisointiin ja suunnitteluun liittyvät käyttäytymiskompetenssit.

Toimintakykyosaston tehtävänä on järjestää ja kehittää 360 asteen kompetenssarviointeja johtamistehtävissä toimiville. Tällä hetkellä arviointeja järjestetään yleisesikuntaupseerikurssin suorittaneille kolme kertaa uran aikana. Psykologi antaa arvioituille henkilökohtaisen palautteen ylemmän päällystökurssin (YPK) yhteydessä. Muilla arviointikerroilla palaute käydään läpi oman esimiehen kanssa. Arvioitavia kompetensseja on 15 neljällä pääkompetenssialueella (ihmisten johtaminen, määrätietoisuus, henkinen kapasiteetti, ammatillinen uskottavuus). Arvioitavat kompetenssit on määritetty yhdessä puolustusvoimien ylemmän johdon kanssa 2000-luvun taitteessa.

Puolustusvoimissa on suunnitteilla vastaavan tyyppisen kompetenssarvioinnin kehittäminen tukemaan johtajana kehittymistä laajemmin upseerin ja aliupseerin uran eri vaiheissa, joissa edellytetään erilaisia kompetensseja. Esimerkiksi upseerit tekisivät tehtävän mukaan räätälöidyn arvioinnin ennen maisteriopintoja, esiupseeri-, yleisesikuntaupseeri-, toimialapäällikkö- ja ylemmän päällystön kurssia. Tulos käsiteltäisiin koulutuksen yhteydessä, ja palaute toimisi perustana tehdä henkilökohtainen johtajana kehittymisen suunnitelma kyseisillä kursseilla. Tällä hetkellä koulutusten yhteydessä toteutetaan samassa tarkoituksessa syväjohtamisen malliin perustuva, ihmisten johtamiseen keskittyvä 360 asteen johtaja-arviointi. Tarkoituksena on yhdistää nämä arvioinnit yhdeksi kokonaisarviointiksi, jonka perusteella henkilö saisi laaja-alaista palautetta toiminnastaan omassa tehtävässään edellytettävistä keskeisistä kompetensseista. Lopputuloksena olisi pitkäjänteinen, upseerin ja aliupseerin uran alusta loppuvaiheisiin annettava tuki johtajana kehittymiselle henkilöarviointin ja palautteen avulla.

## Kirjoittaja

Psykologian maisteri Kai Nyman toimii tutkimusalaohjohtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa soveltuvuusarvioinnin tutkimusosalalla.

Mitä kuuluu puolustusvoimien henkilöstölle ja varusmiehille?

## Psykososiaalisen toimintakyvyn mittaaminen vakiokyselyillä

**Puolustusvoimien henkilöstön, varusmiesten ja reserviläisten asenteilla, kokemuksilla ja voinnilla on tärkeä merkitys henkilöstöstrategialle, sekä henkilöstön koulutuksen että varusmiespalveluksen suunnittelulle ja aina puolustusvoimien perustehtävälle – maanpuolustukselle.**

Puolustusvoimauudistuksen myötä sekä palkatun henkilökunnan määrässä että varusmiesten joukkotuotantomäärissä on tapahtunut viime vuosina muutoksia. Tällä hetkellä puolustusvoimissa työskentelee noin 12 000 palkattua henkilöä ja vuosittain varusmiespalveluksen suorittaa noin 20 000 varusmiestä. Reserviläisiä on tulevaisuudessa 230 000.

Palkatun henkilökunnan, reserviläisten ja varusmiesten psykososiaalisen toimintakyvyn tutkimiseksi on kehitetty kyselyitä, jotka toteutetaan vuosittain niin sanottuina vakiokyselyinä. Palkattu henkilöstö vastaa työilmapiirikyselyyn kerran vuodessa ja lähtökyselyyn työsuhteen päättyessä. Reserviläiset vastaavat omaan kyselyynsä kertausharjoituksen päättyessä ja varusmiehet kolmeen eri kyselyyn: palveluksen alussa kahden ensimmäisen viikon aikana, palveluksen mahdollisesti keskeytyessä ja kotiutumisen yhteydessä.

### Varusmiespalvelus ja maanpuolustus varusmiesten kokemana

Varusmiesten loppukyselyä on toteutettu säännöllisesti 2000-luvun alusta lähtien. Alkukysely puolestaan tehtiin ensimmäisen kerran vuoden 2014 alussa. Alkukyselyn tavoitteena on selvittää varusmiesten taustaa (mm. kotitausta, harrastuneisuus ja liikunta-aktiivisuus) sekä sitä minkälaisia kokemuksia varusmiehillä on syntynyt kutsunnoista ja mistä he ovat saaneet ennakkotietoa varusmiespalveluksesta. Edelleen alkukyselyn tarkoituksena on selvittää varusmiesten käsityksiä heistä itsestään ja muista, maanpuolustustahdosta, palvelusmotivaatiosta sekä varusmiespalvelukseen kohdistuvista käsityksistä ja odotuksista. Loppukyselyssä keskitytään taustatietojen lisäksi niin ikään maanpuolustustahtoon, palvelusmotivaatioon sekä varusmiesten kokemuksiin palveluksesta, arvioon omasta suoriutumiskyvystä sodassa, arvioon kouluttamiseen osallistuneista henkilöistä sekä käsityksiin puolustusvoimista työnantajana. Lisäksi loppukyselyn avulla pyritään selvittämään varusmiesten käsityksiä siitä, miten heitä on kohdeltu palveluksen aikana.

Viimeisimmän loppukyselyn ja alkukyselyn tulosten valossa

näyttää siltä, että keskimäärin varusmiesten maanpuolustustahto ja palvelusmotivaatio ovat sekä palveluksen alussa että lopussa melko korkealla tasolla. Hajontaa eri vastaajien välillä luonnollisesti löytyy, ja eniten maanpuolustustahtoon vaikuttaa varusmiespalveluksen alussa henkilökohtainen palvelusmotivaatio. Palvelusmotivaatiota säätelee keskeisimmin se, kuinka positiivinen käsitys varusmiehellä on toisaalta varusmiespalveluksesta ja toisaalta omasta sopeutumisestaan siihen. Varusmiespalveluksen lopussa maanpuolustustahtoa näyttää selittävän vahvimmin henkilökohtaisen palvelusmotivaation lisäksi se, miten hyvin koulutus on varusmiesten kokemuksen mukaan järjestetty.

Varusmiesajasta varusmiehillä oli keskimäärin hyvin positiivisia kokemuksia. Myös itse koulutuksesta ja kouluttajista varusmiehet antoivat loppukyselyssä melko korkeita arvosanoja. Tästä huolimatta kaikista varusmiespalveluksen aloittaneista palveluksen keskeyttää peruskoulutuskauden aikana noin 12 %. Heistä suurin osa keskeyttää palveluksen fyysistä syistä johtuen ja seuraavaksi eniten keskeytyksiä tapahtuu mielen-terveydellisistä syistä tai siviilipalvelukseen hakeutumisen vuoksi. Vaikka keskeyttäneet kertovat kokevansa ilmapiirin varusmiespalveluksessa hyväksi, raportoivat he melko paljon ongelmia sopeutua varusmieselämään. Lisäksi heillä on havaittu olevan keskimäärin hieman alhaisempi maanpuolustustahto ja palvelusmotivaatio kuin kaikilla palveluksen aloittaneilla.



