



Puolustusvoimien tutkimuslaitos **VUOSIKIRJA 2017**



PUOLUSTUSVOIMIEN TUTKIMUSLAITOKSEN VUOSIKIRJA 2017

Päätoimittaja: Olli Klemola
Toimittaja: Merja Nousiainen



PUOLUSTUSVOIMIEN TUTKIMUSLAITOS
YLÖJÄRVI 2017

Taitto ja kuvankäsittely:
Onni Pernu

Kannen layout:
Onni Pernu

Kannen kuvat:
Jaakko Saarela
Tiina Lahtinen
Tuuli Haataja
Puolustusvoimat / Jarno Kovamäki

ISBN 978-951-25-2874-5 (painettu)
ISBN 978-951-25-2875-2 (verkkojulkaisu)
ISSN 2342-8368 (painettu)
ISSN 2343-4953 (verkkojulkaisu)

Puolustusvoimien tutkimuslaitos

Juvenes Print
Tampere 2017

Sisälllys

Tutkivaa johtamista	4
Puolustusvoimien teknologia- ja tutkimusohjelmat – osaamisen huoltovarmuutta parhaimmillaan	6

Doktriiniosasto

Urheasti ummikkona umpihangessa – kokemuksia venäjän kielen opiskelusta	12
Strategisen ennakkoinnin sietämätön keveys	14

Räjähde- ja suojelutekniikkaosasto

Yhteistyötä ja kokemuksia – kenttälaboratoriojoukkueen koulutus	18
Materiaalia lisäävän 3D-tulostuksen merkitys Puolustusvoimissa	20
Ruudin kuljetuskontin polttokokeesta paljon hyödyllistä tietoa	22
Sotilasräjähdysaineiden kehityssuuntia	24
Farmaseuttisperäiset aineet – uusi kemiallinen ase?	26

Informaatiotekniikkaosasto

Laskennallisilla menetelmillä autonomiaa ja kognitiivisuutta sensoreihin	30
Mielekäs ja tuloksekas tutkimus toteutuu yhteistyössä – asiakkaan ja Puolustusvoimien hyväksi	34
Läsnäkrypto – lohkoketjujen tuolla puolen	38

Asetekniikkaosasto

Keuyen ballistisen suojauksen tutkimustoiminta	44
Ohjusmoottoreiden polttokoe kesällä 2016 Niinisalossa	46
PVTO 2013 Suoja -hanke päättyy – suorituskykyjen kehittäminen ja jalkautus jatkuu	48
Maastouttaminen tulevaisuudessa – uutta ja vanhaa	51

Toimintakykyosasto

Sotilaiden toimintakykyä tutkivat reserviläisryhmät poikkeusoloissa	56
Yksilö ja yhteisö psykologisen sodankäynnin kohteina informaatioyhteiskunnassa	58
Varusmiespalveluksen keskeyttämisen syistä	60

Esikunta

Tutkimusrekisterin käyttöönotto	64
Perustutkijan palsta	66
Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen sukupuu	67
Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen aiemmat julkaisut	68

Tutkivaa johtamista



(Kuva: Puolustusvoimat / Jarno Riipinen)

Johtaminen on kokonaisvaltaista toimintaa. Jotta johtaminen voi onnistua, sen tulisi tunnistaa, ymmärtää ja katkaa lähes kaikki ihmisen toiminnalle tyypilliset muodot, jatkuvaa ennakkointia unohtamatta. Kehittyäkseen johtamisen tulisi kyetä kriittiseen itsearviointiin. Johtaminen on kuitenkin nykymerkityksessään inhimillistä toimintaa, ja juuri siksi täydellistä johtamista ei ole olemassakaan.

Haasteen helpottamiseksi on lanseerattu lukuisia määriä erilaisia näkökulmia johtamiseen. Näiden näkökulmien eroteltavuus on lähtenyt siitä, että johtamisen peruskäsitteeseen on liitetty tarkentava määre. Jotkin näistä näkökulmista ovat aidosti tutkimusperustaisia ja toiset taas vahvemmin hyvien käytäntöjen virittämiä. Perusajatus lienee kuitenkin ollut se, että kun johtamisen moniulotteista käsitettä rajataan, voitaisiin saavuttaa syvempää ymmärrystä halutulla osa-alueella. Ansaipun kritiikin kohteena ovat olleet ne johtamisopit, jotka ovat julistaneet oman rajauksensa olevan ainoa oikea näkemys johtamisesta.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen perustehtävän kannalta oli kiinnostavaa tehdä havainto, että suomen kielessä ei ole vielä esitelty tutkivan johtamisen käsitettä. Näin ollen

on mahdollista harrastaa hieman käsitteen rakentamista ja pohtia, millaista tutkiva johtaminen voisi olla. Lisäpontta tarkastelulle antaa tuore tutkimusraportti, jossa selvitettiin tietojohtamisen ja tutkimustoiminnan johtamisen käytäntöjä puolustushallinnossa. Millaista on johtaminen, jos sovelletaan tutkivaa johtamisotetta?

Ensimmäinen edellytys on organisoida toiminnot niin, että kaiken päätöksenteon on mahdollista perustua tietoon. Tietoa tuotetaan tutkimuksella. Tutkimuksella voidaan määrittellä myös sitä, mitä me emme tiedä. Tosiasiassa toimintaympäristömme muutokset viimeisten kolmen vuosikymmenen aikana ovat luoneet sellaisen tilanteen, jossa monenlaisesta tiedosta on suorastaan ylitarjontaa. Haasteeksi ovat yleisellä tasolla tulleet tiedon arviointi, suodattaminen, seulonta ja tiivistäminen. Yksittäisen ihmisen kognitiivinen valmius hyödyntää tietoa päätöksentekotilanteessa ei ole ratkaisevasti muuttunut. Tätä voidaan toki kompensoida kollegiaalisten metodien avulla. Tutkivassa johtamisessa on kuitenkin oltava vahva kiinnostus päätöksenteon metatasoon eli siihen, miten ja missä muodossa tarjottuna tutkimustieto on parhaiten hyödynnettävissä.

Tutkivan johtamisen toisen periaatteen voisi rakentaa hyvän tutkimuksen yleisten laatukriteerien pohjalta. Hyvä tutkimus on riippumatonta, neutraalia ja arvovapaata. Se on avointa ja kritiikille altista, parhaimmillaan myös itseään korjaavaa. Vaatimustaso siis kasvaa. Edellä kuvatut periaatteet haastavat johtamisesta erityisesti sen inhimillisen puolen. Jokainen päätöksentekijä, asemastaan ja koulutuksestaan riippumatta, on inhimillisten tarpeidensa ja motiivinsa ohjaama yksilö. On vaikeaa ottaa johtamiseen helikopteriperspektiivi, kun on itse ihmisenä mukana sosiaalisissa tilanteissa. Meillä on jokaisella oma persoonallisuutemme, temperamenttimme ja elämän myötä rakentunut arvomaailmamme. Kaiken sen ohittaminen päätöksentekotilanteissa lienee kohtuuton vaatimus. Kuitenkin hyvällä johtajalla täytyy olla vahva pyrkimys puolueettomuuteen, rehellisyyteen ja jatkuvaan oppimiseen.

Kolmanneksi tutkivan johtamisen olennaiseksi piirteeksi nostaisin aivan itsenäisenä näkökulmana juuri oppimisen. Muuttuvassa maailmassa menestyvät parhaiten ne yksilöt ja organisaatiot, jotka kykenevät oppimaan tehokkaimmin. Oppiminen on sopeutumista – ja parhaimmillaan jopa muutokseen vaikuttamista sen etulinjasta. Tutkiva johtaminen rakentaa oppimisen syklejä tiedon kaikille tasoille. Tutkiva ote kohdistuu vahvana omaan toimintaan ja sen jatkuvaan kehittämiseen. Tähän tarvitaan hyvää itsetuntoa ja kykyä erottaa ihmiset ja asiat toisistaan. Palaute on mestarin aamiaista.

Jouni Virtaharju ja Tuomas Kuronen ovat selvittäneet tutkimuksessaan tietojohtamisen ja tutkimustoiminnan johtamisen käytäntöjä puolustushallinnossa. Tutkimukseen haastateltiin yli kahtakymmentä asiantuntijaa viime vuoden vaihteessa. Tavoitteena oli selvittää, miten keskeiset verkostotoimijat ymmärtävät tutkimuksen merkityksen puolustushallinnossa. Myös toimijoiden välistä työnjakoa ja yhteistyötä arvioitiin kehittämismahdollisuuksia etsien. Riippumattomien tutkijoiden löydökset ovat hyvin linjassa tutkimuslaitoksen johtoryhmässä vallitsevan käsityksen kanssa tutkimuksen organisoinnin nykytilasta ja kehittämismahdollisuuksista.



(Kuva: Stux, Pixapay CCO Public Domain)

Puolustusvoimauudistuksen tavoitteena ollut tutkimustoiminnan vaikuttavuuden lisääminen on toteutunut. Tutkimustoiminnan johtamisen prosessit ovat parantuneet, vaikka pikatilanteita silloin tällöin esiintyykin. Pääesikunnan suunnitteluosaston koordinoiva rooli on mahdollistanut selkeämmän ohjauksen ja tehokkaamman resurssien käytön. Perusta on siis kunnossa, mutta kehittämistarpeita löytyy.

Tutkimustöiden toteuttamiseen liittyvä asiakasprosessi edustaa uutta kulttuuria Puolustusvoimissa, ja aikaakin tarvitaan sen kehittämiseen. Tutkimuksen arvostaminenhan yleisesti on suoraan yhteydessä sen hyödyntämiseen päätöksenteossa. Yhteistyön aktiivisuutta ja laatua kaikissa rajapinnoissa voidaan parantaa. Eri suunnissa tunnistetaan tarve laajempien tutkimustehtävien muodostamiseen. Myös tutkimustiedon hyödyntämiselle ja levittämiselle varsinaista asiakasta laajemmalle on tarvetta.

Kokonaan oma haasteensa Puolustusvoimien sisäisessä tutkimustoiminnassa on perustutkimuksen alueella. Panostaminen vain soveltavaan tutkimukseen luo ajan mittaan tilanteen, jossa tutkimus- ja kehittämistoiminnan tieteellinen perusta murenee. Vaikka Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen oma rooli on selkeä, on yhteisen edun nimissä tehtävä töitä myös perustutkimuksen jäntevöittämisiksi kriittisimmän tiedon alueilla. Kokonaisuuden toimivuus on ratkaisevaa ylimmän johdon päätöksenteon tukemiseksi.

Kirjoittaja:

Eversti, kasvatustieteiden tohtori Vesa Nissinen toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen johtajana.

Puolustusvoimien teknologia- ja tutkimusohjelmat

Osaamisen huoltovarmuutta parhaimmillaan

Puolustusvoimien tutkimusohjelma on merkittävin yksittäinen Puolustusvoimien suunnittelema tutkimuskonaisuus. Ohjelman toteuttajina toimivat kotimaiset yritykset ja tutkimusyhteisö. Syksyn 2016 aikana on saatu päätökseen Puolustusvoimien teknologiaohjelma 2013, ja uusi tutkimusohjelma, PVTO 2017, on tätä kirjoitettaessa lähtökuopissaan.

Kun tavallinen kansalainen ajattelee huoltovarmuutta, saattaa ensimmäisenä mieleen tulla elintarvikkeiden, vaatteiden, koneiden ja Puolustusvoimien kaluston varaosien varastointi ja hankinta pahan päivän varalle. Valistuneimmat voivat jopa tunnistaa näitä asioita päätyökseen suunnittelevan Huoltovarmuuskeskuksen nimeltä. Mutta moniko tulee ajatelleeksi, mikä merkitys yhteiskuntamme osaamisella on kriisiaikana?

Oivallisena esimerkkinä osaamisen merkityksestä on maamme ensimmäisen tutkajärjestelmän suunnittelu. Suomihan oli saanut ensimmäiset tutkansa Saksasta aprillipäivänä 1943: kyseessä oli ilmavalvontaan tarkoitettu Freya-tutka, joka Suomessa nimettiin sittemmin vakiintuneen tavan mukaisesti kauniimman sukupuolen edustajaa kuvaavalla nimellä. Freyasta tuli luonnollisesti Raija. Kun Raija-tutkat oli sodan jälkeen kirjaimellisesti kulutettu loppuun eikä järjestelmiä enää ollut mahdollista ylläpitää, jouduttiin ilmavalvonnan ratkaisuja miettimään toden teolla. Koska Suomi oli sodassa ”valinnut puolensa väärin”, meille ei haluttu myydä tuon ajan huipputeknologiaa. Tilanteen ollessa tämä tehtiin päätös rakentaa ilmavalvontatutkat itse. Työ organisoitiin toteutettavaksi v. 1945 perustetussa Valtion Sähköpajassa professori Jouko Pohjanpalon johdolla.

Puolustusvoimien teknologiaohjelma 2013

Johtamisjärjestelmä

Informaation hallinta ja informaatio-operaatioiden tuki

Suoja

Toimintakyky elektronisella taistelukentällä

Suojan integrointi

Bioilmaisuus

Toimintaympäristötietoisuus

Sensorit

Tunkeutumiskykyinen maalinosoitus



VRRVY-tutka. (Kuva: Sotämuseo/Niuttanen)

Tästä sai alkunsa huima hanke, jossa oli osittain parhaiden agenttitarinoiden piirteitä. On muistettava, että tutkajärjestelmän jotkin yksittäiset komponentit olivat luonteeltaan vientirajoitusten alaisia. Niinpä osa komponenteista salakuljetettiin Suomeen eri reittejä pitkin; taisipa jokunen erä jäädä kiinni tullissakin... Loppujen lopuksi saatiin aikaan niiden aikojen mittapuun mukaan erittäin edistyksellinen tutkajärjestelmä, jolla pystyttiin maalista mittaamaan suunnan ja etäisyyden lisäksi myös korkeus. Tämä VRRVY-tutka (nimeämiskäytännöstä voisi pitää oman luentonsa) oli käytössä aina 1990-luvun alkuun saakka, jolloin viimeinen järjestelmä purettiin Hyvinkään Usmista.

Tämä tutkahanke loi valtavan osaamispääoman kotimaiseen teollisuuteen ja tutkimusyhteisöön, puhumattakaan Puolustusvoimista. Voitiin osoittaa, että pieni maamme kykenee luomaan huipputeknologiaa yhdistämällä kansalliset voimavarat yhteisen ponnistuksen hyväksi. Osaamisen lisäksi ajan myötä tällä hankkeella luotiin myös työpaikkoja ja liiketoimintamahdollisuuksia. Valtion Sähköpajasta muodostettiin v. 1962 valtion omistama Televa Oy, joka sittemmin myytiin Oy Nokia Ab:lle. Yhtiön nimeksi tuli v. 1992 Nokia Telecommunications.