(Kuva: Puolustusvoimat/Jarno Riipinen)



(Kuva: Puolustusvoimat/Jarno Riipinen)

### Mitä työilmapiiri- ja lähtökyselyt kertovat palkatun henkilökunnan työhyvinvoinnista?

Henkilöstökyselyitä on toteutettu jo kolmella vuosikymmenellä, alkaen vuodesta 1997. Työilmapiirikysely toteutetaan vuosittain, ja siihen vastaa n. 75 % henkilöstöstä. Lähtökyselyyn vastataan poistuttaessa palveluksesta (esimerkiksi eläköitymisen, määräaikaaisuuden tai irtisanoutumisen vuoksi), kyselyyn vastaa vuosittain muutama sata henkilöä.

Työilmapiirikyselyllä mitataan työhyvinvoinnin eri ulottuvuuksia, kuten työmotivaatio, jaksaminen, työn imu, johtaminen ja me-henki. Tulokset ovat puolustusvoimallisesti säilyneet hyvällä tasolla myös puolustusvoimauudistuksen ajan. Uudistuksen aikana on erityisen tarkasti seurattu henkilöstön jaksamista, eikä merkkejä jaksamisen heikkenemisestä ole näissä kyselyissä tullut ilmi. Puolustusvoimien työilmapiirin erityisiä vahvuuksia ovat pienryhmien vahva me-henki sekä tyytyväisyys omiin työtehtäviin ja lähiesimiehen toimintaan. Työilmapiirikyselyn eräistä yksittäisistä väittämissä (motivaatio, me-henki, oma työ ja lähiesimiehen toiminta) kootaan kokonaistyötyytyväisyysindeksi, joka on koko 2010-luvun ajan ollut kiitettävällä tasolla. Työilmapiirikyselyä hyödynnetään työyksiköissä kehittämisen apuvälineenä siten, että kyselyn yksikkökohtaiset tulokset puretaan yhteisissä keskustelutilaisuuksissa: niissä paneudutaan oman yksikön vahvuuksiin ja kehittämiskohteisiin.

Lähtökyselyn avulla seurataan niin jaksamista ja työn imua kuin työnantajaimagoa ja vaihtuvuuden syitäkin. Puolustusvoimauudistuksen ajan, alkaen vuodesta 2012, lähtökyselyn tulokset on raportoitu ylimmälle henkilöstöjohdolle puolen vuoden välein. Tiheällä raportoinnilla saadaan mahdollisimman ajantasaista informaatiota henkilöstöhallinnon käyttöön. Lähtökyselyssä on mahdollisuus antaa avointa palautetta, ja analysoinnissa painotetaan erityisesti näiden kommenttien sisältöä. Vaikka kyselyyn vastanneet ovat poistumassa palveluksesta, niin heidän arvionsa puolustusvoimista työnantajana verrattuna julkiseen tai yksityiseen sektoriin on kuitenkin hyvä. Hienoisia eroja lähtökyselyn tuloksiin aiheuttavat mm. erilaiset eroamisytyt ja kuuluminen eri henkilöstöryhmiin.

#### Kirjoittajat

Yhteiskuntatieteiden maisteri Anitta Hannola toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa vastaten henkilökunnan työilmapiiri- ja lähtökyselyistä.

Filosofian maisteri, psykologi Antero Johansson toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa vastaten varusmieskyselyistä, reserviläiskyselyistä ja ylimmän johdon kompetenssarvioinneista.

Filosofian maisteri Jenni Keskinen toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa vastaten varusmieskyselyistä.



# Tutkimus maavoimien hajautetun taistelutavan toimintakykyvaatimuksista henkilöstölle

Maavoimat perusti tammikuussa 2014 viisi vuotta kestäväen toimintakykytutkimuksen hankkeen. Sen aikana määritetään hajautetun taistelutavan joukkojen henkilöstölle toimintakykyvaatimukset ja muokataan mm. koulutus ja valinnat vaatimusten mukaisiksi. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosasto sai Maavoimien esikunnalta ensimmäisen tutkimustilauksen vuosille 2014 ja 2015, jona aikana tutkitaan jalkaväikyksiköiden henkilöstön toimintakykyvaatimukset. Tutkimus jatkuu vuonna 2016–2017 muiden aselajien piiriin.



Muutamina päivinä kerätään kahden tunnin välein sylkinäytteet stressihormoni-, testosteroni- sekä lihastulehdusmarkeritasojen selvittämiseksi. (Kuva: Jari Harala)

## Sotilaan toimintakyvystä maavoimien hajautetussa taistelutavassa

Sotilaan toimintakyky muodostuu Pääesikunnan normin mukaan fyysisestä, psyykkisestä, sosiaalisesta ja eettisestä toimintakyvystä. Nämä voidaan jakaa vielä useaan alakohtaan. Toimintakyvyn tutkimisessa keskitytään ihmiseen – aseiden tai esimerkiksi pimeätoimintaa parantavien laitteiden vaikutuksia sotilaan tai joukon suorituskykyyn ei tutkita. Tosin eri joukoissa sotilaan kantamaksi asetettu varustuksen paino ja sen tuoma fyysinen kuormitus taasen on olennainen osa toimintakykytutkimusta.

Maavoimien käyttöönottamassa hajautetussa taistelutavassa joukkojen vastualueet kasvavat ja taisteluja käydään syvemällä alueella kuin ennen. Perinteiseen koottuun toimintaan verrattuna sotilaiden, etenkin reserviläisjohtajien, toimintakyky nousee suurempaan arvoon. Taistelujen sirpaloituessa pienemmät taistelut ovat käytännössä reservin aliupseerien ja upseerin johtamia ja kantahenkilökuntaan kuuluvan päällystön johtamat kootut komppanioiden ja taisteluosastojen iskut vähenevät.

Kuormittumista hajautetussa taistelutavassa lisännee myös mm. ajoittainen vihollisen selustassa toimiminen, lisääntynyt saarrosetuksi jäämisen pelko, toiminta takaa-ajettuna ja vastassitoiminnan jatkuva mahdollisuus. Toisaalta hajautetussa ryhmytyksessä joukko ei joutune massamaisen ja pitkäkestoisen tykistön tulivalmistelun ja muun raskaan asevaikutuksen kohteeksi. Monessa yksikössä sotilaat valmistavat ruokansa itse, ja saadun ja kulutetun energian määrä onkin yksi tutkittavista asioista.

## Käynnissä oleva tutkimus toimintakykyvaatimuksista

Kahden vuoden aikana tutkitaan jalkaväikyksiköitä tutkimuskysymyksellä: Millaiset ovat maavoimien hajautetun taistelutavan mukaisesti taistelevien joukkojen taistelijoiden yleiset toimintakykyvaatimukset. Aselajijoukkojen vaatimuksiin paneudutaan vuodesta 2016 alkaen erikseen. Tutkimusta tekee lähes kokopäiväisesti kolmen hengen taistelija sodassa -tutkimusryhmä Tuusulasta käsin.

Koejoukkoina ovat Karjalan prikaatin kouluttama hajautetulla tavalla puolustustaistelua käyvä jääkärikomppania, Kainuun prikaatin kouluttama hyökkäävä jääkärikomppania sekä tukialueella kohdetta suojaava, reserviläisistä perustettava Kanta-Hämeen maakuntakomppania. Koehenkilöinä on noin 100 jalkaväikysotilasta ja 30 kranaatinheitinmiestä. Vuosina 2016–2017 testataan eri aselajeista lisäksi noin sata koehenkilöä.

Perusajatuksena on tutkia sotilaiden rasittumista loppusodissa joukon tehdessä sille määritettyjä ja siltä vaadittavia, koulustasovaatimusten mukaisia suoritteita. Kertynyttä aineistoa verrataan mm. muissa tutkimuksissa havaittuihin tuloksiin suositeltavasta keskimääräisestä ”tehtasosta”, jolla ihminen jaksaa toimia päivä- tai viikkokausia. Kun samalla tiedetään kunkin koehenkilön lihas- ja kestävyyskuntotaso, voidaan tällöin määritellä fyysinen toimintakykyvaatimus.

Psyykkisten vaatimusten osalta tutkitaan peruskokeen (P-koe) ja erikseen tehdyn psykologisen testin tuloksia, sekä harjoituksessa koetun ja verestä mitatun stressin määrän suhdetta toisiinsa. Tutkimuksessa pyritään löytämään raja-arvoja, joilla pärjää eri tehtävissä psyykkisesti toimintakykyisenä ja kestää hyvin esimerkiksi juuri suuria määriä pitkäkestoista stressiä. Lisäksi asiantuntijoilta kerätään listoja eri yksikkötyyppien johtajatasoilta sekä miehistössä toivottavista ja ei-toivottavista psykologisista ominaisuuksista.

Rasitusta ja stressiä seurataan mm. mittaamalla stressihormonitasoja verestä ja syljestä, sykevälvaihtelu- sekä aktiivisuusmittareilla, kirjauttamalla koehenkilöiden tuntemukset sekä levon ja työn määrät päiväkirjaan sekä monipuolisilla alku- ja lopputesteillä.

Jalkaväikysotilaan toimintakykyvaatimukset pyritään loppuraportissa vuonna 2016 kirjoittamaan siten, että ne sopivat suoraan varusmiehiä kouluttavien perusyksiköiden käyttöön valintaperusteina käytössä olevilla mittausmenetelmillä. Tarvittaessa suositellaan otettavaksi käyttöön esimerkiksi erikoisjoukkovalintamenettelyjä tai osia niistä. Aselajien osalta loppuraportti valmistuu vuoden 2017 lopussa.

### Kirjoittaja

Majuri Jari Harala on taistelija sodassa -tutkimusryhmän johtaja Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa.



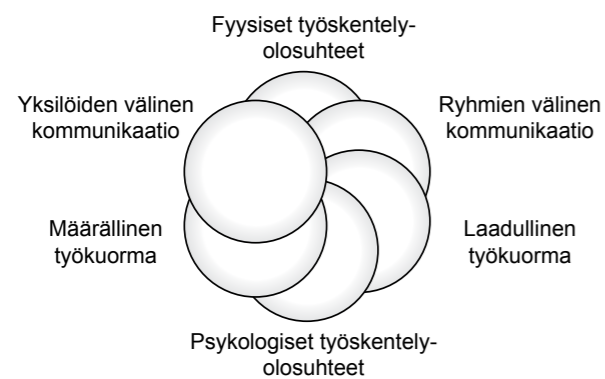
# Human Factors

## Inhimilliset tekijät sotilaan toimintaympäristössä

Human Factors (HF) -tutkimuksella pyritään kartoittamaan ja ymmärtämään ihmiseen, työvälineisiin ja toimintaympäristöön liittyviä tekijöitä sekä niiden vuorovaikutusta. Tavoitteena on toiminnan tehostaminen ja inhimillisten virheiden ehkäiseminen. Tarkastelun kohteena voi olla mm. havaitseminen, tiedonkäsittely ja päätöksenteko, teknologiset rajapinnat ja käytettävyys, tilannetietoisuus, sekä fyysinen ja sosiaalinen toimintaympäristö. Sotilaan toimintaympäristöjen teknistyminen asettaa uusia haasteita sekä toimintakyvyille että HF-tutkimukselle.

Yleisesti hyväksytyn käsityksen mukaan 80–90 prosenttia onnettomuuksista johtuu inhimillisestä virheestä.

Inhimilliset tekijät ja ergonomia (human factors and ergonomics) on monitieteellinen tutkimusala, jossa pyritään (a) ymmärtämään ihmisen ja toimintaympäristön välistä vuorovaikutusta sekä (b) käyttämään saatua tietoa ja kehitettyjä teorioita apuna vuorovaikutuksen optimoimiseksi. HF-tutkimusala syntyi I ja II maailmansodan aikana Yhdysvaltain ilmavoimien piirissä. Tutkimuksessa on ollut erilaisia yhteiskunnallisesta ja teknologisesta kehityksestä johtuvia painopistealueita eri vuosikymmenten aikana: 50-luvun sotilasergonomiasta painopiste on siirtynyt teollisuuden (60-luku), kuluttajien (70-luku), tietokoneohjelmistojen ja ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen (80-luku) kautta kognitiivisiin, organisatorisiin (90-luku) ja sosiaaliseen kommunikaatioon (2000-luku) liittyviin kysymyksiin. Nykyään HF käsitetään monitieteiseksi tutkimusalaaksi, joka tarkastelee ihmisen ja työympäristön yhteensovittamista fysiologisesta, psykologisesta ja sosiaalisesta näkökulmasta (kts. kuva 1).

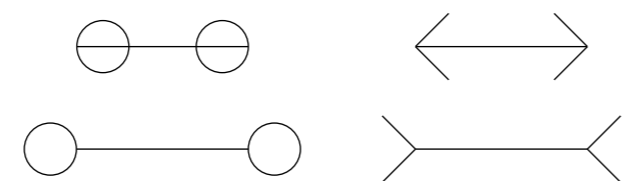


Kuva 1. Inhimillisten tekijöiden ulottuvuuksia

Fysiologiaan liittyvässä tutkimuksessa (ergonomia) tarkastellaan mm. työhön liittyvän fyysisen toimintaympäristön tekijöitä, kuten työskentelyasentoja ja työvälineiden ja laitteiden sijoittelua. Psykologisessa HF-tutkimuksessa tarkastellaan mm. ihmisen havaintojen muodostumista ja kohdistumista, tiedonkäsittelyä, kuormitusta, muistamista, havaintojen ja informaation vaikutusta sekä tilannetietoisuutta. Sosiologisessa HF-tutkimuksessa tarkastellaan mm. organisaatorakenteen, kommunikaation, turvallisuuskulttuurin ja päätöksentekoprosessin ja järjestelmien vaikutusta toimintakykyyn.

Kuva 2. havainnollistaa, miten tiedon esitystapa vaikuttaa havaintoihimme. Kuvassa olevat janat ovat yhtä pitkiä, vaikka alemmat janat näyttäisivät olevan pidempiä kuin ylempät.

Sotilastoimintaympäristöihin kohdistuvaa HF-tutkimusta tehdään eniten Pohjois-Amerikassa (USA ja Kanada). Suomessa HF-tutkimus on yhä tärkeämmässä roolissa toiminnan teknologisoitumisen myötä sekä PV:n yleisten suorituskykyjen että puolustushaarojen toimintakykyjen näkökulmasta.