Syvällinen osaaminen syntyy vain itse tekemällä. Tämän vuoksi Puolustusvoimat on panostanut merkittäviä summia kotimaisen osaamisen kehittämiseen teknologiaohjelmissa. Puolustusvoimien teknologiaohjelma 2013 (PVTO 2013) koostui kolmesta hankkeesta: Johtamisjärjestelmä, Suoja ja

Toimintaympäristötietoisuus (TOTI). Hankkeet koostuivat projekteista ja projektit edelleen työpaketeista. Ohjelman kokonaisvastuu ja hankepäällikkyydet olivat loppuvaiheessa Pääesikunnassa lukuun ottamatta Suoja-hanketta, jonka hankepäällikkyyks oli PVTUTKL:lla. Ohjelma kilpailutettiin kokonaisuudessaan kotimaisen teollisuuden ja tutkimusyhteisön muodostamien konsortioiden välillä. PVTUTKL asetti projekteihin ns. projektivastaavat, joiden tehtävänä oli yhteydenpito kokonaistoimittajan projektipäälliköihin. Lisäksi toimittajaportaasta hankittiin ns. kokonaiskoordinaattori-palvelut, jotka käytännössä helpottivat hankepäälliköiden taakkaa olennaisella tavalla. Ensimmäisenä toteutusvuotena tehtiin projektien työpaketeista ns. soveltuvuustutkimukset, joiden perusteella valittiin jatkoon potentiaalisimmat aiheet. Tavoitteeksi jatkoon päässeille työpaketeille asetettiin demonstraattorien toteuttaminen. PVTO 2013:n hankkeita on käsitelty tässä kirjassa toisaalla, joten tässä kirjoituksessa ei mennä näiltä osin yksityiskohtiin.

Puolustusvoimauudistuksen yhteydessä tehtiin päätös teknologiaohjelmien laajentamisesta myös ei-teknologisille tieteenaloille. Tämän vuoksi teknologiaohjelma-termistä luovuttiin ja alettiin käyttää tutkimusohjelma-termiä. Pääesikunta antoi joulukuussa 2014 PVTUTKL:lle tehtäväksi PVTO 2017:n valmistelu- ja projektointivastuun. Käytännössä PVTUTKL on organisoitunut – toki Pääesikunnan ohjauksessa – koko ohjelman sisällön suunnittelun ja kilpailutuksen järjestelyt. Puolustusvoimien logistiikkalaitos vastaa kaupallisen osuuden valmistelusta ja varsinaisesta hankinnasta. Edellisen

Puolustusvoimien teknologiaohjelma 2017

Informaatioulottuvuuden hallinta

Informaation hallinta ja informaatio-operaatioiden tuki

Sähkömagneettisen spektrin hallinta

Salausmenetelmien toteutuksen arviointijärjestelmä

Älykäs vaikuttaminen

Edistyneet tutkamenetelmät

Paikannus ja herätteiden hallinta

Autonomiaa omaavat järjestelmät

Sensorit

Innovatiiviset konseptit

Verkostoituminen arjen ratkaisulla

Kustannustehokkaat satelliitit

Taistelijan toimintakyky

-25 v

-12 v

-8 v

-4 v

-0 v



Tulevaisuuskuvaus

Toimintaympäristön, teknologian ja sodan sekä taistelun kuvan muutos 20–30 vuoden sisällä. Trendit, disruptiiviset ilmiöt

Demonstraattori Prototyyppi

Tiedetään, mitä halutaan ja mikä on realistista, ja myös osataan tehdä se

Tekniikka ja käyttöperiaate ratkaistu

Sotavaruste

Materiaali hankittu ja integroitu puolustusjärjestelmään

Sotajoukko

Koulutettu SA-joukko, jolla toimiva varustus ja taktiikka

ohjelman tapaan ohjelma koostuu kolmesta hankkeesta; parannuksena edelliseen ohjelmaan rahoitustaso on tällä erää merkittävästi korkeampi eli kaikkiaan yhteensä 22,5 miljoonaa euroa jaettuna neljälle vuodelle. Edellisen sivun kaaviossa on esitetty ohjelman tarkempi sisältö projektitasolla.

Tutkimusohjelmien sisältö ei synny sattumanvaraisesti. Taustalla on oltava näkemys toimintaympäristömme muuttumisesta sekä tieteen ja teknologian suomista mahdollisuuksista pitkällä aikavälillä. Esimerkiksi PVTO 2017:n hanke- ja projektirakenne on tuotettu laajan asiantuntijajoukon voimin. Taustatietoina on käytetty mm. Puolustusvoimien tavoitetta 2030 -asiakirjaa, kehittämissuunnitelmia, Puolustusvoimien tutkimusagendaa ja T&K-strategiaa, teknologiastrategiaa ja lukuisia muita oleellisia taustadokumentteja sekä ennen kaikkea asiantuntijoiden visionäärisiä kykyjä. Meidän on kyettävä ymmärtämään tulevaisuuden disruptiivisia ilmiöitä, mutta yhtä lailla meidän on kyettävä ennakoimaan, minkälaista osaamista Suomessa tarvitaan tarkastelujaksolla. Meidän on tunnistettava ennalta ne suorituskyvyt ja teknologiat, joissa meidän on oltava todella hyviä riittävän tieto-omavaraisuuden takaamiseksi ja sodan ajan yllätysmomentin luomiseksi. Syvälistä osaamista luovalla tutkimuksella tuotetaan myös perusteet ns. osaavana ostajana (Smart Buyer) toimimiselle: edelleen on havaittavissa, että Suomelle ei ole ihan kaikenlainen sotateknologia kaupan. Lisäksi on havaittu, että kaikki tuotteet eivät välttämättä ole ”tuoteselosteen mukaisia”. Jotkin asiat on vain yksinkertaisesti tutkittava ja osattava tehdä itse!

On huomattava, että tutkimusohjelman ensisijaisena tavoitteena ei ole laitteiden tuottaminen – tavoitteena on luoda kriittistä tietopääomaa maahamme. On totta, että jotkin ohjelmassa tuotetut innovaatiot voidaan ajan myötä tuot-

teistaa kaupallisiksi tuotteiksi, ja hyvä näin. Ohjelma etenee kuitenkin osaamisen näkökulma edellä.

Tutkimusohjelman aikajänne on 8–12 vuotta. Näin ollen se asettuu Puolustusvoimien kehittämisessä ns. keskipitkälle aikavälille. Jos kohta tavoitetta pyritään kuvaamaan jopa 25 vuoden päähän, tehdään vastaavasti Puolustusvoimien kehittämissuunnitelmassa prototyyppien ja lyhyemmän aikavälin teknologiaratkaisuihin liittyvää tutkimustyötä. Yllä olevassa kaaviossa on hahmoteltu edellä kuvattua periaatetta.

Tähän lopuksi vielä selvitys edellä kuvatun VRRVY-tutkan nimeämisestä: ilmeisesti nimeämisraadissa on aikanaan istunut varastomiesten enemmistö, sillä lyhenne tulee sanoista Viestiväline, Radio, Radar, Valvonta, Yleis. Sangen loogista siis!

Kirjoittaja:

Insinöörierveri Olli Klemola toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tutkimusjohtajana.

Doktriiniosasto

Urheasti ummikkona umpihangessa – kokemuksia venäjän kielen opiskelusta

Tämä artikkeli valottaa tutkimuksen perustana olevan osaamisen pitkäjänteistä kehittämistä ja Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen tunnistaman venäjän kielen osaamistarpeen täyttämiseksi tehtyjä ponnisteluista tutkijoiden näkökulmasta.

Kun Puolustusvoimien tutkimuslaitos kesäkuussa 2015 tarjosi työntekijöilleen mahdollisuuden opiskella venäjää työnantajan tukemana, tartuimme tilaisuuteen innolla ja haasteita pelkäämättä. Meille opiskelijoiksi valituille määriteltiin osamispohjan perusteella tavoitteet Puolustusvoimien venäjän kielitutkinnon tietyn tason saavuttamiseksi ja järjestettiin 10–25 % työajasta kohdennettavaksi opiskeluun. Jokaisen tuli suunnitella ja järjestää opiskelu itse tarkoituksenmukaisimmalla tavalla. Syksyyn 2016 mennessä osa opiskelijoista on suorittanut lukuvuoden verran lukiotasoisia kieliopintoja, ja tämä artikkeli kertoo näistä opiskelukokemuksista.

Riihimäen toimipisteeltä venäjän alkeisopinnot aloitti kolme tutkijaa. Koska viime lukuvuonna venäjän kieliopintoja ei järjestetty Riihimäen ilta- tai päivälukioissa, lähin paikka, jossa venäjän alkeita opetettiin, oli Hyvinkään yhteislukion päivälukio. Eipä auttanut muu kuin keski-ikäisten miesten pakata koulukirjat reppuunsa ja lähteä istumaan lukion ekaluokkalaisten joukkoon. Opinnot aloitettiin kyrillisten kirjainten haparoivasta piirtelystä ja siitä jatkettiin jo unohdetun kaunokirjoituksen harjoitteluun. Lienee itsestään selvää, että erotuimme joukosta. Koska venäjä on vaikea kieli, olivat lukiolaisista sen valinneet ne, joilla venäjää jo puhutaan suvussa, ja heidän lisäksi kaikkein kunnianhimoisimmat nuoret. Meillä korkeakoulutetuilla aikuisopiskelijoilla oli ja on vielä varmasti tulevaisuudessa monta kertaa häitä kädessä sekä kaikki mahdollinen aivokapasiteetti täydessä käytössä yrittäessämme pysyä nuorten perässä.

Osallistuimme samalle lukion lyhyen kielen oppimäärän kahdelle ensimmäiselle kurssille kuin muutkin oppilaat. Niitä oppitunteja, joilla kaikki kolme olisimme olleet paikalla, oli lopulta vähän, ja joitakin sanakokeita ja pistokokeita meiltä kultakin epäilemättä jäi työtehtävien takia suorittamatta. Luonnollisesti lukio-opintoihin sisältyy suurehko määrä erilaisia kotitehtäviä, ja niiden tekeminen elämän muiden kiireiden keskellä osoittautui haastavaksi. Aikaa omiin ekskursioihin venäjän kielen hämmäntävään maailmaan oli järjestettävä aina silloin, kun sitä löytyi. Esimerkkinä toimikoon miltei jatkuva opetus-cd:n kuuntelu ja sen papukaijamainen toistelu automaatioilla töihin. Oppimismenetelmien runsau-

den pulan takana leijuu kuitenkin se useimmille paras konsti: raaka pönttö.

Itse venäjän kielihän on ainakin opettajamme mukaan helppoa ja loogista. Jossain määrin tämä pitääkin paikkansa, mutta valitettavasti tuntuu kuitenkin joskus siltä, että samaa asiaa määrittää useampikin logiikka, eikä niiden rajapinta olekaan aina niin selvä kuin oppilas olisi toivonut. Joskus vuosi (ГЕТ) on vuosi, joskus vain sanan kesä (ЛЕТО) monikon genetiivimuoto (ЛЕТ). ЛЕТ sen sijaan tarkoittaa lentoa, mutta usein säästeliääts kirjoittajat jättävät pisteet kirjaimen päältä pois. Sataan laskiessa täytyy hieman keskittyä – kymmenten ilmaiseminen kun tuppaa vaihtumaan yllättävissä paikoissa – koska joskus turkisinpuissa oli kuulemma neljäkymmentä nahkaa. Substantiivit ja adjektiivit taipuilevat sulassa sovussa, jos vain muistaa miten. Joskus taas on poikkeuksia sääntöihin. Jotkin kirjaimet eivät halua olla toistensa seurassa, ja joittenkin ääntäminen tuntuu sen verran foneettiselta akrobatialta, että arvaako sitä yrittääkään – munaa vielä itsensä.

Tuskan lisäksi on ollut paljon iloisiakin yllätyksiä. Suomeen on venäjältä lainattu paljon, ehkä enemmän kuin tulee ajatelleeksi. Kiisselit ja vesselit, remontit ja savotat, piirakat ja akkunat ovatkin sieltä. Ja onhan se venäjänkin imaussut itseensä sanoja lännestä päin, joten tuttua juttua on ainakin alkupaloiksi heti tarjolla. Oppilas saattaa kokea ahaa-elämyksiä: tuohan kuulostaa tutulta, tuostahan se tulee.

Lukiokurssit ovat kokemuksemme mukaan tarkoituksenmukainen tapa tavoitteelliseen uuden vieraan kielen opiskeluun. Opetus on esimerkiksi kansalaisopistoihin verrattuna sekä päämäärätietoisempaa että strukturoidumpaa, ja muun opiskelija-aineksen innokkuus pakottaa vanhemmatkin setämiehet haastamaan itsensä. Lisäksi työnantaja ja opiskelijat voivat seurata opintojensa ja taitojensa edistymistä kursseja läpäisemällä.

Kielenopiskelu vaatii vahvaa omaa motivaatiota, mutta sekään ei yksin riitä. Se, että laitos sitoutuu tukemaan opintojen toteuttamista, on elinehto oppimiselle. Tämä tuki määriteltiin jo opintojen toteuttamisen käskevässä asiakirjassa, ja se on toteutunut erinomaisesti. Lukio-opiskelun kurssi-
muotoisuuden takia opiskeluun tarvittava työaika vaihtelee. Kurssijaksojen aikana on tärkeää löytää aika kolmeen oppituntiin viikossa, ja tämä tulee myös esimiesten ymmärtää ja hyväksyä. Tähänastisesta tutkimuslaitokselta saamastamme tuesta meillä ei ole kuin positiivista sanottavaa.



Yllä olevassa kuvassa on haparoviisia raapustuksia kyrillisten kirjainten maailmassa. Näistä on jokaisen venäjän oppijan aloitettava. Tämä oppija on edistynyt e-kirjaimeen saakka. Niitä on venäjän kielessä oikeastaan kolme kappaletta: е (je), ё (jo) sekä э (e). Kirjan alukulmassa lienee nähtävissä tuskan hien tai oppimisen ilon vuodattamien kyyneleiden aiheuttama kosteusvaurio... (Kuva: Antti Hujala)

Mitä pitäisi sitten kertoa niille, jotka haluaisivat mahdollisesti itse aloittaa, jos seuraava opintokierros joskus aloitetaan? Tutkimuslaitoksen linjauksen mukaisesti opiskelijalla oli tällä kertaa oltava ainakin ”riittävä oppimiskyky” ja ”kielellistä lahjakkuutta”, motivaatiota unohtamatta. Loppuasetelmassa hankittavalla venäjän kielen taidolla on kyettävä tukemaan laitoksemme tutkimusta. Osaamistason on siis oltava opintojen lopussa 2–3 vuodessa sellainen, että opiskelija pystyy ymmärtämään tutkimuslaitoksen kannalta relevanttia aineistoa tai ainakin tunnistaa sellaiset aineistot ja pystyy tarvittaessa myös ohjaamaan muita tiedon lähteille. Opintojen aikana suoritetaan periaatteessa lukion lyhyt venäjä (tai ainakin hankitaan vastaavat tiedot), kaksi Puolustusvoimien erikoiskurssia ja halutun osaamistason mukaiset Puolustusvoimien venäjän kielitutkinnot (luokat III ja/tai II). Ekskursiota johonkin venäjänkieliseen maahan on hieman lupailtu.