Kuva 2. Optinen illuusio

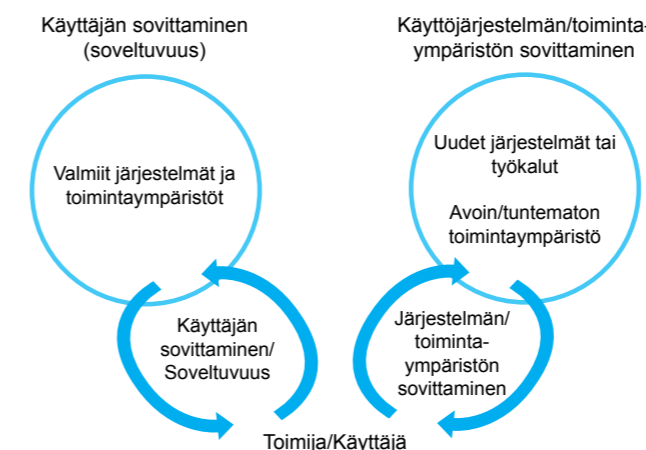


Kuva 3. Toiminnan teknologisoituminen. (Kuvat: Puolustusvoimat/Jarno Riipinen ja Puolustusvoimat/Matti Kaltokari)

Tulevaisuuden haasteita ovat mm. maavoimien taistelijan modernisointiin, merivoimien alusten ja ilmapuolustuksen uusiin järjestelyihin liittyvät human factors -kysymykset. Toimintaan liittyvän teknologisoitumisen myötä (kts. kuva 3) sodankäynnin yhdeksi ”keskeiseksi onnistumisen edellytykseksi nousee ihmisen ja järjestelmän välisen rajapinnan hallinta” (Kosola, 2011).

Käyttäjän ja järjestelmän välinen integraatio teknologeisella rajapinnalla voi olla joko toimijan ”sovittamista” järjestelmään (soveltuvuus) ja/tai järjestelmän ”sovittamista” käyttäjälle (design, käytettävyys jne.; kts. kuva 4).

Tavoitteena on karsia järjestelmän ja/tai toimintaympäristön ja toimijan välillä olevia pullonkauloja ja niistä johtuvia inhimillisiä virheitä sekä tukea maksimaalista vaikutuskykyä käytössä olevalla materiaalilla.



Kuva 4. Käyttäjän ja järjestelmän integraatio



Kuva 5. Tarkkaavaisuuden ja kuormituksen mittauslaite. (Kuva: SensoMotoric Instruments)

### Kirjoittaja

Filosofian tohtori Kari Kallinen toimii johtavana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa.

## Esikunta (E)



# Puolustusvoimauudistus tutkimuslaitoksessa

**Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen ensimmäinen toimintavuosi on jäänyt jo taakse. Puolustusvoimauudistus on koskettanut tutkimuslaitoksen henkilöstöä monin tavoin.**

## Meistä on moneksi

Tutkimuslaitoksen henkilöstö palasi joululomalta uusiin tehtäviinsä monialaiseen tutkimuslaitokseen. Tutkimuslaitoksemme sijaitsee kolmella paikkakunnalla Ylöjärvellä, Riihimäellä ja Tuusulassa. Vuosi alkoi yhteisillä orientaatioviikoilla, jolloin pääsimme tutustumaan toisiimme ja perehtymään yhteisiin toimintatapoihin. Tavoitteena oli yhtäältä vanhoista tavoista luopuminen ja toisaalta puolustusvoimien ja tutkimuslaitoksen oman toimintakulttuurin jalkauttaminen ja oppiminen.

Uusien tehtävien haltuunotto tapahtui rivakasti, ja tutkimuslaitoksen toimintaa kehitettiin ja organisoitiin joka taholla.

Vuoden aikana on luotu, opittu ja otettu käyttöön lukuisia uusia asioita ja näin on tehtävä jatkossakin. Orientaatioviikojen lisäksi henkilöstön yhteisöllisyyttä ja tutkimuslaitoksen keskinäisen me-hengen syntymistä pyrittiin edistämään yhteisillä tapahtumilla. Olemme kokoontuneet Hämeenlinnaan viettämään juhlallisesti tutkimuslaitoksen ensimmäistä vuosipäivää huhtikuussa ja liikunnallista työhyvinvointipäivää syyskuussa.

Tutkimuslaitoksessa on yksilöitä, joille uudistus on tarjonnut tilaisuuden siirtyä vaativampaan tehtävään ja mahdollistanut näin henkilökohtaisen uralla etenemisen. Joidenkin on täytyntä ottaa tehtävä vastaan annettuna. Heille vasta tulevaisuus näyttää, millainen merkitys ja arvo muutoksella tulee lopulta olemaan.

Uuteen tehtävään siirtyminen on vaatinut joiltakin merkittävää työ- ja yksityiselämän muutosta, jossa on täytyntä sopeutua uuteen kaupunkiin ja uusien työkavereiden joukkoon. Jotkut ovat muuttaneet rohkeasti uudelle paikkakunnalle

joko pysyvästi tai perustaneet kakkosasunnon arkipäiviksi. Joidenkin päivittäinen työmatka on merkittävästi pidentynyt. Kuitenkin suurin osa henkilöstöstä työskentelee lähes samoissa tehtävissä kuin aikaisemminkin, mutta muutos on koskettanut myös heitä vähintään uusien toimintatapojen osalta.

## Keskitettyihin palveluihin siirtyminen

Puolustusvoimauudistuksessa tavoitteena oli toimintojen tehostaminen, minkä seurauksena myös henkilöstön määrää vähennettiin. Merkittävänä osana toimintojen tehostamista oli sisäisten palvelujen keskittäminen Puolustusvoimien palvelukeskukseen ja Puolustusvoimien logistiikkalaitokseen sekä sähköisten itsepalvelutyökalujen käyttöönotto SAP:ssa.

Kaikkien hallintoyksiköiden esikuntien tehtäviä siirrettiin perustettaviin uusiin palveluorganisaatioihin. Näin ollen myös hallintoyksiköistä siirtyi henkilöstöä tuottamaan yhteisiä tukipalveluita. Kevään kuluessa olemme jo totutelleet yhteistyöhön Puolustusvoimien palvelukeskuksen kanssa. Syksyllä on vuorossa hankintayhteistyön käynnistäminen perustettavan Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen kanssa.

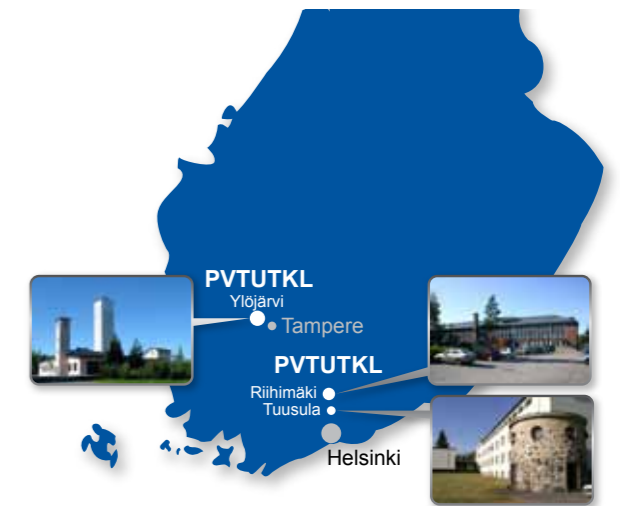
Tutkimuslaitos aloitti pilottina palvelukeskuksen asiakkaana matkalaskujen ja rekrytoinnin osalta jo aikaisemmin, jatkossa myös laskut käsitellään palvelukeskuksessa. Uudistuksen myötä on siirrytty vahvasti SAP:n itsepalveluun erityisesti matkanhallinnan osalta. Koko henkilöstöä on koskettanut matkapyyntöjen ja -laskujen itsepalvelun siirtyminen yksilön ja palvelukeskuksen väliseksi työnjaksoksi. Enää tutkimuslaitoksen matkasihteeri ei tarkista ja täydennä matkalaskuja vaan se on tehtävä itse. Toimintatapaa tullaan edelleen kehittämään itsepalvelun suuntaan. Kuten aina muutoksessa, tarvitaan uudenlaista osaamista, tarkkuutta ja vastuuta, jotta oppisimme sujuvasti toimimaan toisin kuin ennen.

Muutoksessa johdolla ja esimiehillä on merkittävä asema uusien toimintatapojen käyttöönotossa. Esimiesten tuki ja sitoutuminen muutoksen toimeenpanoon edistää henkilöstön sitoutumista, uusien tapojen oppimista ja käyttöönottoa koko työyhteisössä. Asioihin perehtyminen on henkilöstön etuoikeus ja velvollisuus, mutta ennen kaikkea osa meidän jokaisen työtehtävää.

## Lopuksi

Millainen on työyhteisömme tulevaisuus? Puolustusvoimien organisaatorakenne, mukaan lukien tutkimuslaitoksen henkilöstön tehtävät sisältöineen, on suunniteltu ja mitoitettu kokonaisuudeksi, joka on valmis vuoden 2015 tammikuussa. Jotta pystyisimme hoitamaan tehtävämme menestyksekkäästi, tulee meidän oppia toimimaan uudistuksen mukaisten pelisääntöjen puitteissa. On tärkeää kyetä luopumaan työstä, jota ei enää tarvitse tehdä ja antaa työt sinne, missä ne on suunniteltu jatkossa tehtävän. Tehdään oma tehtävämme menestyksellisesti, kudotaan yhdessä tutkimuslaitoksen vaaraimenpunaista lankaa. Tutkimuslaitoksessa se tarkoittaa tutkimus- ja kehittämistoimintaa, sitä tukevia töitä, määriteltyjen puolustusvoimatason sisäisten ja ulkoisten palveluiden tuottamista sekä tutkimuslaitoksen sisäistä palvelutoimintaa.

Tutkimuslaitoksen tehtävät tulevat puolustusvoimien tutkimus- ja kehittämisprosessin mukaisesti annettuina tutkimustehtävinä. Mutta yksilöinä me tupsahdamme kukin työpaikalle henkilökohtaisen vaikutusmahdollisuuden ja päätösvallan kanssa. Työyhteisömme toimintakulttuuri ja ilmapiiri rakentuvat oman toimintamme mukaiseksi. Millaisessa työyhteisössä sinä haluaisit työskennellä? Jatketaan sellaisen rakentamista yhdessä heti huomenna.



Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimipaikat (Kuva: Adam Hahl)



Tutkimuslaitos vietti ensimmäistä vuosipäiväänsä 15.4.2014 Hämeenlinnassa Museo Militarissa. (Kuva: Sirkka Ojala)

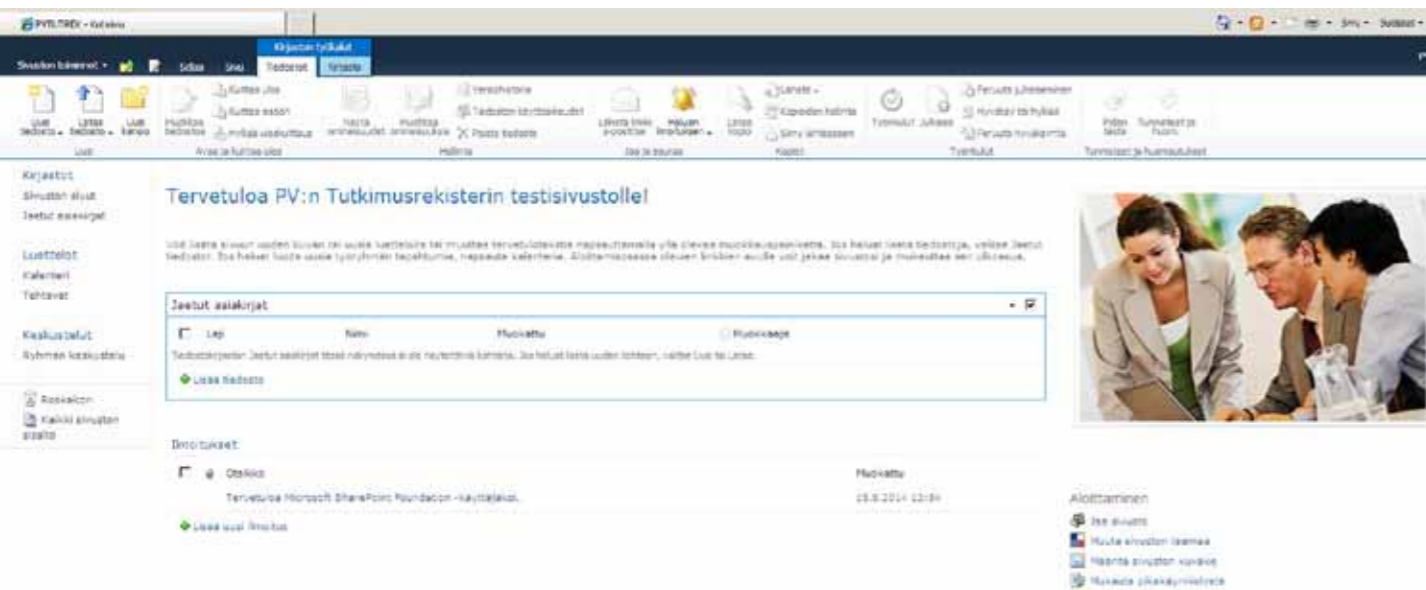
PVTUTKL:n henkilöstö 1.1.2015		
Yhteensä	201	
Tutkimushenkilöstö	155	77 %
Johto, esikunta ja muut	46	23 %
Sotilaita	48	24 %
Siviilejä	153	76 %
Naisia	60	30 %
Miehiä	141	70 %

## Kirjoittaja

Kasvatustieteen maisteri Tuija Karjalainen toimii henkilöstöpäällikkönä ja henkilöstösektorin sektorijohtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen esikunnassa.

# Tutkimusrekisterillä tehoa tutkimustiedon hyödyntämiseen

Tieto on organisaation yksi tärkeimmistä voimavaroista. Tutkimustieto on Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tuote, joka tarjoaa tuen päätöksenteolle ja suunnittelulle puolustusvoimissa. Puolustusvoimauudistuksessa puolustusvoimien tutkimus koottiin yhteen tutkimuslaitokseen. Yhteisen tutkimustietopankin, tutkimusrekisterin, suunnittelu- ja rakentamistyö käskettiin tutkimuslaitokselle. Pääesikunnan suunnitteluosasto omistaa tutkimusrekisterin. Kehitystyöhön osallistuvat puolustusvoimien tutkimusta tekevät joukko-osastot ja laitokset. Tutkimusrekisteriprojektin projektipäällikkö on atk-erikoissuunnittelija Ilkka Koski tutkimuslaitoksen esikunnasta.