Kielitaidon hankkimiseksi aikuisiällä tarvitaan tavoitteellisuutta, tunnollisuutta, ajankäytön hallintaa, motivaatiota ja ehkäpä ripaus sitä kielipäätäkin. Omien ambitioiden lisäksi on syytä muistaa työnantajan näkökulma: saavutettu kielitai-

to on pystyttävä käyttämään kokonaisuuden hyödyksi. Miltä kuulostaa?

Kirjoittajat:

Majuri, YTT, dosentti Jan Hanska toimii erityistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosaston strategisen analyysin tutkimusalalla.

FM Antti Hujala toimii erikoissuunnittelijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosaston sotapelit ja eksperimentit -tutkimusalalla.

Insinööriylliluutnantti, FT Juha-Pekka Nikkarila toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosaston tietoverkkosodankäynnin tutkimusalalla.

Strategisen ennakoinnin sietämätön keveys

Strategisen analyysin tutkimusalan keskeisimpiä tehtäviä on tutkia niin Suomen sisäisen kuin ulkoisenkin turvallisuusympäristön muutoksia ja ennakoida kehityssuuntia pitkäjärjenteisesti 10–20 vuotta eteenpäin. Tehtävänä tämä on äärimmäisen haastava, koska PVTUTKL:n laboratorioista ei löydy kristallipalloa tutkijan käyttöön. Joitakin faktoja toki on perustana, kuten demografinen kehityssuunta, mutta varmuutta tulevasta ei voi olla. Ennakoitaessa tulevaisuutta on kyettävä hahmottamaan eri aikajäniteitä, jotka vaikuttavat päätöksentekoon eri tasoilla. Strategia on pitkäjärjenteisen suunnittelun työkalu, eikä sen tule muuttua hetkestä toiseen. Tekemämme ennakointi ulottuu tiedustelun strategista analyysia kauemmas ja saattaa johtaa tiedustelukysymyksiin lyhyemmällä aikajärjenteellä.

Strategia juontuu muinaiskreikan sanasta strategos, ja sen nähtiin modernin ajan alkuun asti olevan ”kenraalin taito”. Vielä maailmansotien aikana strategia käsitelti ainoastaan aseellisen voiman käyttöä poliittisten tavoitteiden toteuttamiseksi. Kylmän sodan aikana strategia kypsyi nykyiseen muotoonsa tarkoittamaan valtion kaikkien resurssien ja kyvykkyyksien käyttöä sen päämäärien edistämiseksi. On olemassa eritasoisia strategioita, joita eri valtiolliset toimijat laativat, mutta takavuosien ”Puolustusvoimien tulostusstrategian” kaltaiset dokumentit eivät ehkä käsittele kyllin merkittäviä linjanvetoja.

Termit kirjallisuudessa menevät iloisesti sekaisin. Se, mikä Clausewitzille oli strategiaa, on osin nykyistä operatiotaitoa, ja hänen käsitteensä ”Politik” aivan kuten suomalainen ”politiikka” kattaa sekä termien englanninkielisten ”policy” ja ”politics” sisällön. Perinteisesti strategian tutkijat puhuvat suurstrategiasta, joka ohjaa valtion politiikan suuntaa. Valtion johto poliittisessa prosessissa luo valtiollisen strategisen näkemyksen, joka ohjaa hallinnonalojen omien strategioiden luomista ja näiden jalkauttamista tai operationalisointia. Strategia on siis politiikan toimeenpanoa, ja näiden kahden

välillä tulee Andre Beaufren mukaan vallita jatkuva osmoosi. Kaikilla valtioilla ei välttämättä ole varsinaista suurstrategiaa, mutta supervalloille tai sellaisiksi pyrkiville yhteinen suurstrateginen näkemys on ehto. Suurstrategiat, kuten Kiinan nostaminen maailman johtovaltioksi, Venäjän supervaltaseman palauttaminen tai Yhdysvaltojen ylivoiman säilyttäminen, ovat useiden vuosikymmenten aikaperspektiivillä tarkasteltavia tapahtumia. Poliitiikka ja siitä juontuva strategia ovat demokratiassa usein käytännön syistä sidonnaisia vaalikausien kesto, mutta niiltä voisi perustellusti vaatia vuosien ja parhaissa tapauksissa vuosikymmenien aikajärjennettä. Sellaisia asioita, joilla on strategista merkitystä, tapahtuu koko ajan ja aivan ohikiitävissä hetkissä. Strategian tulee kyetä minimoimaan niiden vaikutus ja säilyttää suuntansa.

Strategia ei ole eksakti tiede, ja vielä vähemmän sitä on strateginen ennakointi, jonka tehtävä on luoda strategille perusteet rakentaa toimiva ja muutospaineisiin vastaava pitkäjärjenteinen strategia. Strategia toimii oman sisäisen logiikkansa mukaisesti, joka on Edward Luttwakin mukaan paradoksaalinen ja Thomas Schellingin mukaan jopa henkisesti jälkeenyäännyt. Silti strategia tulee luoda ja panna täytäntöön tieteellisiä periaatteita noudattaen. Hew Strachan on valitellut, että varsinaisia strategioita luotaessa strategisiin periaatteisiin ei juurikaan kiinnitetä huomiota, vaikka strategia on tieteenalana jalostunut ja kehittynyt pitkälle alkupisteistään. Strategit edelleen usein johtavat satulasta ja teoria ja käytäntö eivät kohtaa toisiaan. Tällöin Colin Grayn strategialle tieteenalana asettama tehtävä toimia ”siltana” politiikan ja sen toimeenpanon välillä ei toteudu. Strategia ei tue politiikan ja sen tavoitteiden käytäntöön siirtämistä ja toteuttamista. Puolustushallinnon alalla poliitikkojen tulisi ymmärtää strategis-operatiivista ajattelua paremmin – ja sotilaiden poliitiikkaa. Strategin ei tarvitse olla ammattisotilas tai poliitikko, sillä periaatteet ovat kaikkien saatavilla ja opeteltavissa, mutta strategian luomisprosessi on tieteellistettävä. Strategia on poliittisen johdon työväline, ja kuten mitä tahansa työkalua, sitä tulee osata käyttää oikein, jotta siitä on hyötyä. Toimiva käytäntö vaatii teoriaa taakseen. Strategiassa ei ole sitovia lainalaisuuksia, ellei sellaisiksi laske ta Bernard Montgomeryn määrittelemää tuplasääntöä: ”Älä marssi Moskovaan tai taistele Vietnamissa.”

Jotta strategian luomista voidaan tukea ennakoinnilla, on tutkijan kiinnitettävä huomionsa toisaalta Suomea muokkaaviin teknologisiin, taloudellisiin ja yhteiskunnallisiin megatrendeihin ja toisaalta taas Suomen ulkopuolisen globaalien ympäristön vastaaviin trendeihin sekä siinä vaikuttavien tärkeimpien valtiotoimijoiden strategisiin tavoitteisiin. Maailma



muuttuu jatkuvasti, ja strategian on kyettävä muokkaamaan itseään vastaavalla tavalla.

Aiemmin mainitut aikajänteet ovat tärkeä tekijä, jotta strateginen analyysi on tieteellistä. Globalisoitunut maailmamme, jossa suuri osa toimijoista on verkottuneita tietoyhteiskuntia, on herkempi nopeille ja maailmanlaajuisille muutoksille kuin koskaan, mutta samalla globaali järjestelmä on kykenevämpi neutralisoimaan suuriakin shokkeja kuin ikinä ennen. Viimeisten kuukausien aikana tunnettamme turvallisuudesta ovat shokeeranneet etenkin Ranskaa mutta myös muuta Eurooppaa ravistaneet terrori-iskut, brittien brexit-äänestys, Yhdysvaltojen tulevien presidentinvaalien lopputuloksen maailmanpoliittiset vaikutukset, Italian huolestuttava taloudellinen tilanne tai Turkin vallankaappausyrityksen jälkimainingeissa demokratian ottamat taka-askeleet ja epätietoisuus Turkin ulko- ja turvallisuuspolitiikan tulevasta suunnasta. Nämä ovat yksittäisiä esimerkkejä, mutta niillä on kerrannaisvaikutustensa myötä kykyä vaikuttaa tulevaisuuteen varsin ennakoinnattomasti – vai onko sittenkään?

Strategiaa tutkivan henkilön on kyettävä Janus-kasvoisesti katsomaan sekä menneeseen että tulevaan. Siinä missä esimerkiksi yhteiskuntatieteilijä pyrkii aina osoittamaan, että nyt tapahtuva on uutta ja ihmeellistä, yrittää historioitsija todistaa, että mikään ei ole uutta auringon alla. Bernard Brodien mukaan emme voi aloittaa koskaan täysin tyhjästä ja pelkkään logiikkaan nojaten luoda uusista ideoista aikaamme soveltuva strategiaa. Strategian pitkäjänteisessä analyysissä on oleellista hahmottaa sekä jatkumoa että niitä pisteitä, joissa näistä jatkumoista poiketaan. Strategin tulee kyetä nykyhetkessä nähdä kehityskulku menneestä ja arvioida sen jatkumoa tulevaisuuteen. Kyse on sekä strategisen perspektiivin että aikajänteen valinnasta oman tarkastelun lähtökohdaksi ja tapahtumien ymmärtämisestä sekä alatasolla operatiivisina toimintoina että ylätasolla niiden yhdistämisestä suurstrategisiin tendensseihin. Mitä lyhemmällä perspektiivillä tapahtumia tarkastelemme, sitä enemmän ne näyttävät maailmaa mullistavilta.

Esimerkiksi brexit-kansanäänestys on yhtäältä viimeisin linkki ketjussa, jossa Iso-Britannia on korostanut transatlanttista erityissuhdettaan enemmän kuin Eurooppaan kuulumistaan. Toisaalta brexit on kuitenkin samalla selvä poikkeama jatkumosta, jossa Iso-Britannia on ollut vuosikymmenien ajan EU:n tärkeä jäsenvaltio. Päätöksen vaikutuksia on vielä mahdotonta arvioida tarkasti, koska jatkumo katkeaa ja tuleva kehityssuunta on epäselvä. Strategin ei tule toimia kuten pörssianalyytikon, koska aikaperspektiivi on eri. Lontoon pörssi ja punnan arvo putosivat kiven lailla heti äänestyksen jälkeen. Strategin tulee katsoa kvartaaleita kauemmas.

The New Yorkerin Horowitz Reportin mukaan brexit vei briteiltä mahdollisuuden kutsua Yhdysvaltoja maailman tyhimmäksi kansakunnaksi mutta lisäsi, että marraskuus-



sa jenkeillä on mahdollisuus riistää titteli takaisin. Vaikka Trump voittikin, ei se välttämättä merkitse maailman mullistumista. Ennenkin supervallan johtoon on noussut sopimattomaksi tuomittuja henkilöitä B-luokan elokuvanäyttelijöistä alkaen. Trump muokkaa varmasti presidenttiyttä enemmän kuin presidenttiys häntä. Tulee muistaa, että suuret laivat kääntyvät hitaasti mutta pysyvät pinnalla. Vaikka Naton ja muiden liittolaisten suhteen Yhdysvaltojen suurstrategian kurssi muuttune, Titanicin kohtaloa ei ole nähtävissä. Eurooppalaisesta ja suomalaisesta perspektiivistä Trump ei ole unelmapresidentti, koska transatlanttinen suhde heikkenee, mutta toisaalta jo pitkään Yhdysvallat on vaatinut Eurooppaa muuttumaan turvallisuuden kuluttajasta sen tuottajaksi. Elämme jännittäviä aikoja.

Jatkumoiden ja poikkeamien hahmottaminen on osa strategista analyysia, mutta se ei koskaan voi tuottaa varmoja tuloksia. Strategia on Grayn mukaan tieteen asemesta ”mahdollisen taidetta”. Strategisessa analyysissä ja ennakoinnissa ei ole varmuutta tulevasta, vaan kyseessä on erilaisten mahdollisten tapahtumakulkujen ja jatkumoiden kehityssuuntien sekä niiden todennäköisyyksien arviointi. Ja paraskin arvio voi mennä pieleen. Strategisen analyysin tuotteet eivät ole kiveen hakattua totuutta sen paremmin kuin ajatuksen täysin villiä ja höyhenenkevyttä lentoakaan. Työtä tehdään sekä inspiraatiolla että perspiraatiolla ja saadun asiakaspalautteen mukaan sitä kehitetään verkostoituneemmaksi ja jatkuvaksi prosessiksi. Varmuudella voimme kuitenkin sanoa, että tulevaisuudessakaan Nostradamusta tutkimuslaitoksen palkkaloilla ei ole.

Kirjoittaja:

Majuri, yhteiskuntatieteiden tohtori ja dosentti Jan Hanska toimii erityistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen doktriiniosastolla strategisen analyysin tutkimusalalla.

Räjähde- ja suojelutekniikkaosasto

Yhteistyötä ja kokemuksia Kenttälaboratoriojoukkueen koulutus

Vuoden 2017 ajaksi NRF-valmiuteen asetettu Suojelun erikoisosasto (SEO) koulutettiin kokonaisuudessaan valmiusjoukkovarusmiehistä Porin prikaatissa (PORPR) vuonna 2016. PVTUTKL vastasi osastoon kuuluvan kenttälaboratoriojoukkueen tehtäväkohtaisen aselajikoulutuksen – laboratoriokoulutuksen – suunnittelusta ja toteutuksesta.

Kenttälaboratoriojoukkueeseen sijoittuvaan tehtävään valituilla varusmiehillä oli oltava laboratoriotyöhön sopiva siviilissä hankittu osaaminen ja koulutustausta. Lisäksi koulutukseen hakeutuvien piti täyttää kriisinhallintatehtäviin koulutettaville valmiusjoukoille asetetut fyysiset ja terveydelliset pääsyaatimukset. Koulutukseen valmistautuminen aloitettiin keväällä 2015, jolloin PORPR ja SEO suorittivat mittavan yliopistoihin ja ammattikorkeakouluihin suuntau-

tuneen rekrytointityön lähettämällä sähköposteja ja vieraillemalla oppilaitoksissa pitämässä tiedotustilaisuuksia koulutuksesta ja siihen hakeutumisesta. PVTUTKL osallistui oppilaitosvierailuihin kertomalla niiden yhteydessä kenttälaboratoriosta ja siellä tehtävästä kemiallisten, biologisten ja säteilevien (CBRN-) aineiden analytiikasta.

Kenttälaboratoriojoukkueelle annettu laboratoriokoulutus suunniteltiin yhteistyössä PORPR:n ja SEO:n kanssa, ja koulutussuunnitelmat valmistuivat vuoden 2015 puoleksavälissä. Laboratoriojoukkueen koulutukseen sisällytettiin monipuolisesti sekä teoria- että käytännön opetusta kenttälaboratoriojärjestelmästä, CBRN-taisteluaineiden ja myrkyllisten teollisuuskemikaalien analytiikasta, eri analyysitekniikoista, kenttälaboratorion laitteista sekä niiden huollosta. PVTUTKL:n vastuulle kuului lisäksi antaa teoriaopetusta CBRN-taisteluaineista ja näytteenottokoulutusta koko koulutettavalle SEO:lle.