Puolustusvoimien tutkimusrekisteri toteutetaan Turvallisuusverkon (TUVE) Sharepoint-ympäristössä.

Tutkimusrekisterin kehityksen voidaan katsoa alkaneen jo Puolustusvoimien teknillisen tutkimuslaitoksen ns. HYÖTY-projektina, jonka tarkoituksena oli parantaa tutkimustiedon hyödyntämistä tutkimusraportin valmistumisen jälkeen. Vuonna 2007 otettiin ensimmäiset askeleet itse tietojärjestelmän rakentamisessa. Tällöin otettiin käyttöön tutkimuslaitoksen omassa tutkimusverkossa Sharepoint-alustalla niin sanottu Tutkijan työpöytä (TTP). Tutkimusverkko kattaa tutkimuslaitoksen toimipisteet Ylöjärvellä, Riihimäellä ja Tuusulassa ja toimii tutkijoiden työskentely-ympäristönä tutkimustiedon hallinnan ja tutkimusohjelmistojen käytön osalta.

Alun perin tutkimuslaitoksen omaan käyttöön suunniteltu tutkimusrekisteri laajeni puolustusvoimat kattavaksi kehitysprojektiksi, ja tuotantoympäristöksi on päätetty ottaa Turvallisuusverkko (TUVE), jossa tavoitteena on mahdollisuus käsitellä luokiteltua tietoa turvallisesti puolustusvoimien ja turvallisuusviranomaisten kesken. Turvallisuusverkko on otettu käyttöön puolustusvoimissa vuoden 2015 alusta ja samassa yhteydessä tutkimusrekisteri tavoittaa kaikki puolustusvoimien käyttäjät.

Tutkimusrekisterin hyödyntäminen alkaa tuottaa tuloksia, kun riittävästi tietoa tallennetaan järjestelmään. Tutkimuslaitos on kerännyt tutkimustietoa omista vanhoista järjestelmistä ja muista puolustusvoimien joukko-osastoista siirrettäväksi tutkimusrekisteriin heti alkuvaiheessa. Näin iso osa vanhoista tutkimustuloksista on heti käytettävissä ja hyödynnettävissä. Erityisen tärkeää tutkimustiedon keskitetty löydettävyys on Pääesikunnan ja muiden johtoportaiden suunnittelulle. Tutkimusrekisteristä voidaan heti nähdä, mitä tutkimuksia on jo tehty ja millaisia tuloksia on käytettävissä tutkimuksen jatkamiseksi. Päällekkäistä tutkimusta pystytään välttämään ja tehokkuutta lisäämään. Tutkimusrekisterin toiminnallisuuksiin on tarkoitus liittää ulkoisten tietokantojen käyttömah-

dollisuus ja tällöin yhdellä haulla saisi laajemmän näkymän koko tiedeyhteisön tuottamaan tietomateriaaliin.

Tutkimusrekisterin tärkeimpiä vaatimusmäärittelyyn kirjattuja ominaisuuksia ovat metatietojen ja hakutoiminnallisuuden tehokas käyttö. Metatiedot on tarkoitus tuottaa käyttäjätasoisesti mahdollisimman laajasti pohjautuen käyttäjän perustietoihin. Metatietojen syöttö on tehtävä mahdollisimman helpoksi käyttäjälle. Jokainen tutkimusrekisteriä käyttävä joukko-osasto laatii oman käyttöpolitiikan eli tavan tallentaa tietoa rekisteriin. Käynnissä oleva projekti tuottaa mahdollisimman yleiskäyttöisen toimintamallin, jota voidaan muokata kunkin organisaation tarpeiden mukaan.

Tutkimusrekisterille asetettavista vaatimuksista on tehty joukko-osastoille vuosien aikana useita eri kyselyitä. Niiden tuloksena voidaan yleisesti todeta, että joukko-osastoilla on hyvin erilaisia tarpeita ja tapoja hallita tutkimustietoa. Muutamia kaikille yhteisiä vaatimuksia on kuitenkin löydettävissä:

- tiedon etsintä ja tiedon siirto omaan käyttöön pitää olla helpompaa kuin nykyisillä järjestelmillä
- tutkimustieto pitää löytää ja saada jollain tasolla käyttöön (vähintään viitetiedot ja tiivistelmä) yhden hakukäyttöliittymän kautta
- tietojen tallentaminen tutkimusrekisteriin ei saa aiheuttaa enempää työtä ja vaivaa kuin mitä rekisteristä saatavat hyödyt ovat
- tutkimusrekisterin tulee olla riittävän kattava niin uuden tuotettavan kuin vanhan tutkimustiedon osalta.

## Kirjoittaja

Filosofian maisteri Pasi Riihiviita toimii tietohallintopäällikkönä ja tieto- ja viestintäsektorin sektorijohtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen esikunnan tieto- ja viestintäsektorissa.



# Tietopalvelua neljällä vuosikymmenellä

**Puolustusvoimien tutkimuskeskuksen (PvTK) tietopalvelutoiminta alkoi vuonna 1984. Silloin Helsinkiin Harakan saarelle palkattiin ensimmäinen informaattikko Sinikka Vaskelainen. Tietopalvelu nimettiin informaatiopalvelukeskukseksi, ja siitä tuli olennainen osa tutkimuksen tukipalveluita.**

**Nykyisin Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen (PV-TUTKL) tietopalvelussa työskentelee kolme informaattikkoa. Perinteisen kirjastotyön rinnalle on vuosien aikana tullut viestintä, julkaisu- ja erilliset kehityshankkeet.**

## 1980-luvulla ponnistettiin perinteistä

Jo vuoden 1973 puolustuslaitoksen kirjastopalvelutoimikunnan mietinnössä ennakoitiin automaattisen tietojenkäsittelyn käyttöönottoa puolustuslaitoksen kirjastoissa. Asiakirjassa käsiteltiin myös kirjastojen yhteistoimintaa ja henkilöstön kehittämistä.

1980-luvulla tiedonhaut mahdollistivat haut suuresta tietomassasta ja ne olivat keskeinen osa informaattikon työtä. Jo vuonna 1980 oli hankittu käyttöoikeus Lockheedin (myöhemmin Dialog) tietopankkiin. Käytössä olivat myös Pergamon Infoline- ja ESA-IRS-tietopankit, sekä kotimainen Tenttu-tietokanta. Tiedonsiirron kanavana oli Posti- ja telelaitoksen ylläpitämä pakettikytkentäinen dataverkkopalvelu Datapak.

Vuonna 1986 jatkoi informaattikkona Maire Heikkinen. Seuraavana vuonna saatiin Mikro-Mikko 3-tietokone ja 1200 baudin modeemi. Valikoimaan saatiin myös Orbit-tietopankki. Tiedonhakuja tehtiin vuosittain vajaa sata kappaletta.

Harakassa oli ollut kirjasto jo kauan, sillä päätoiminen kirjastonhoitaja aloitti työnsä jo vuonna 1946. Kirjoja hankittiin 1980-luvulla 60–100 kappaletta vuodessa, ja aikakauslehtien määrä kasvoi vuosikymmenessä noin 80:een. Kaukolainoja tilattiin vuosittain muutamia satoja. Harakan pitkäaikaisena kirjastonhoitajana toimi Lauri Aaltonen.

Tietopalvelu muutti Harakasta Lakialaan vuonna 1988. Vuosikymmenen taitteessa tietopalveluun hankittiin mm. värikopiokone, CD-ROM-lukulaite ja mikrokorttien luku- ja kopiointilaite.

## 1990-luvulla perehdyttiin tiedonhakuun ja ensimmäinen tutkimusrekisteri otettiin käyttöön

Kun tutkimuskeskuksen toiminta keskittyi Lakialaan, palkattiin vuonna 1989 informaattikko Elisa Pääkkönen sekä kirjastonhoitaja Kristiina Nevanpää kehittämään tietopalvelutoimintaa. Kirjastonhoitaja Lauri Aaltonen työskenteli vielä keväeseen 1991 Lakialassa. Tutkimuskeskuksen kirjaston kokoelma oli luetteloitava takautuvasti. Uusi aikakausi edellytti sähköistä kirjastojärjestelmää, eikä kirjastoluetteloa käytännössä ollut lainkaan. Hankimme mikrotietokonepohjaisen PrettyLib-kirjastojärjestelmän. Tietopalvelumme osallistui 1990-luvun lamavuosina työllistämistalkoisiin palkkaamalla henkilöitä kirjojen luettelointiin. Kokoelma sisälsi tuolloin noin 10 000 kirjaa. Kaukolainojen vuosittainen määrä kasvoi 1990-luvulla suurimmillaan noin 900:aan. Raportteja lainattiin paljon mikrokortteina, ja niiden kopiointi työllisti melkoisesti. Aikakauslehtienkin määrä kasvoi noin kahteen sataan.

Vuonna 1990 otettiin käyttöön STN-tietopankki, joka on hyvin kattava tekniikan ja luonnontieteiden alalla. Käytimme sitä jatkossa pääasiallisena online-tietopankkinamme. 1990-luvun alussa alkoi myös CD-ROM-tietokantojen esiinmarssi. Levyjen tallennuskapasiteetti oli suuri verrattuna aiempiin tallennusmuotoihin. Tutkimuskeskukseenkin hankittiin muutamia CD-ROM-tietokantoja, joita käytettiin ahkerasti.

Online-tiedonhakuja tehtiin Lakialassakin aluksi Mikro-Mikko 3:lla. Se oli kytketty modeemin kautta puhelinverkkoon, eikä tiedonsiirtonopeus ollut päätä huimaava. Vuonna 1993 saatiin modernimpi tiedonhakukone ja tietoliikenneohjelma.

Vuonna 1996 tutkimuskeskukseen hankittiin ensimmäiset internet-työasemat. Aloitimme Netscape Navigator 2.3 -selaimella. Alussa talossa oli vain viisi internet-työasemaa, ja niille oli tulijoita jonoksi asti. Samoihin aikoihin teetettiin tutkimuskeskuksen ensimmäiset kotisivut.

Tuotetun tiedon hallintamenetelmiä alettiin kehittää voimakkaasti. Ensimmäinen tutkimusrekisteri oli nimeltään TUREK, joka otettiin käyttöön vuonna 1992. Sitä varten tietopalvelu keräsi talosta myös oman asiasanaston. Sen seuraaja oli TT-järjestelmä, joka sisälsi monipuolisen tutkimusenhallinnan.

Vuosikymmenen alussa perustettiin tutkimuskeskukseen oma julkaisusarja. Tietopalvelu tuotti myös viikkotiedotetta Noottia. Vuonna 1999 julkaistiin ensimmäinen Sensori-asiakaslehti. Tietopalvelun työnkuvaan tulivat mm. työilmapiirikyselyjen järjestäminen, kielikoulutuksen organisointi, henkilöstölehden toimittaminen ja seminaarien järjestelytehtävät.

Vuonna 1999 laitos muuttui Puolustusvoimien teknilliseksi tutkimuslaitokseksi ja Riihimäelle perustettiin Elektroniikka- ja informaatiotekniikkaosasto (EIOS), jossa sai oman tietopalveluyksikön. Riihimäellä työskenteli aluksi informaattikkona Riitta Lähdemäki-Taipalus.

Puolustusvoimien kirjastojen välinen yhteistyö sai vauhtia, kun vuonna 1996 pidettiin ensimmäiset puolustushallinnon kirjastopäivät Helsingissä. Seuraavana vuonna kirjastopäivät järjestettiin Lakialassa.

## Tiedonhaku itsepalveluna ja tiedonhallintaa 2000-luvulla

Tutkimuslaitoksen kirjasto- ja tietopalvelut laajenivat. Informaattikko Sirpa Korpela aloitti informaattikon sijaisena vuonna 2000 Riihimäellä, ja seuraavana vuonna hän siirtyi Lakialaan. Informaattikko Merja Nousiainen palkattiin vuonna 2003 Riihimäelle.

Internetin kautta saavutettavat tietokannat vakiintuivat ja monipuolistuivat 2000-luvulla. Useimmista tietokannoista alkoi saada artikkeleita pelkkien viitteiden sijaan. Ensimmäinen omatoimiseen tiedonhakuun hankittu tietokanta oli IEEE, joka on keskeinen teknisten tieteiden tutkijoille. Seuraavaksi hankittiin käyttöoikeus ScienceDirect-tietopankkiin.

Vuonna 2008 siirrettiin Puolustusvoimien standardipalvelu tutkimuslaitoksen tietopalvelulle. Standarditietokantojen toimittajia ovat olleet SFS ja IHS. Tutkimuslaitoksen tietopalvelu on ylläpitänyt asiakkaiden ohjeistusta ja koordinoitua toimintaa.



Elisa Pääkkönen esittelee puolustusministeri Anneli Tainalle tietopalvelun toimintaa vuonna 1996. Kuvassa myös Tutkimuskeskuksen johtaja eversti Harri Liikanen. (Kuva: Tellervo Vormisto)

Hyöty-projekti tuotti paljon perustavaa tietoa tutkimustiedon hallintaan 2000-luvun puolivälissä. Yhtenä tuloksena oli Tutkijan työpöytä SharePoint -järjestelmä, jolla tutkimusdokumentteja hallitaan, ja joka mahdollisti monitasoisen tietoturvarakenteen. Se on toiminut pilottina tulevalle puolustusvoimien tutkimusrekisterille.

Puolustusvoimien tutkimusrekisteriprojekti (PVTUTREK) käynnistyi Puolustusvoimien teknillisen tutkimuslaitoksen vetämänä vuonna 2009. Projekti on pitänyt sisällään järjestelmän arkkitehtuuria, tietosisällön vaatimuksia, toimintatapamalleja, tekijänoikeutta ja hakutoiminnallisuuksia. Tietopalvelu on osallistunut tähän projektiin omalla vastuualueellaan.

Puolustushallinnon kirjastoväen yhteistoiminta voimistui 2000-luvun alussa. Vuonna 2002 perustettiin työryhmä kehittämään puolustusvoimien kirjastoja sekä tietopalveluita. Kirjasto- ja tietopalvelunormi julkaistiin vuonna 2010. Keskuskirjastona on Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto, jonka lisäksi on puolustusvoimien peruskirjastoja sekä erikoiskirjastoja, kuten tutkimuslaitoksen tietopalvelu. Kirjastoverkostolla on oma ohjausryhmänsä sekä työryhmiä. Tutkimuslaitoksen informaattikot toimivat ryhmissä aktiivisesti. MPKK:n ja Maasotakoulun kirjastokokoelmat ovat internetissä Taisto-tietokannassa. Muiden kirjastojen kokoelmat ovat haettavissa puolustusvoimien Urho-tietokannasta intranetissä. Puolustushallinnon kirjastopäivät on järjestetty vuosittain.