PVTUTKL:n koulutusurakka alkoi PORPR:ssa Säkylässä maaliskuussa 2016, jolloin tammikuussa Suojelukomppaniaan palvelukseen astuneelle osastolle annettiin CBRN-perusteiden ja -teorian opetusjakso. Varsinainen analytiik-



Kuva 1. Kenttälaboratoriojoukkue työkentelemässä laboratoriossa. (Kuva: Tuuli Haataja)



Kuva 2. Kenttälaboratoriojoukkue tutkii analysilaitteen sielunelämää Lakialassa heinäkuussa 2016. (Kuva: Tuuli Haataja)



Kuva 3. Kenttälaboratoriojoukkue pystyttää kenttälaboratoriota harjoitukseen. Menossa telttojen lasku. (Kuva: Tuuli Haataja)

kaa ja asiantuntijatoimintaa sisältävä kenttälaboratoriokoulutus 13:lle kenttälaboratoriojoukkueeseen valitulle varusmiehelle alkoi heinäkuussa 2016. Tämä koulutus tapahtui PVTUTKL:n tiloissa Lakialassa, ja sen toteuttamiseen osallistuivat PORPR, PVTUTKL, Sotilaslääketieteen keskuksen erityisasiantuntijayksikkö Helsingistä, Säteilyturvakeskus sekä Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Peruskoulutuksen jälkeen kenttälaboratoriojoukkueen palvelusvuosi jatkui PORPR:ssa vuoden 2016 loppuun saakka soveltavalla koulutuksella, johon kuului muun muassa lukuisia analyysitoi-

mintaa sisältäneitä harjoituksia. PVTUTKL:n henkilökuntaa toimi vuoden loppuun saakka kenttälaboratorion kouluttajina. Lisäksi laitoksella valmistettiin harjoitusnäytteitä kenttälaboratorion koulutuskäyttöön.

Suojelun erikoisosaston kouluttamiseen osallistui vuonna 2016 PVTUTKL:lta kymmenen eri henkilöä räjähd- ja suojelutekniikan osastosta. PVTUTKL:lla aiemmin sijainnut CBRN-kenttälaboratoriojärjestelmä siirtyi vuoden 2016 alussa Porin prikaatiin koulutukseen ja 2017 Suojelun erikoisosaston NRF-valmiuteen. PVTUTKL tuki PORPR:a ja Järjestelmäkeskusta kenttälaboratoriojärjestelmän siirrosta ja laboratorion ylläpidossa ja materiaaleissa. PVTUTKL käytti tähän asiantuntijatyöhön ja SEO:n koulutukseen noin kuusi henkilötyöviikkoa vuonna 2015 ja 30 henkilötyöviikkoa vuoden 2016 kuluessa.

Koulutuksen toteuttaminen vaati PVTUTKL:lta ja sen RS-osastolta paljon resursseja vuoden 2016 aikana mutta antoi myös paljon. Koulutukseen osallistuneilla asiantuntijoilla oli mahdollisuus opettaa, kehittyä koulutustaidossa ja päivittää omia tietojaan ja opetusmateriaalejaan koulutukseen valmistauduttaessa. Tiivistynyt yhteistyö asiakkaan kanssa toi paljon uusia ajatuksia ja mahdollisuuksia tiedonvaihtoon puolin ja toisin. Vuoden aikana kentältä hankittu kokemus kenttälaboratoriojärjestelmän toiminnasta loppukäyttäjän käsissä antoi lisäksi runsaasti eväitä PVTUTKL:n tutkimus- ja kehittämistyöhön jatkossa.



Kuva 4. Kenttälaboratoriojoukkueen näytteenottopartio (nk. SIBCRA-partio) matkalla ottamaan näytteitä Raasin harjoitusalueelta elokuussa 2016. (Kuva: Tuuli Haataja)

Kirjoittaja:

Filosofian maisteri Tuuli Haataja toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosaston CBRN-teknologioiden tutkimusosalalla.

Materiaalia lisäävän 3D-tulostuksen merkitys Puolustusvoimissa

Ainetta lisäävän 3D-valmistusteknologian nopea kehittyminen luo teollisen vallankumouksen, jonka suuruus on asiantuntijoiden mukaan samaa suuruusluokkaa kuin höyrykoneen keksiminen tai internet. Uusi teknologia mahdollistaa sellaisten uusien prototyyppien, valumuottien ja kappaleiden valmistamisen, joita ennen oli mahdotonta valmistaa perinteisin työstömenetelmin. Moottoreissa ja monimutkaisissa kappaleissa käytettävien osien lukumäärä vähenee. Koneiden rakenteet muuttuvat entistä kevyemmiksi ja suorituskykyisimmiksi ilman, että niiden lujuudesta joudutaan tinkimään tai se vain paranee. Jäähdytysjärjestelmät muuttuvat tehokkaammiksi uusien kanavointien myötä jne.

Suurin muutos tapahtuu kuitenkin koneiden ja laitteiden varaosahuollossa. Enää ei tarvita huoltovarastoja, vaan yritys tulostaa tarvitsemansa varaosat itse. Aalto-yliopisto ja Teknologian tutkimuskeskus VTT OY sekä 13 muuta kotimaista yritystä ovat käynnistäneet vuoden 2016 alusta Digitaalinen varaosa (DIVA) -yhteistyöhankkeen, jossa perinteisestä varaosien valmistusketjuista ja varastoinnista siirrytään digitalisoinnin avulla lisäarvoa tuottavaan verkostomalliin. Hankkeen kansainväliset yhteistyökumppanit ovat Politecnico di Milano ja Korea Institute of Industrial Technology. Suurten yritysten uskotaan tulevaisuudessa säästävän jopa satoja miljoonia euroja, kun aineisiin ja varaosiin sitoutunut pääoma voidaan vapauttaa.

Tulostustekniikasta

Ihmiskunnan alkuaikoina esineiden valmistus perustui ainetta poistaviin menetelmiin. Etsittiin valmistukseen soveltuva kappale, jota muotoiltiin vähän kerrassaan, kunnes haluttu esine kuoriutui siitä esille. Kristuksen syntymän aikoihin, sen molemmin puolin, ihmiskunta oli siirtynyt ainetta muokkaviin menetelmiin. Metalleja sulatettiin, valettiin ja työstettiin erilaisten sotilas-, käyttö- ja koriste-esineiden valmistamiseksi. Saviruukkuja poltettiin. Nyt, 2000 vuotta myöhemmin, olemme siirtymässä kolmanteen vaiheeseen eli ainetta lisääviin valmistustekniikoihin. Tähän asti 3D-valmistuksen esteenä, tulppana, on ollut tulostukseen soveltuvan tietotekniikan puute. Tämä vaiva poistui kuitenkin 2000-luvulla tulostaessa.

Ainetta lisäävässä 3D-tulostuksessa kappaleesta valmistetaan kolmiulotteinen 3D-malli, joko mallinnukseen soveltuvalle skannerilla, piirtämällä siitä CAD-kuva tai mallintamalla se jollain muulla tarkoitukseen soveltuvalla menetelmällä.



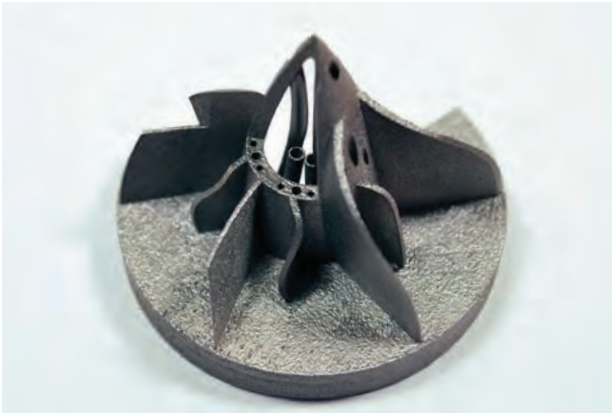
Metallien tulostamiseen soveltuvalla lasertulostimella valmistettuja metallikappaleita. (Kuva: Kirsti Nieminen)

Kappaleen kolmiulotteinen digitaalinen kuva tallennetaan useimmiten -.stl-tiedostoksi, jonka seuraava ohjelma viipaloi hyvin ohuiksi siivuiksi tulostuksen yhteydessä.

Tulostukseen soveltuvien materiaalien kirjo on hyvin laaja ja käsittää mm. erilaisia muoveja, metalleja, lasia, keraameja jne. Digitaaliset 3D-kappaleet eli tässä tapauksessa -.stl-tiedostot tulostetaan hyvin ohuina ainetta lisäävinä kerroksina, joista jokainen kovetetaan ennen seuraavan kerroksen lisäämistä. Muovien kerrospaksuudet ovat 50–200 µm menetelmän mukaan ja metallien 20–100 µm. Koska kerrosten lukumäärä on suuri, on tulostus hidasta ja aikaa vievä prosessi. Lisäksi kappaleen jälkityöstöön kuuluu usein saman verran aikaa kuin itse kappaleen tulostukseen. Metallikappaleiden tulostusnopeuden voisi karkeasti arvioida olevan n. 0,5 dl tunnissa eli desilitran kokoisen kappaleen valmistamiseen kuluisi noin kaksi tuntia.

3D-tulostuksen vaikutus Puolustusvoimien varaosahuollon turvaamiseen kriisiolosuhteissa

Materiaalia lisäävä 3D-tulostus tarjoaa myös aivan uuden näkökulman Puolustusvoimien aseiden ja kaluston varaosien huoltovarmuuden turvaamiseen kriisiolosuhteissa, silloin kun Suomen merikuljetusreitit ovat saarrettuina, silloin kun on jouduttu alueellisesti eristyksiin tai silloin kun tapahtumakeskiö on eriytynyt tietylle alueelle, jonka huoltoyhteydet ovat huomattavan pitkiä ja kuljetukset riskialttiita.



(Kuva: Kirsti Nieminen)

Näissä olosuhteissa tulostimet voisivat olla sijoitettuna liikkuvaan kalustoon esim. rekka-autoihin tai kontteihin, jotka ajettaisiin tapahtumakeskiön läheisyyteen ja joissa kaluston tarvitsemat varaosat voitaisiin tulostaa. Osien digitaalimallit, -stl-tiedostot, voitaisiin poimia suoraan pilvipalvelusta, jonne ne olisi etukäteen, hyvissä ajoin jo ennen kriisin syntymistä, varastoitu.

Metallien 3D-tulostuksen nykytilanne huoltovarmuuden kannalta

Metallien 3D-tulostustekniikka elää tällä hetkellä voimakasta murroskautta Suomessa. Tämän vuoksi Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa käynnistettiin syksyllä 2016 projekti Metallien 3D-tulostuksen merkitys varaosien huoltovarmuuden turvaamisessa kriisiolosuhteissa. Sen tarkoituksena on kartoittaa metallitulostuksen nykytilaa ja lähitulevaisuutta Suomessa.

Projekti päätettiin toteuttaa siten, että tutkimuksiin valitaan 7–10 kpl maa- ja merivoimien kalustoon kuuluvia alkuperäisiä varaosia. Kappaleista valmistetaan digitaaliset 3D-mallit, jotka edelleen talletetaan -stl-tiedostoiksi. Tämän jälkeen ne tulostetaan useampana kappaleena kaupallisten yritysten toimeksiantoina ja heidän omilla metallitulostimillaan. Kappaleista tarkastellaan niiden pinnan laatu ja mittatarkkuus SEM-kuvauksin, mitataan niiden vetolujuus ja kovuus sekä kuvataan mikrorakenteet. Varaosien tulee täyttää vähintään alkuperäisten osien laatuvaatimukset. Osien toimivuutta voidaan myös tarkastella todellisissa olosuhteissa asentamalla ne alkuperäisten osien paikalle. Samalla projekti tuottaa tietoa Suomessa käytössä olevista tulostusmateriaaleista ja tulostimista sekä niiden ominaisuuksista, kuten liikuteltavuudesta, virran tarpeesta, tulostusajasta, viimeistelyajasta, siitä mitä työkaluja viimeistely edellyttää, tarvitaanko suojakaasuja, ja jos tarvitaan, niin mitä suojakaasuja ja kuinka paljon, kuinka metallijauheet voidaan suojata kosteudelta, paljonko tulostin painaa, mitkä ovat sen dimensiot jne.



(Kuva: Kirsti Nieminen)



(Kuva: Kirsti Nieminen)

Näin toteutettuna projektin läpivienti on hyvin edullista. Puolustusvoimat ei joudu sijoittamaan kalliisiin tulostuslaitteisiin, jotka maksavat 150 000–300 000 euroa, eikä panostamaan vielä itse tulostusosaamiseenkaan, jonka hoitaa toimeksiannon saanut kaupallinen yritys. Koska samat tulostukset tehdään useilla eri laitteilla, mahdollistaa se niiden ominaisuuksien ja suorituskyvyn vertailun. Koska tilauksen tekijänä on suuri toimeksiantaja, Puolustusvoimat, pyrkivät valmistajat luonnollisesti niin hyvään lopputulokseen, kuin laitteiden suorituskyky antaa myöten. Projekti valmistuu vuoden 2018 loppuun mennessä.

Kirjoittaja:

Filosofian lisensiaatti Martti Hagfors toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston keskuslaboratorion tutkimusalohtajana.

Ruudin kuljetuskontin polttokokeesta paljon hyödyllistä tietoa



Kuva 1. Ruutikonttien polttokoe. Merikontit valmiina polttokoetta varten. (Kuva: Terhi Meriläinen)

Puolustusvoimien tutkimuslaitos suoritti Pokan koealueella ruudin kuljetuskontin polttokokeen 31.8.–1.9.2016. Koe tehtiin yhteistyönä Nammo Vihtavuori Oy:n, Keski-Suomen pelastuslaitoksen ja Tukesin kanssa. Lisäksi Pääesikunnan logistiikkaosasto tuki koetoimintaa.

Kesällä 2013 syntyi Vihtavuoren tehdasalueella vaaratilanne, josta syntyi ajatus testata, miten suuri määrä ruutia reagoi, jos se esimerkiksi kuljetuksen aikana syttyy. Testimateriaaliksi valittiin vaarallisuusluokkaan 1.3 luokitellut räjähteet kuljetuspakkauksissaan. Tähän vaarallisuusluokkaan kuuluvat sellaiset räjähteet, jotka ovat palovaarallisia ja joista aiheutuu huomattavasti säteilylämpöä ja joko vähäistä räjähdys- tai sirpalevaaraa tai molempia mutta jotka eivät ole massaräjähdyksivaarallisia. Räjähteiden vaarallisuusluokka selvitetään voimassa olevan YK:n käsikirjan Recommendations on the Transport of the Dangerous Goods; Manual of Tests and Criteria kokeiden, menetelmien ja kriteerien mukaisesti.

Edellä mainitusta tilanteesta selvittiin, mutta Keski-Suomen pelastuslaitos ja Nammo Vihtavuori Oy lähtivät tarkastelemaan vastaavaa tilannetta, jossa tulipalo tapahtuu esimerkiksi tehdasalueella tai maantiekuljetuksessa, jossa ajoneuvo syttyy tai joutuu vastaavaan vaaratilanteeseen. Vastaava tilanne saattaa olla mahdollinen myös Puolustusvoimien varastoalueilla, koska kaikki varastot eivät vielä ole maapeitteisiä. Suoritetulla polttokokeella pyrittiin todentamaan räjähteen käyttäytymistä tulipalossa kevytrakenteisessa varastosuojassa, ja tuloksen perusteella on myös mahdollista tarkastella varastojen välisiä suojaetäisyyksiä. Suurille räjähdemassoille suoritetuista polttokokeista ei juurikaan löydy kokeellista tietoa kirjallisuudesta, ja YK:n käsikirjan mukaiset testit tehdään huomattavasti

pienemmillä räjähdemassoilla. Haluttiin siis selvittää, voidaanko YK:n käsikirjan mukaista kriteeristöä käyttää myös suuremmille massoille.