Tutkimuslaitoksen kemistien käyttöön hankittiin Chemical Abstracts Servicen ylläpitämä SciFinder vuonna 2012. Se mahdollistaa monin eri lähestymistavoin tutkijoiden omaoimiset tiedonhaut laajasta tietoaosteista.

2000-luvulla viestinnän osuus laajeni tutkimuslaitoksen tietopalvelun toimenkuvassa. Torni-portaali ja internet-sivusto toi verkkoviestinnän kokonaisuuden informaattikojen tehtäväksi. Lisäksi julkaistiin Sensorin asiakas-, tutkija- sekä henkilöstönumeroita, laadittiin lukuisia esitteitä ja seminaariaineistoja.

2014 perustetussa Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa vuosikirja on vuoden tärkein sidosryhmille suunnattu julkaisu, jonka ohella tuotetaan mm. tutkimuskatsauksia, esitteitä ja sarjajulkaisuja. Verkkoviestintää kehitetään puolustusvoimien linjausten mukaisesti. Uuden tutkimuslaitoksen tietopalvelussa työskentelee kolme informaattikkoa. Monialaisessa, viiden tutkivan osaston laitoksessa asiakaskunta on laaja. Päivittäinen työ on neuvontaa, kehityshankkeisiin osallistumista, viestintää ja perinteistä kirjastotyötäkin.

### Kirjoittaja

FM, YTM Elisa Pääkkönen toimi informaattikkona ja tietopalvelupäällikkönä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tietopalvelussa vuosina 1989–2014.

# Perustutkija

Perustutkija on kiivennyt norsunluutorninsa huipulle. Viileä aamutuuli lakaisee näennäisviisauden ja mukatietämisen sumupilvet pois. Perustutkijan sinisillä ajatuksilla on tilaa lentää kauas, kohti tutkimattoman tiedon taivaanrantaa.

Perustutkija hätkähtää hereille tunkkaisessa työhuoneessaan. Kaikki olikin vain toiveunta. Hän on kolauttanut päänsä hallinnollisen tietoverkon työaseman näyttölaitteeseen. SAP-ohjelman verkkaisesti pyörivä ”Wait Me” -oravanpyörä on hypnotisoinut hänet uneen. Näytössä on myös HALNET-tiimalasi, josta hiekka ei koskaan lopu kesken. Työaseman tilapäinen epäkäytettävyys ja toiminnan alenema on taas ohi, ja huokaisten Perustutkija alkaa loputtoman viivytystaistelunsa näytöltä vyöryvää tehtäväarmeijaa vastaan.

Perustutkija on huomannut koulutuksensa riittämättömyyden. Yliopistossa ei opetettu niitä taitoja, joita nykyisin tarvitaan lukemattomien OTS (Oman Työn Sijasta) -tehtävien tekemiseen. Nämä tehtävät vievät vaakunaleijonaosan työajasta, ja niiden todellista hintaa ei kukaan osaa tai uskalla laskea. Ehkä niin onkin parasta, säilyyhän edes jossain harhakuvitelma tuottavasta tutkimustyöstä.

Nimimerkki Olli (Väinö Nuorteva) kertoi jo 60 vuotta sitten pakinassaan virastosta, jossa oli otettu käyttöön automatisoitu rationalisointi eli järjeistämisyjärjestely, joka helpotti suuresti työnjakoa. Viidestä kymmeneen virkailijaa saattoi nyt yhteisvoimin tehdä saman työn, minkä yksi virkailija oli tehnyt yksin. Kuulostaako tutulta? Meidänkin työpaikallamme työ, jonka ennen teki yksi ammattilainen, työllistää nyt tusinan henkilöitä tekemässä, teettämässä, neuvomassa ja oppimassa.

Perustutkijakin on pakotettu opettelemaan toimistosihteerin ja matkatoimistovirkailijan työtä. Sihteerin työ alkaa jo muuten pikku hiljaa sujua, mutta omalla polvella istuminen vaatii

vielä harjoittelemista. Itselle saneleminen on sentään helpompaa, kunhan ei unohda puhumaansa ennen kirjoittamista. Akateeminen askartelu virkamatkan kuittien parissa kohentaa käden taitoja ja taiteellista silmää. Lisäksi se on mainiota harjoitusta vanhainkodin askarteluhetkiin. Arlan mainosta mukaillen: kohta meissä jokaisessa asuu pieni sihteeri...

Perustutkija on kuin taidemaalari, joka ei koskaan saa taulua valmiiksi. Juuri kun hän on kiinnittänyt kankaan ja aikoo maalata, taulun kehykset vaihdetaan uusiin ja entistä prameampiin. Taidekaupan asiakkaatkin ovat lopulta oppineet ostamaan vain kehyksiä ja kuvittelevat sitten taulun niiden sisälle.

Perustutkija myös samaistuu tähtitieteilijään, josta kaikkien alojen erikoisasiantuntija Juhani Mäkelä kertoo kirjassaan. Tähtitieteilijää alkoi pelottaa oman maailmankuvansa laajeneminen. Hän sai avun kuunneltuaan pubissa Mäkelän ja tämän kavereiden jutustelua. Tähtitieteilijän maailmankuva oli taas järkevän kokoinen. Hän oli myös ratkaissut ongelman, onko maailmankaikkeudessa älyllistä elämää. Sitä ei ole, ei edes täällä maapallolla.

Kuinka moni meistä on valinnut väärän ammatin? Ei hätää, vielä ehtii kouluttautua tulevaisuuden ammatteihin, joita pohdittiin Helsingin Sanomissa 25.8.2014. Perustutkijaa miellytti eniten puolestatietäjä, joka ratkaisee isoja ongelmia. Pieniä ongelmiahan ei missään ratkaista, vaan niiden annetaan rauhassa kasvaa suuriksi. Tarkemmin ajatellen puolestatietäjä ei sinänsä ole uutuus, koska vakiintuneessa parisuhteessa elävällä miehellä on sellainen omassa kodissaan.

Siunatuksi lopuksi hieman lohtua ankeaan työpäivään: suorittamalla työnimikkeen saat lisätietoja ja voit mahdollisesti siirtä sovellustositteeseen ja toistaa sanomaehdotuksen.

## Puolustusvoimien tutkimuslaitos

### Ylöjärven toimipiste:

- Esikunta
- Asetekniikkaosasto
- Räjähde- ja suojelutekniikkaosasto

PL 5  
34111 LAKIALA  
Käyntiosoite: Paroistentie 20

### Riihimäen toimipiste:

- Doktriiniosasto
- Informaatiotekniikkaosasto
- Tutkimussuunnitteluyksikkö

PL 10  
11311 RIIHIMÄKI  
Käyntiosoite: Tykkikentäntie 1

### Tuusulan toimipiste:

- Toimintakykyosasto

PL 5  
04401 JÄRVENPÄÄ  
Käyntiosoite: Rantatie 66, Tuusula

### Yhteystiedot:

Puh 0299 800 (Puolustusvoimien vaihde)

[puolustusvoimat.fi](http://puolustusvoimat.fi) > Laitokset > Puolustusvoimien tutkimuslaitos