Keski-Suomen pelastuslaitos pyysi virka-apua kokeen suoritukseen PVTUTKL:lta vastaamaan koetoiminnasta toiminnanharjoittajana. Keski-Suomen pelastuslaitos tuki pelastustoimintaa kokeen aikana. Pelastuslaitoksen mielestä oli tärkeää selvittää, miten varasto- ja kuljetuskontit käyttäytyvät tulipalotilanteessa. Polttokokeesta saatiin tietoa myös turvallisen työskentelyn takaamiseksi, kansalaisten suojaamiseksi ja vaara-alueen määrittämiseksi onnettomuus-tilanteessa. Kokeen perusteella haettiin vastauksia kansalaisten ohjeistamiseen. Pelastuslaitos asetti kaksi pelastus- ja kuljetuskonttien läheisyyteen, 20 m:n ja 30 m:n etäisyyteen konteista. Niihin kiinnitettyjen lämpöanturien avulla pyrittiin selvittämään, millä etäisyydellä sammutushenkilöstö mahdollisesti pystyisi toimimaan tulipalon sattuessa.



Kuva 2. Ruudit pakattuina konttiin. (Kuva: Tiina Lahtinen)



Kuva 3. Tulipalo, kun sytytyksestä kulunut 17 sekuntia. (Kuva: Tiina Lahtinen)

Kuljetuskontin polttokokeesta kiinnostui myös Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Tukes osallistui polttokokeeseen antamalla asiantuntija-apua kokeen suunnitteluun ja oli valmis tarvittaessa informoimaan tuloksista sekä mahdollisista säädösmuutostarpeista liikenne- ja viestintäministeriötä, työ- ja elinkeinoministeriötä, Trafia ja Turvallisuustekniikan neuvottelukuntaa. Kokeen tulosten perusteella oli mahdollista todentaa olemassa olevien säädösten vastaavuus varastointi- ja kuljetusturvallisuuteen.

Nammo Vihtavuori Oy toimitti tarvittavat räjähteet ja kaksi kokeessa käytettävää 40 jalan merikonttia. Kontteja sijoitettiin kaksi rinnakkain (kuva 1), jolloin tarkasteltiin myös mahdollista välittymistä. Konttien välinen etäisyys oli 1,5 m. Vasemman puoleiseen konttiin lastattiin 16 000 kg ruutia kuljetuspakkauksissaan ja oikean puoleiseen 12 000 kg ruutia. Kuljetusyksikön suurin sallittu räjähdemäärä on 16 000 kg. Pakkaukset olivat kuormalavojen päällä (kuva 2), ja kaikki ruudit olivat vaarallisuusluokkaa 1.3 (medium / large caliber). Vasemman puoleisessa kontissa olevat ruudit sytytettiin kahteen ruutitynnyriin asetettujen sähköhelmsytykkeitä avulla.



Kuva 4. Palossa syntyneitä heitteitä. (Kuva: Terhi Meriläinen)

Kontteihin asetettiin lämpöantureita sekä sisä- että ulkopuolelle ja lisäksi lämmönmuodostumista mitattiin lämpökameroilla. Koko tapahtuma tallennettiin videokameroilla ja palamisen aiheuttamaa lämmön vaikutusta pelastusasuihin mitattiin termoelementeillä. Myös mahdollisen räjähdyspaineallon ja räjähdysaiheuttamaa ääntä mitattiin.

Konttien ovet suljettiin ja vasemmanpuoleinen kontti sytytettiin sähköhelmsytykkeellä, jonka ympärille oli liitetty huokoisruutipussi apusytykkeeksi. Sytytyksen jälkeen kesti 8 sekuntia, ennen kuin kontti pullistui, ovi aukesi ja liekit näkyivät (kuva 3). Liekit ylsivät noin 50 m:n päähän konttien ovista. Palo välittyi viereiseen konttiin, jonka ovet avautuivat ja liekit purkautuivat ovista ulos. Liekkien mukana lensi heitteitä, kuten palaneita kuormalavoja ja niiden osia, ruutitynnyreitä ja niiden kansia sekä jonkin verran palamatonta ruutia. Heitteitä lensi noin 100 m:n päähän oviaukkojen suuntaan (kuva 4). Palaminen ei muuttunut detonaatioksi missään vaiheessa.

Kirjoittaja:

Filosofian maisteri Terhi Meriläinen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähd- ja suojelutekniikkaosaston erikoistutkijana teknologiatutkimusalueella.

Sotilasräjähdysaineiden kehityssuuntia

Perinteiset sotilasräjähdysaineet saattavat olla maallikon katsontakannalta valmiiksi kehitettyjä. On kuitenkin useita ominaisuuksia, joita on perusteltua ja tarpeellista kehittää. Tällaisia ovat esimerkiksi räjähdysaineen räätälöinti tarkemmin kuhunkin käyttökohteeseen sopivaksi lisäämällä energiatiheyttä, detonaation maksimipainetta, impulsseja tai energiaa. Nanoteknologian soveltaminen on tuonut tähän monia mahdollisuuksia. Useassa tutkimuslaitoksessa kehitetään uusia typpirikkaita räjähdysainemolekyylejä, jotka ovat usein aiempia tehokkaampia. Tärkeällä sijalla on räjähdeturvallisuuteen ja varastointiin, säilytykseen ja alustakohtaiseen ammuskertaan liittyvien ominaisuuksien kehittäminen. Tällöin yksi oleellinen kriteeri on massaräjähdysherkkyys. Ampumatarvikkeiden osalta ei voida unohtaa myöskään niiden elinaikakustannuksia ja hävitystä.

Tässä artikkelissa luodaan lyhyt katsaus uusien räjähdysaineiden kehittämisen kenttään ja otetaan esille muutama TNT:tä tehokkaampi räjähdysaine kriteerinä detonaationopeus, joka on valetulle TNT:lle luokkaa 6 900 m/s.

CL-20 (HNIW) -räjähdysaine

Erittäin tehokkaana mutta kalliina räjähdysaineena jo 1980-luvulla huomiota herättäneen CL-20:n (HNIW) – detonaationopeus 9 300 m/s – merkittäväksi käyttökohteeksi on muodostunut pääasiassa Kiinassa suoritettujen tutkimus- ja kehitystyön tuloksena toiminta muovisidosteisten ajoaineiden (rakettiruudit) ergeettisenä komponenttina. Hintaa ongelma on väistynyt Kiinan ryhdyttyä tuottamaan CL-20:tä vuodesta 2011 lähtien kilpailukykyisesti suuressa mittakaavassa. Saatava tehon lisäys on kirjallisuuslähteiden mukaan 20 %:n luokkaa verrattuna yleisesti vastaavana raketiruudin komponenttina käytettyyn HMX:ään (oktogeeni) ja RDX:ään (heksogeeni).

CL-20:n käyttöä puhtaana räjähdysaineena on pidetty ongelmallisena sen herkkyysominaisuuksien vuoksi. Tähän on haettu ratkaisua sekoittamalla sitä muihin räjähdysaineisiin tai viimeaikaisena tutkimuksena muodostamalla CL-20-molekyylin ja esimerkiksi HMX:n yhteiskiteitä (co-crystal). Kirjallisuudessa on mainintoja myös CL-20:n ja TNT:n yhteiskiteillä tehdyistä kokeista.

Esitetyt räjähdysainemolekyylit sekä muutamia muita räjähdysaineita ja niiden ominaisuuksia on esitetty perusteellisemmin MSIAC-seminaarin luennossa Matthew

LLM-materiaalit

LLM-116: *4-amino-3,5-dinitropyrazole*

LLM-116: 8 680 m/s & 1,900 g/cm³

LLM-175: 8 100 m/s & 1,782 g/cm³

LLM-201: 7 800 m/s & 1,736 g/cm³

DNP

3(5),4-dinitropyrazole

Kehitystyö Ruotsi ja USA

8 104 m/s & 1,776 g/cm³

Arvioitu hinta 140–150 €/kg

TNP

3,4,5-trinitropyrazole

Kehitystyö Ranska

8 104 m/s & 1,867 g/cm³

PNPAP (ROK)

Pentanitropentaazapropellane

Kehitystyö mm. Etelä-Korea

8 900 m/s

TNABN HK56, HK55

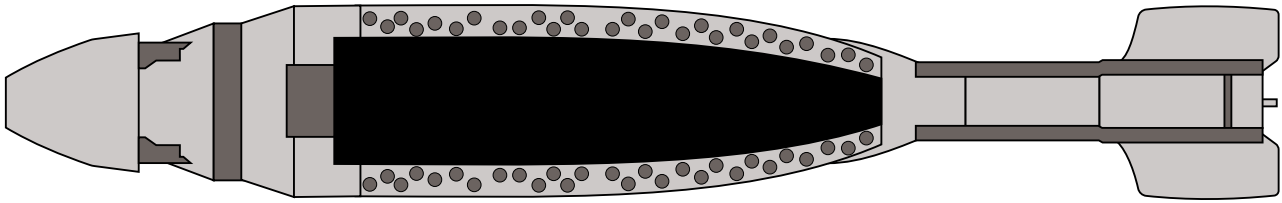
Kehitystyö Britannia (FREEDM)

HK56: 9 016 m/s & 1,97 g/cm³

HK55: 8 631 m/s & 1,91 g/cm³

CL-20 (HNIW)

9 300 m/s



Yksinkertaistettu kuva kehittämisen kohteena olevasta ampumatarvikkeesta – KRH:n kranaatti. Sille on ominaista epäherkkä muovisidosteinen räjähdysaine (PBXN 110), älykäs sytytin, hallittu sirpaloituminen – teräskuulia epoksimuovissa. Kranaatin ulko- ja sisäpinta ovat materiaaliiltaan alumiinia. (MSIAC-seminaari 16.9.2016, Tampere. Grafiikka: Onni Pernu)

Andrew: Energetic Materials Research across MSIAC Nations
Tampere 29.9.2016.

Onko IM-tuote kustannustehokas?

Esimerkkituotteena voisi olla 81 mm:n kranaatinheitin kranaatti täytettynä perinteisellä räjähdysaineella ja vertailuna epäherkällä muovisidosteisella räjähdysaineella (IM-räjähdysaine, IM = insensitive munition). Kranaatin kuoren, kuulan, hinta on pintakäsittelyineen suurin piirtein sama molemmilla räjähdysaineilla. Uudemman 81 KRH:n kranaatin täytön hinnat perinteisellä 700 g:n heksotoli (TNT 60 % RDX 40 %) -räjähdysaineella ja IM-räjähdysaineella (Forcitin FPX R1M) ovat hyvin lähellä toisiaan IM:n ollessa kalliimpaa.

Tässä ei ole otettu huomioon sytyttimen hintaa. IM-tuote vaatii tyypillisesti nallin ja räjäyttimen toimiakseen, kun heksotolille riittää pelkkä nalli. Jo tämä perusero vaikuttaa sytyttimen hintaan. Hinta nousee myös mentäessä perussytyttimestä älykkääseen ohjelmoitavaan sytyttimeen. Tämä ominaisuus on molemmille täyhteille sama.

Perinteisen täytteen puolella on ominaisuuksiltaan tunnettu ja toimintavarma räjähdysaine, johon liittyvään valmistuskapasiteettiin on investoitu merkittäviä summia. Huonona puolena on räjähdysaineen massaräjähdysherkkyys. Tämä on otettava huomioon mm. tuotteen varastoinnissa, mikä näkyy käytännössä kuormalavojen suurempana välimatkana varastointitilassa verrattuna IM-räjähdysaineella täytettyjen kranaattien kuormalavoihin.

IM-räjähdysaineen hyvänä puolena ovat kiistatta sen perinteistä räjähdysainetta edullisemmat herkkyysominaisuudet. Huonona puolena on pidetty sen korkeampia valmistuskustannuksia, jotka eivät kuitenkaan näyttäisi eroavan merkittävästi 81 KRH:n kranaatin täytössä perinteisellä räjähdysaineella täytetyn kranaatin vastaavista kustannuksista.

IM-ominaisuuksia mitataan räjähdysaineille ja ampumatarvikkeille tehtävillä herkkyystesteillä tai luokittelutesteillä, jotka ovat

1. nopea polttokoe FCO – Fast Cook Off
2. hidas polttokoe SCO – Slow Cook Off
3. luotiherkkyys BI – Bullet Impact
4. sirpaleherkkyys FI – Fragment Impact
5. detonaation välittyminen SR – Sympathetic Reaction
6. herkkyys suunnatulle räjähdysvaikutukselle SCJ – Shaped Charge Jet.

Näistä erityisesti 1., 3., 4., 5. ja 6. testi mittaavat tärkeitä ominaisuuksia taistelulentäällä ja vastaavasti 2. ja 5. testi varasto-olosuhteissa.

Perinteiset räjähdysaineet – TNT, HMX, RDX, heksotoli jne. – ovat tyypillisesti luokkaa 1.1 eli massaräjähdysherkkiä. IM-räjähdysaineet kuuluvat luokkaan 1.3 eli eivät ole massaräjähdysherkkiä mutta syttyvät polttokokeessa. Ne ovat joko korkeintaan vähäisessä määrin herkkiä detonaation välittymiselle tai korkeintaan vähäisessä määrin luotiherkkiä, tai niillä on samanaikaisesti molemmat ominaisuudet. Edellisten väliin kuuluvan luokan 1.2 räjähdysaineet ovat luotiherkkiä mutta eivät massaräjähdysherkkiä. IM-räjähdysaineella täytetty ampumatarvike ei välttämättä ole IM-räjähdysaine, ellei se ole läpäissyt em. luokittelutestejä. IM-räjähdysaineen ja IM-räjähteen välille ei voi siten vetää yhtäläisyysmerkkiä.

Uusia energettisiä materiaaleja kehitetään useassa tutkimuslaitoksessa maailmalla. Meidän PVTUTKL:ssa tulee olla tästä kehityksestä tietoisia. Kansainvälisesti IM-räjähteet ovat käytössä useissa sovelluksissa ja niiden määrä kasvaa. Ne omaavat kiistattomia etuja varastointia ja taistelulentäolosuhteita ajatellen. IM-räjähteiden kilpailukykyyn vaikuttaa valmistuskustannusten lisäksi niiden elinaikakustannukset.

Kirjoittaja:

Dos, FT, Tkt Matti Harkoma toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdys- ja suojelutekniikkaosaston energettisten teknologioiden tutkimusalalla.

Farmaseuttisperäiset aineet – uusi kemiallinen ase?

**Moskovan teatterikaappauksesta, jossa Venäjän erikoisjoukot päästivät Dubrovka-teatteriin kaasua ihmisten tainnuttamiseksi ja tilanteen ratkaisemiseksi, on kulu-
nut kohta 15 vuotta. Asia jaksaa puhuttaa, koska yli 120 teatterikävijää kuoli katsomoon päästetyn kemiallisen aineen kuolettavaan annokseen. Maailmalla hämmästel-
tiin, kun operaatiossa oli käytetty avoimesti kemikaaleja ihmisiä vastaan. Kyseessä ei ollut hermokaasujen käyttö, vaan aineet olivat karfentaniilia ja remifentaniilia. Artikkelistamme selviää, millaisista aineista tässä on kysymys.**

Australian suurlähettiläs Brett Mason puhui Kemiallisten aseiden kieltosopimuksen jäsenvaltioiden konferenssissa Haagissa 1.12.2015 seuraavasti: ”However, many of these chemicals are highly dangerous – as toxic as sarin and other nerve agents we ban under the Convention. It is not possible to disperse these chemicals through the air – en masse – without significant risk of death or serious injury.” Mason viittaa farmaseuttisperäisiin aineisiin (pharmaceutical based agents, PBA). Aiemmin näitä aineita kutsuttiin inkapasitoidiksi kemiallisiksi aineiksi (incapacitating chemical agents, ICA) tai keskushermostoon vaikuttaviksi aineiksi (central nervous system agents, CNS).

Kemiallisten aseiden kieltojärjestöllä (OPCW) ja Punaisen ristin kansainvälisellä komitealla (ICRC) on ollut tavoitteena lisätä tietoa näihin ryhmiin kuuluvista aineista. Ne järjestivät mm. maaliskuussa 2010 Montreux’ssa Sveitsissä asiantuntijataapaamisen aiheesta ”Incapacitating Chemical Agents - Implications for International Law”. Ongelmana lainsäädännöllisesti on se, ettei kemiallisten aseiden kieltosopimus koske näitä aineita. Toisaalta monilla aineista on laillista käyttöä lääketieteellisiin tarkoituksiin.

Mason jatkoi puhetta näin: “We cannot sit still. As mankind devises new means to kill and harm, humanity must also seek better means of redress. International law must adapt to new war crimes and new chemical threats. Many States Parties believe that an unchecked threat to the architecture of the Chemical Weapons Convention, capable of undermining its integrity, are Central Nervous System-Acting Chemicals.” Sopimuksen muuttaminen voi olla haasteellista, joten helpompaa olisi, jos sopimuksen jäsenvaltiot vapaaehtoisesti sitoutuisivat olemaan kehittämättä PBA-, ICA- tai CNS-aineita ihmismassoihin vaikuttamiseen.

Farmaseuttisperäiset aineet ovat voimakkaasti vaikuttavia

Farmaseuttisperäisillä aineilla tarkoitetaan voimakkaasti fysiologisesti vaikuttavia lääkeaineita. Niillä saattaa olla lääkinnällistä ja laillista käyttöä mm. kivun lievityksessä, anestesiassa ja psykoositilojen hoidossa. Myös niiden käyttö huumeina on jokseenkin yleistä. Synteettinen fentanyyliopioidi on klassinen esimerkki PBA-yhdisteisiin kuuluvasta huumeesta. Käyttäjät eivät ymmärrä aineiden vaarallisuutta: USA:ssa ja Kanadassa fentanyylit aiheuttavat tuhansia kuolemia vuosittain.

Karfentaniili on voimakkain synteettisistä opioideista: se on noin 10 000 kertaa morfiinia tehokkaampi, ja sen vaikuttava annos ihmiselle on niinkin vähäinen kuin 1 µg. Yhdisteen tehokkuuden vuoksi sen käyttö ei ole sallittu ihmisillä. Sitä voi laillistetusti käyttää vain suurelainten tainnuttamiseen. Useissa luontodokumenteissa nähdyt villieläinten tainnuttamiset on tehty ampumalla karfentaniilia sisältävä nuoli-ammus eläimeen. Eläimelle tehtyjen toimenpiteiden jälkeen

Remifentaniili ja karfentaniili

- Nämä ovat fentanyylijohtannaisia.
- Tehokkaampia kuin morfiini, mutta vaikutus on lyhytaikainen.
- Remifentaniilia käytetään yleisesti anestesia-
lääkkeenä leikkauksissa.
- Karfentaniili on noin 10 000 kertaa tehokkaampaa kuin morfiini.
- Karfentaniilia käytetään vain suurten eläinten tainnutusaineena sen voimakkuuden vuoksi.
- Moskovan teatterikaappauksessa v. 2002 käytettiin terroristien tainnutukseen aerosolia, joka sisälsi karfentaniilia ja remifentaniilia. Terroristien lisäksi useita panttivankeja kuoli opioidiyliaannostuksen aiheuttamaan hengityslamaan.

Opioidit

- Nämä vaikuttavat aivojen opioidireseptoreihin lievittäen kivun tunnetta.
- Opioideihin lasketaan kuuluvan sekä synteettiset opioidit että luonnolliset opiaatit.
- Näitä ovat esim. morfiini, kodeiini, oksikodoni, fentanyl ja sen johdannaiset.
- Käytetään pääasiassa kipulääkkeinä ja anestesia-lääkkeinä.
- Väärinkäyttö huumausaineina on yleistä.
- Yliannostus voi johtaa hengenvaaralliseen hengityslamaan.
- Vasta-aineena käytetään naloksonia.

eläin on herätetty vastalääkkeellä. Toimenpide on eläimelle vaaraton, koska aineiden annostelu on mahdollista tehdä tarkasti.

Opiaattihuumeiden yliannostusta voidaan hoitaa vastaavalla tavalla. Nykyään opiaattiriippuvaisten läheiset voivat hankkia naloksonia sisältäviä autoinjektoreita, joilla he voivat mahdollisesti pelastaa opiaattiyliannoksen saaneen läheisensä hengen. Myös inhaloitavia naloksonisumutteita kaupataan netissä samaan tarkoitukseen. Naloksonin teho perustuu siihen, että se syrjäyttää opioidireseptoreihin kiinnittyneet opioidimolekyylit, jolloin opioidien vaikutus lakkaa. Rakennekaavoissa esitetään muutamien opiaattien kemialliset rakenteet.

Farmaseuttisperäiset aineet Moskovan teatteri-kaappauksessa

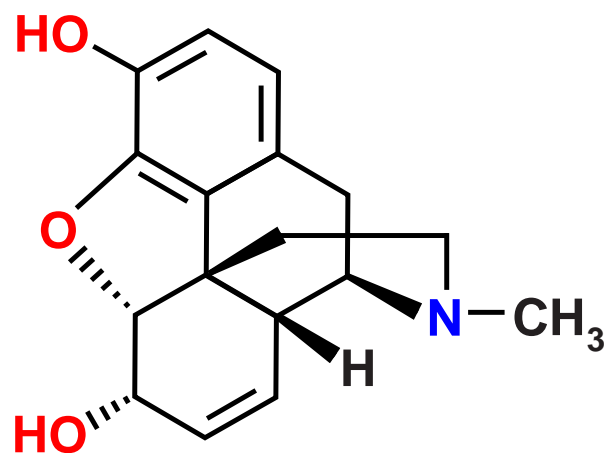
Farmaseuttisperäisten aineiden käyttö puolisoitilaalliseen käyttöön tuli yleiseen tietoisuuteen vuonna 2002 Moskovan teatterikaappauksen päättämiseksi. Tuolloin Venäjän sisäministeriön erikoisjoukot tainnuttivat kaappaajat johtamalla tiloihin narkoottista kaasua. Kaasu tappoi virallisten tietojen mukaan 129 panttivankia. Kaasun epäillään olleen karfentaniilin ja remifentaniilin seosta. Tieto perustuu brittiläisessä Dstl-tutkimuslaitoksessa suoritettuihin kemiallisiin analyyseihin. Näytteet saatiin tutkimuksia varten teatterinäytöksessä olleiden brittiläisten henkilöiden vaatteista, joista tarkoilla kaasukromatografia-massaspektrometrillä jäämääräanalyyseillä voitiin tunnistaa nämä yhdisteet.

Kysymyksessä oli tiettävästi ensimmäinen kerta, kun farmaseuttisperäistä ainetta käytettiin puolisoitilaallisessa operaatioissa ihmisiä vastaan. Operaatio toteutettiin todennäköisesti johtamalla teatterin katsomoon ilmanvaihtokanavien kautta kuolettava pitoisuus aerosolisoitua karfentaniilin ja remifentaniilin seosta. Tavoitteena oli tainnuttaa kaappaajat nopeasti, ennen kuin he ehtisivät laukaista räjähteet. Tässä onnistuttiinkin, joskin operaatio aiheutti yli 120 henkilön kuoleman opiaattien aiheuttamaan hengityslamaan. Suuri ihmisuhrien lukumäärä johtuu siitä, että tainnuttavan ja hengityslaman aiheuttavan pitoisuuden välinen ero on suh-

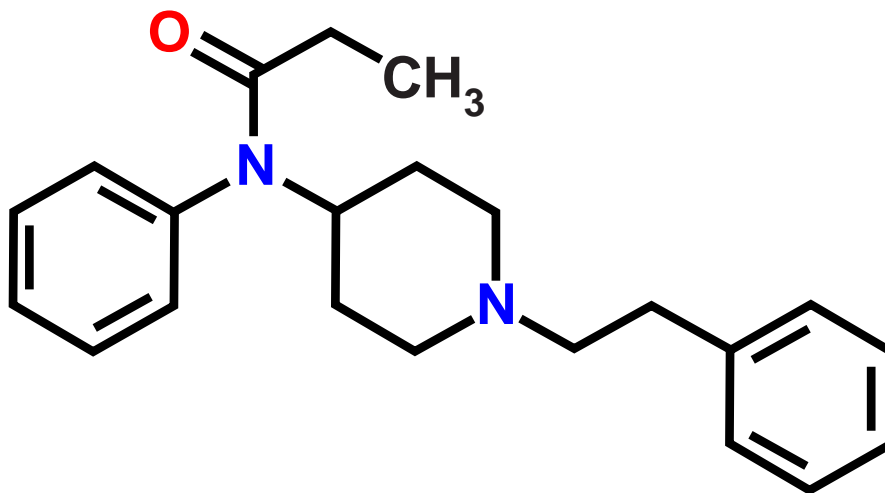
teellisen pieni. Aineilla on yksilöllinen vaikutus sen mukaan, onko nuori vai vanha, terve vai sairas ja hyväkuntoinen vai huonokuntoinen. Lisäksi aerolevityksellä on vaikea kontrolloida pitoisuutta, jolloin yliannostuksen riski on huomattava. Tilanne on silloin aivan toinen, kun aine injektoidaan suoraan ihonalaiseen kudokseen.

Olisiko osa panttivangeista voitu pelastaa?

Venäjän viranomaiset eivät kertoneet sairaaloiden hoitohenkilökunnalle, millaisista aineista oli kysymys. Tämä oli osasy syy siihen, että uhreja oli paljon – lääkärit eivät pystyneet antamaan ihmisille oikeata hoitoa. Toisaalta olisi voinut olettaa, että ammattitaitoinen hoitohenkilökunta olisi kyennyt tunnistamaan oireiden perusteella opiaattiyliannostuksen ja ryhtynyt tarvittaviin hoitotoimenpiteisiin. Mahdollisesti huomattava osa potilaista oli jo kuollut ennen niiden aloittamista. Olisiko myrkkyaerosolilevityksen jälkeen tehty vastaavanlainen vastalääkkeen levitys naloksonilla pelastanut ihmishenkkiä? Ainakin ne, joilla opioidi-altistus ei olisi päätyntä hengityslamaan asti, olisivat voineet pelastua hengitettyään vastalääke-aerosolia. Tiettävästi iskun suorittaneet erikoisjoukot eivät olleet varautuneet tällaiseen toimintaan.



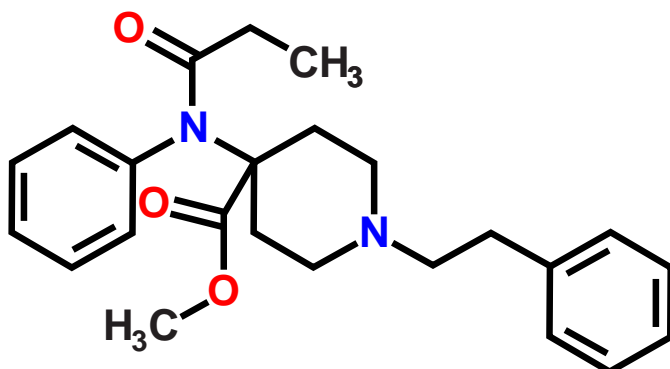
Morfiinin kemiallinen rakenne.



Fentanyylin kemiallinen rakenne.

Mitä tapahtuman jälkeen?

Moskovan teatterikaappauksen jälkipyykkiä käytiin Euroopan ihmisoikeustuomioistuimessa vielä vuonna 2012. Tuomioistuin määräsi Venäjän maksamaan 64:lle Moskovan teatterikaappauksen uhrille yhteensä 1,3 miljoonan euron korvaukset. Lisäksi se havaitsi Venäjän rikkoneen Euroopan ihmisoikeussopimusta, sillä Venäjä oli suunnitellut pelastusoperaation huonosti eikä tutkinut sen kulkua jälkikäteen kunnolla. Sen sijaan tuomioistuimen mukaan Venäjä ei rikkonut ihmisoikeussopimusta päättäessään ratkaista panttivankikriisin käyttäen voimaa ja kaasua.



Karfentaniilin kemiallinen rakenne.

Farmaseuttisperäiset aineet kemiallisina aseina

Kemiallisten aseiden kieltosopimus kieltää myrkyllisten aineiden käyttämisen sodassa. Sen voimalla ei voida mitenkään estää ketään kehittämästä, valmistamasta ja varastoimasta PBA-aineita, elleivät toiminnan tarkoitukset ole sopimuksen vastaisia. Lainsäädännön keinoin voidaan kuitenkin estää aineen valmistus ja myynti silloin, kun kysymyksessä on huumeeksi luokiteltu aine.

PBA-aineisiin kohdistuu sotilaallista mielenkiintoa. Tavoitteena saattaa olla kehittää ”turvallisia aineita”, joiden käytön avulla saavutettaisiin vastustajan riittävä toimintakyvyttömyys ilman vakavia haittavaikutuksia. Nykyiset tunnetut PBA-aineet eivät sellaisia ole. Kuinkahan monia aineita on jo kehitetty?

Kirjoittajat:

Filosofian tohtori Tarmo Humppi toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston johtavana tutkijana.

FM Tiia-Riikka Wik toimi määräaikaisena tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosastossa.

Professori, FT Markku Mesilaakso toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen räjähdde- ja suojelutekniikkaosaston johtajana.

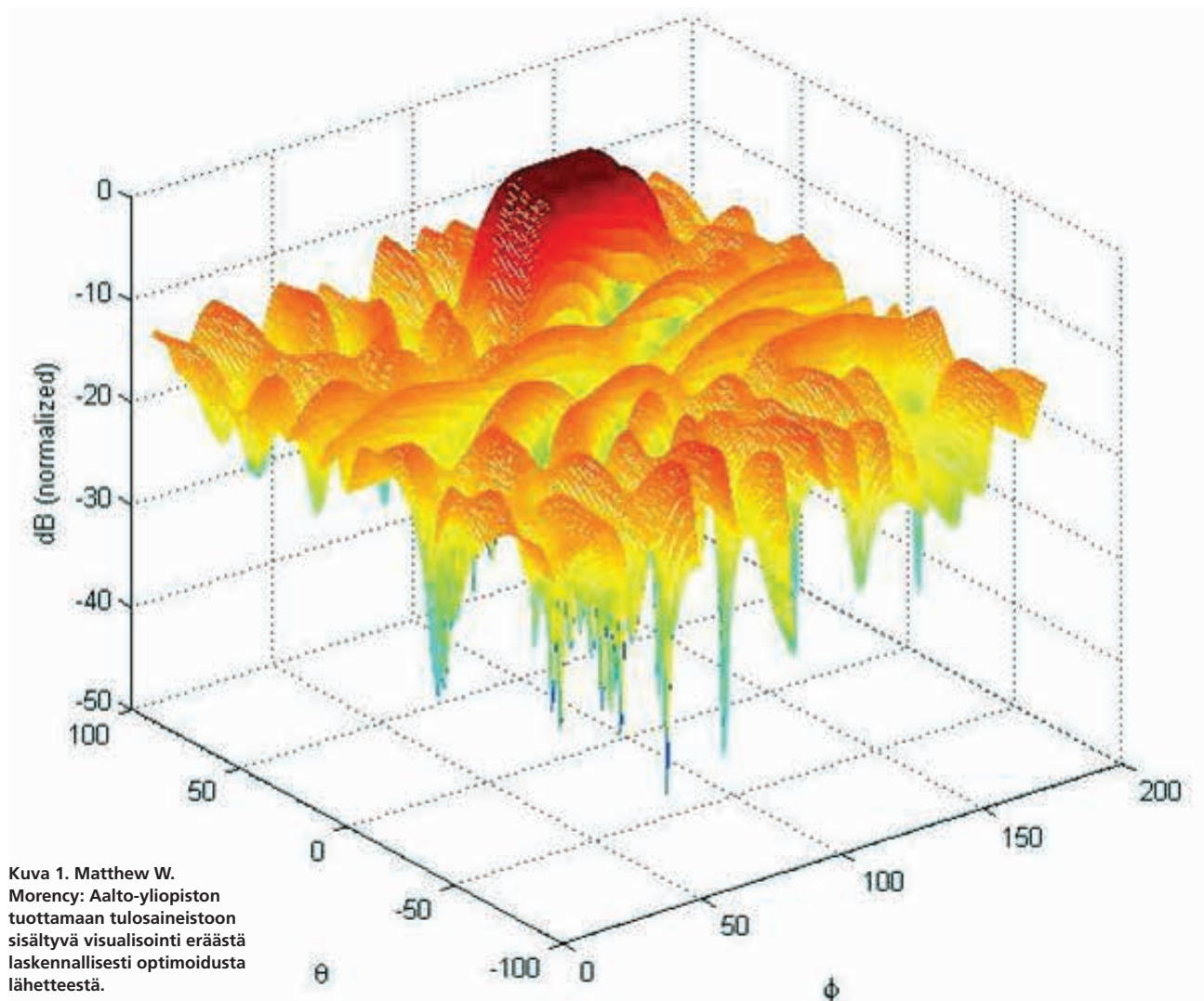
Informaatiotekniikkaosasto

Laskennallisilla menetelmillä autonomiamia ja kognitiivisuutta sensoreihin

Ajantasaisen ja tarkoituksenmukaisen toimintaympäristötietoisuuden muodostumisessa oleellista on se, että jatkuva havaintojen kerääminen liitetään osaksi laajempaa tietojenkäsittelyn laskennallista kokonaisuutta. Eri aallonpituuksilla toimivien sensoreiden verkottuessa edetään kognitiivisiin ja autonomisiin puolustussovelluksiin. Laskennallisen tieteen kehittyessä odotetaan saavutettavan tieteellisiä ja teknologisia läpimurtoja, jotka luovat tarvittavia tehokkaita ja innovatiivisia tiedonkäsittelyn menetelmiä myös radiotaajuisten sensoreiden ja tutkatekniikan hyödynnettäviksi.

Innovaatioita odotetaan tieteen ja tekniikan eri alueiden rajapinnoilta

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa tutkatekniikan teknologiaennakointiin sisältyy monimuotoista toimintaa kansallisissa ja kansainvälisissä asiantuntijatyöryhmissä, joiden yhteisellä agendalla on seurata tieteenalojen välisten ”mullistavien” (disruptiivisten) teknologioiden ilmaantumista ja ennakoida näiden vaikutuksia oman suorituskyvyn riittävyyden sekä kohtaamamme uhkan kehittymisen



Kuva 1. Matthew W. Morency: Aalto-yliopiston tuottamaan tulosaineistoon sisältyvä visualisointi eräästä laskennallisesti optimoidusta läheteestä.

näkökulmista. Ennakoinnin ja evaluoinnin tuloksien käsittely kytketään Puolustusvoimissa eri aikajäniteillä tapahtuvan suunnittelun ja kehittämisen tietopohjaan. Usein tulosten haltuunotto edellyttää menetelmiä demonstroivaa jatkotutkimusta tai hanketta, jolla varmistetaan johtopäätöksiä erityisesti suomalaisessa toimintaympäristössä.

Tutkimukselta edellytetään yhä suurempaa poikkitieteellisyttä, kun haetaan perusteita vertailla puolustusjärjestelmän kehittämis- ja investointivaihtoehtojen kustannustehokkuutta. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen rakenteeseen sisältyykin mm. sensoriteknikan, elektronisen sodankäynnin, konseptien, käyttöperiaatteiden sekä mallinnuksen ja simuloinnin osaamisalueet. Ydinsaamiseen tukeudutaan tutkimustulosten soveltamisvaiheessa, jossa ulkopuolisten kumppaneiden käyttö ei ole mahdollista.

Laskennallisen tieteen rooli kasvaa myös kahtaikäyttö- ja sotilassovelluksissa

Suomessa laskennallinen osaaminen on erityisen vahvaa. Vai- kutukset näkyvät yhteiskunnan eri osa-alueilla: lääketieteen ja ihmistieteiden tietoaisteiden yhdistäminen, ilmastomallien kehittäminen ja päivittäiset sääennusteet, peliteollisuus, mobiilisovellukset ja digitaaliset palvelut yleensäkin. Sotilallinen ja operatiivinen tarve yhdistettynä tiedemaailman ja teknologian tuottamiin mahdollisuuksiin on nostanut esille kognitiivisuuden ja autonomian käsitteet liitettyinä tiedusteluun ja havainnointiin. Järjestelmiin rakennetaan laskennallista älykkyyttä ohjelmallisesti ottamalla käyttöön uusia, edistyskäsittelyalgoritmeja. Ohjelmoitavuus ja algoritmiversiteetti eivät ole ainoastaan etu vaan myös välttämättömyys tulevaisuuden sovelluksissa. Termillä algoritmiversiteetti kuvataan ohjelmistollista toteutusta, jossa sovelluksen käytössä on mahdollisimman kattava kokoelma eri tilanteisiin sopivalla tavalla optimaalisesti sovitettavissa olevia menetelmiä. Älykkäässä järjestelmässä menetelmä valitaan automaattisesti ja parametrit sovitetaan yhdistäen mahdollisimman tehokkaasti ja laaja-alaisesti tietoja eri lähteistä. Sotilassovelluksissa tutkateknisten ratkaisujen pääasialliset käyttökohteet ovat havainnointi-, tiedustelu-, valvonta- ja asejärjestelmät. Digitaalisaation, matematiikan ja robotiikan tieteiden välisellä ja yhteisellä alueella luotu visio kognitiivisesta tutkasta on intensiivisemmän tutkimuksen kohteena sekä akateemisessa että puolustustutkimuksen kansainvälisessä yhteistyössä.

Ajatus ainakin jossain määrin autonomisesta tutkasta, joka kognitiivisena oppii toimintaympäristöstään ja sopeuttaa toimintaansa dynaamisesti kulloinkin käsillä olevaan tehtäväänsä, ei ole konseptina uusi (Haykin 2006). Tutkajärjestelmässä algoritmiversiteetti on rakennettava siten, että tietopohja sisältää mm. mittausolosuhteet (sää, vuodenaikavaihtelut, paikkatietoaineistot, radioaaltojen etenemismallit jne.), muita



Kuva 2. Teoreettisia tuloksia verifioidaan laboratorio-olosuhteissa ennen kenttätestejä. (Kuva: Tero Onnela)

tietoja operatiivisista tehtävistä ja muuta tiedustelutietoa sekä tallennetun tiedon aiemmasta toiminnastaan.

Oleellinen ero perinteiseen tutkaan verrattuna on sopeuttaa tutkan lähettimen käyttämä aaltomuoto vallitsevaan tilanteeseen siten, että tutkan vastaanottimeen tulevasta mittaus-tiedosta saadaan mahdollisimman tarkka havainto halutusta kohteesta. Tarvittavan tutkalähetteen valinta ja muodostaminen voidaan kuvata matemaattisena optimointitehtävänä, jonka numeerinen ratkaisu vaatii tehokkaita laskentamenetelmiä ja -kapasiteettia. Takaisinkytkentä tutkimittauksen tuloksellisuudesta tutkalähetteen säätämiseen on reunaehto sekä optimaaliselle lähetteen valinnalle että ennakoivan oppi-misen tai kognitiivisuuden implementoinnille järjestelmässä.

Lisäksi matemaattisen ja ohjelmallisen ratkaisun käytännön toteutukseen vaaditaan mahdollistavaa teknologiaa mm. radiotekniikan ja elektroniikan alueilta. Tutkan lähetteen muokkaaminen perustuu osin jo nykyisin käytössä olevaan mahdollistavaan teknologiaan, kuten edistyskäsittelyyn anten-niryhmiin (AESA: Array of Electronically Scanned Antennas tai MIMO: Multiple-Input-Multiple-Output). Näissä tekni-koissa elektroninen keilanmuodostus mahdollistaa joustavan

dynaamisen säätömahdollisuuden tutkamittaustilanteessa. AESA-ratkaisussa antenniryhmän elementtien lähteet ovat keskenään identtisiä aaltomuotoja (vaihe-eroa lukuun ottamatta toistensa kopioita). MIMO-ratkaisussa jokaisella antennielementillä on mahdollisuus muodostaa oma lähetteensä muista antennielementeistä riippumattomasti. Näin saadaan enemmän vapausasteita eli käytännössä mahdollisuus muodostaa mielivaltainen, optimaalisesti valittu läheteaaltomuoto operatiivisen tehtävän vaatimuksiin nähden. MIMO-tekniikka on esimerkki alun perin tietoliikennetekniikassa kehitettyjen ratkaisumahdollisuuksien tutkimuksesta ja soveltamisesta tutkatekniikkaan suorituskyvyn lisäämiseksi.

Laskennallisen tieteen käsite kuvaa digitalisaation, robotiikan ja matemaattisten menetelmätieteiden rajapinnoissa tapahtuvaa kehitystä, jota seurataan autonomisten ja kognitiivisten tutkajärjestelmien ratkaisujen mahdollistajana. Puolustusvoimien tutkimuslaitosta tarvitaan osaamissolmuna verkostossa,



Kuva 3. Uuden tutkakonseptin signaalinkäsittelyn demonstrointia kentällä. (Kuva: Jukka Ruoskanen)

jossa tätä seurantaä tehdään osin yhteistyössä muiden maiden puolustustutkimuslaitoksien kesken ja osin kansallisella tasolla esimerkiksi maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan eli MATINEn verkostoon osallistumalla. Tärkeässä roolissa on kyky arvioida menetelmien soveltuvuutta ja vaikuttavuutta omaan puolustusratkaisuumme. Evaluointia tukevat tieteellisen ja menetelmäosaamisen lisäksi laadukas infrastruktuuri sekä laboratoriokokeiden että kenttämitauksien suorittamiseksi.

Kognitiivisuus ja koneoppiminen

Tietotekniikka ja matemaattiset menetelmät tuovat tutkatekniikassakin perinteisen teoreettisen tai kokeellisen tutkimuksen rinnalle mallipohjaisen laskennallisen tai datapohjaisen laskennallisen lähestymistavan. Radiotekniikka ja sähkömagneetiikka edustavat edelleen perinteisen radiotaajuisen sensorin suunnittelussa ja kehittämisessä tarvittavaa teoreettista ja kokeellista tieteellistä osaamista. Näillä tutkimusmenetelmillä evaluoidaan käytössä olevan kaluston ominaisuuksia ja saadaan arvokasta tietoa myös uusien hankintojen tai järjestelmien modernisointien valmisteluun.

Mallipohjaista laskennallista lähestymistapaa tarvitaan, kun on arvioitava ja vertailtava tulevaisuuden tutkakonseptien suorituskykyä, häirinnänsietoisuutta tai toimintaa yhdistettynä osaksi muuta radiotaajuuksilla toimivaa kokonaisuutta. Viime vuosina passiivitutka on ollut eri tutkimusryhmien tutkimuskohteena sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla. Tarkoituksena on selvittää ilmiöitä sellaisessa tilanteessa, jossa havainnoiva tutka ei itse lähetä aktiivisesti omaa lähetettään vaan pelkästään passiivisesti vastaanottaa mitattavasta kohteesta saapuvan radiokaiun. Radiokaiun alkuperä voi olla esimerkiksi kohteesta heijastuva tietoliikennesignaali tai yleisen radioverkon lähetys.

Tutkimusta vaaditaan, koska digitaalisen mobiilitietoliikenteen eri sukupolvien standardien tai analogisten radiolähetysten käyttämien signaalien rakenne ei ole erityisesti suunniteltu käytettäväksi tutkajärjestelmissä kohteiden havaitsemiseen tai kohteiden tunnistukseen. Älykkäitä signaalikäsittelymenetelmiä kehittämällä toteutetaan kuitenkin paitsi kiinnostavien kohteiden havaitseminen ja kohteiden seuranta, myös signaalianalyysin keinoin kohteiden tunnistusta. Koska passiivitutka ei tuota käyttämäänsä lähetettä itse vaan on riippuvainen toimintaympäristössään esiintyvistä muusta radioliikenteestä, tavoitteena on laskennallisilla menetelmillä varustettu ohjelmallisesti toteutettu sensori. Näin passiivitutka voi joustavasti adaptoitua muutoksiin, kuten uusien tietoliikennestandardien käyttöönottoon, FM-lähetyksistä luopumiseen tai muihin ennakoimattomiin yhteiskunnallisiin muutoksiin radiotaajuuksien käytössä.

Uusien mahdollisten konseptien käyttöönottoa tutkitaan sekä oman suorituskyvyn ylläpitämisen että omiin järjestelmiin kohdistuvan uhkan näkökulmasta. Elektronisen sodankäynnin toimenpiteiden vaikutuksia eri konseptivaihtoehtoissa evaluoidaan ja arvioidaan laskennallisin menetelmin ja verifioidaan yhdistämällä käytettävissä olevaa todellista parametritietoa.

Datapohjainen laskennallinen lähestymistapa on hyödyllinen tutkittaessa mahdollisuuksia soveltaa muiden tieteenalojen saavutuksia tulevaisuuden tutkajärjestelmiin. Tutkatekniikan tutkimusryhmissä eri puolilla laaditaan tutkimussuunnitelmia, joissa tutkimuskysymykset liittyvät tiedonlouhintaan, ”Big Data”n käsittely- ja analyysimenetelmien hyödyntämiseen kuvantavissa tutkissa tavoitteena tarkempi kohteiden tunnistus ja kohteissa tapahtuneiden muutosten automatisoidumpi tulkinta. Neuroverkkopohjaisten ”Deep learning”-menetelmien soveltaminen itseohjautuviin ajoneuvoihin on tullut mahdolliseksi laskentatehon lisääntyessä. Näissä neuroverkkomenetelmissä on siirrytty tietämys- ja sääntöpohjaisista itseoppivista sovelluksista tieto- ja datapohjaisiin itseoppiviin sovelluksiin. Myös sensorijärjestelmissä tekniikat avaavat tulevaisuudessa uusia mahdollisuuksia automatisointiin. Kuvantavien tutkien tuottamien aineistojen tulkinnan automatisointi operaattoreiden kapasiteetin vapauttamiseksi oleelliseen päätöksen tekoon parantaisi kokonaissuorituskykyä.

Operaatioanalyysi ja laskennalliset menetelmät skenaarioissa

Päätäjät tarvitsevat tutkittua tietoa tulevaisuuden tutkajärjestelmien selviytymisestä vaihtelevissa skenaarioissa. Radioaaltojen etenemisolosuhteet eri aallonpituuksilla on tunnettava niin rakennetuilla alueilla kuin puustoltaan erityyppisissä metsäisissä maastoissa kaikkina vuodenaikoina tai arktisilla tunturivyöhykkeillä. Lisäksi on tarkasteltava yksittäisen tutkan radioteknisiä parametreja ja verkottumista johtamisjärjestelmään. Lopputulokseen vaikuttavina tekijöinä on otettava huomioon myös operaattoreiden toiminta eri tilanteissa ja järjestelmään kohdistetut vastatoimenpiteet, kuten radiohäirintä. Monimutkaisen kokonaisuuden analysoiminen edellyttää monien matemaattisiin malleihin pohjautuvien tietokonesimulaatioiden antamien tulosten vertailua ja yhdistämistä toiminnallisia skenaarioita koskeviksi päätelmiksi. Operaatioanalyysin ja laskennallisen tieteen menetelmien osajien muodostama tutkimusryhmä tuottaa vertailutietoa kustannustehokkaiden valintojen mahdollistamiseksi. Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa eri malleilla ja menetelmillä saatujen tuloksien merkitystä ja vaikuttavuutta arvioidaan myös operatiivisesta näkökulmasta tutkimuksen eri vaiheissa.

Autonomia ja robotiikka

Kognitiivisuus sensoreissa merkitsee operaattoreiden kognitiivisen kuormituksen vähenemistä. Operaattoreiden edellytykset keskittyä vaativampaan, monitahoisempaan päätöksentekoon paremman tilannetietoisuuden olosuhteissa lisääntyvät. Samoin miehittämättömien järjestelmien kehitys sotilassovelluksien autonomisena osana tarvitsee ohjelmistolla toteutettua kognitiivisuutta. Ylemmällä tasolla autonominen osajärjestelmä on edelleen alistettu ihmisen päätösvalalle. Robotiikan sovelluksissa autonomisuus toteutuu ihmisoperaattoria tehokkaampana, väsymättömänä, tunkeutumiskykyisenä ja joustavana ratkaisuna kohteissa, joihin ihmisen lähettämiselle on eettisiä tai käytännöllisiä esteitä.

Radiotaajuisten sensorien laskennallinen tietopohja

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa tutkajärjestelmien tutkimuksessa yhdistetään monitieteinen teoreettisen kehityksen seuranta ja ennakointi laajempaan toimintaympäristön muutosten ennakointiin ja analyysiin. Tutkasensoreiden suorituskyvyn ennakointi ja laskennallisen analyysin tulosten kokonaisvaltainen haltuunotto ketjuttuvat lopulta myös kenttäkokeiden ja sotaharjoitusten yhteydessä tapahtuviin verifiointeihin. Laskennallisen osuuden painottaminen on kustannustehokas investointi osaamiseen. Tutkimusmenetelmänä laskennalliset tieteet yhdistävät toimintaympäristön muutoksista nousevia uusia tutkimustarpeita ja jatkuvaa osaamisen kehittämistä joustavasti erilaisten hankevaihtoehtojen perusteiksi.

Kirjoittaja:

Diplomi-insinööri Liisa Terho toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosaston radiotaajuisten sensoreiden tutkimusalan johtajana.

Mielekäs ja tuloksekas tutkimus toteutuu yhteistyössä – asiakkaan ja Puolustusvoimien hyväksi

PVTO 2013 JOJÄ -tutkimuksen lähtöasetelma

Pääesikunnan johtamisjärjestelmäosastolla (JOJÄ) oli asiakkaana hyvin selvä näkemys siitä, mitä pitäisi tutkia, kun PVTUTKL vastuullisena toteuttajana alkoi ohjausryhmän tukemana laatia konkreettista tutkimussuunnitelmaa PVTO 2013 JOJÄ -tutkimukselle. Lyhyesti kuvattuna ohjeistus oli seuraava: ”Tutkimuksen pitää konkreettisesti tukea Langattoman runkoverkon (LRV) tulevaisuuden suorituskyvyn jatkokehittämistä unohtamatta PVTO-tutkimukseen oleellisesti liittyvää tutkimuksellista ja tieteellistä näkökulmaa.”

Tällä ohjeistuksella lähdettiin sorvaamaan tutkimusaiheita. HF-tietoliikenne on ainut langattoman tiedonsiirron muoto, joka oikein valitulla antenniratkaisulla ja etenemistavalla mahdollistaa tiedonsiirron muutamista kilometreistä tuhansiin kilometreihin. Tästä syystä sitä on nimitetty myös köy-

hän miehen satelliittiyhteydeksi. Ongelma vain on se, että perinteisillä modulaatiomenetelmillä tiedonsiirtonopeus on vain muutamia kbit/s, parhaiten toimivien taajuuksien valinta tiedonsiirron alkaessa kestää useita minuutteja ja tietoa parhaiten toimivista taajuuksista ei tiedonsiirron aikana tyypillisesti päivitetä. Niinpä tässä todettiin olevan kaksi mainiota aihetta, joilla HF-järjestelmän käytettävyyttä ja tiedonsiirtonopeutta voitaisiin todennäköisesti merkittävästi parantaa, jotta se voisi toimia LRV-järjestelmän varajärjestelmänä ja mahdollistaa kaikkein kriittisimmän tiedonsiirron.

LRV on tällä hetkellä jo käytössä oleva yhtymän taktinen viestijärjestelmä. Kun aikaisemmin käytetyistä järjestelmistä YVI1 oli pohjoismaisten yritysten ja YVI2 italialaisen yrityksen valmistama järjestelmä, LRV eli tavallaan ”YVI3” on kotimaisen yrityksen (Bittium) kehittämä ja valmistama järjestelmä. Kehitystyö on tapahtunut kiinteässä yhteistyössä



Kuva 1. Yleisö seuraa automaattisen keilaavan antennin demonstrointia visualisointityökalun avulla. (Kuva: Puolustusvoimat / Onni Pernu)

Puolustusvoimien kanssa, eli toisin ilmaisten lopputuloksena on lupa odottaa järjestelmää, joka on räätälöity juuri meidän käyttöömmä ja joka parhaalla mahdollisella tavalla täyttää Puolustusvoimien järjestelmälle asettamat operatiiviset ja tekniset suorituskykyvaatimukset.

LRV-järjestelmä käyttää tiedonsiirtoon kolmea eri taajuus-alueetta. Alimmalla taajuudella käytössä on liikkeessä johtamisen mahdollistavat ad hoc -radioverkot, keskimmaisella alueella point-to-point- ja point-to-multi point -radiolinkit ja ylemmällä taajuusalueella suurimman datanopeuden kiinteät point-to-point-datalinkit. Kun lähdettiin miettimään, mitkä voisivat olla ne tekniikat, joilla LRV-järjestelmän suorituskykyä ja käytettävyyttä taistelukentällä voitaisiin kustannustehokkaasti parantaa, lista syntyi varsin helposti: fyysisen kerroksen modulaatio, antennin suorituskyky ja kognitiivisuudesta eli toimintaympäristön tilannetietoisuudesta syntyvän älykkyyden lisääminen OSI-kerroksille 1 ja 2.

Tutkimuksen tarkempi hahmottuminen

PVTO 2013-tutkimuksen peruslähtökohta oli, että aluksi tehdään soveltuvuustutkimusta useammasta eri aiheesta ja lupaavimmaksi todetut aiheet viedään todentamistutkimukseen ja osa näistä edelleen lopulliseen demonstrointiin. Tätä periaatetta noudattaen soveltuvuustutkimus jaettiin kahteen

eri teemaan: 1) perinteiset tekniset menetelmät ja 2) kognitiiviset menetelmät, joilla LRV-järjestelmän suorituskykyä voidaan kehittää. Perinteiset tekniset menetelmät tuottivat soveltuvuustutkimuksessa ehdotuksen yli kymmenestä teknisestä menetelmästä LRV-järjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi, ja vastaavasti kognitiivisuustutkimus tuotti laajan ja laadukkaan yhteenvedon kognitiivisista menetelmistä LRV-järjestelmän suorituskyvyn kasvattamiseksi.

Päätös niistä aiheista, joilla jatketaan todentamisvaiheeseen ja edelleen demonstraatioon, oli vaikea. Lopulta päätettiin, että keskitytään pääsääntöisesti teeman 1 muutamaa kaikkein kustannustehokkaimpaan menetelmään ja näissä sovelletaan tietyin osin kognitiivisuutta teeman 2 soveltuvuustutkimuksen ehdottamin suuntaviivoin. Syy tehtyyn päätökseen oli se, että tässä vaiheessa selkeästi nähtiin kognitiivisten tekniikoiden soveltamisen taktisissa viestijärjestelmissä olevan vielä niin uusi asia, että Puolustusvoimien pitää vielä tehdä pohjatyötä, jotta osataan asettaa suorituskykyvaatimukset oikein kognitiiviselle taktiselle viestijärjestelmälle. Lisäksi päätettiin kehittää verkkosimulointiohjelma LRV-järjestelmälle, koska simulointi on tehokkain tapa varmistaa, että kehitetyt uudet algoritmit ja protokollat toimivat oikein ja ovat skaalautuvia eli toimivat myös silloin, kun verkon koko merkittävästi kasvaa. Simuloinnilla voidaan usein saada aikaan suuret kustannussäästöt silloin, kun tarve erittäin suurten verkkojen kenttäkokeiden järjestämiselle minimoituu.



Kuva 2. Keskustelua kuullusta ja nähdystä. Kuvassa DI Heikki Rantanen (vas.), PVTUTKL:n tutkimusjohtaja, insinöörieversti Olli Klemola, TkL Risto Korhonen ja PVTUTKL:n johtaja, eversti Vesa Nissinen. (Kuva: Puolustusvoimat / Onni Pernu)

Kustannustehokkaimmaksi suorituskyvyn parantamisen ratkaisuksi muodostui lopulta automaattisesti suuntaavan keila-antennin kehittäminen LRV-järjestelmään niin, että sen käyttöön yhdistyy myös verkon solmujen automaattinen taajuusvalinta perustuen kognitiiviseen tietoisuuteen toimintaympäristöstä. Saavutetut edut ovat moninaiset: tehokkaampi taajuuksien käyttö, pienempi verkon keskinäishäiriö, parempi elektronisen sodankäynnin suoja, kasvanut verkon kapasiteetti, verkon automaattinen uudelleen rakentuminen vikatapauksessa, verkon pystyttämisen helppous, monta samanaikaista yhteyttä yhdellä radiolla jne.

Kotimainen HF-tiedonsiirron uranuurtaja Kyynel Oy on kehittänyt HF-radioverkkoihin uuden sukupolven yhteyden muodostamisen protokollia. Tämän päivän ratkaisussa yhteyden muodostaminen eli parhaiten toimivien taajuuksien valinta ja fyysisen kerroksen modulaation valinta kestävät kohtuuttoman kauan. Usein HF-tiedonsiirtoa käyttävissä järjestelmissä siirrettävien bittien määrä ei ole suuri mutta tiedonsiirron reaaliaikaisuuden pitäisi olla kohtuullisen hyvä. Kyynelen tekemää työtä päätettiin täydentää kohdistamalla PVTO 2013:n HF-tutkimus uuden sukupolven fyysisen kerroksen ratkaisujen tutkimukseen. HF- ja VHF/UHF-alueen radiojärjestelmät poikkeavat toisistaan siinä, että HF-radiokanava on ominaisuuksiltaan nopeasti vaihtuva ja erilaiset häiriöt ja vääristymät voimakkaita. HF-radiokanavan ominaispiirteiden ymmärtäminen ja selvittäminen kaikille tutkimustyötä tekeville oli ratkaisevan tärkeä ensivaihe, ennen kuin aloitettiin HF-radiokanavaan optimoitujen uuden sukupolven modulaatiomenetelmien ja kanavan vääristymien korjaavien menetelmien tutkimus. Tästä tutkimuksesta muodostui tutkimuskokonaisuuden ehkä teoreettisin osuus. Tehtyä tutkimusta ja simulaatiotuloksia esiteltiin myös Naton HF-aiheisessa työryhmässä.

Tutkimuksen käytännön toteuttaminen

Tutkimuksen suorittajaksi valittiin konsortio, johon kuuluivat tutkimusorganisaatioina Oulun yliopisto/CWC, VTT ja



Kuva 3. HF-demonstroinnin tarkkaa seuraamista. (Kuva: Puolustusvoimat / Onni Pernu)

Tampereen teknillinen yliopisto (TUT) sekä teollisina osapuolina Bittium (aiemmin Elektrobit), COJOT ja Kyynel. Oulun yliopisto keskittyi pääsääntöisesti LRV:n fyysisen kerroksen uusien ominaisuuksien tutkimiseen, TUT panosti eniten HF-tiedonsiirron fyysisen kerroksen tutkimukseen ja VTT:n merkittävin panos oli antennin suunnittelussa, kognitiiviradiotutkimuksessa ja verkkosimuloinnissa. COJOT rakensi prototyypin suunnitellusta antennista ja todensi sen suorituskyvyn mittauksin. Kyynel tuki HF-tiedonsiirron laajalla käytännön osaamisellaan TUT:n tutkimusta ja implementoi osan tutkimuksen tuloksista Kyynelen SDR HF-radioon.

Bittium toimi koko JOJÄ-tutkimuksen kokonaiskoordinaattorina, ja heidän panoksensa oli ratkaiseva, kun uudet suorituskyvyt integroitiin osaksi LRV-aaltomuotoa, mikä mahdollisti täysin todenmukaisen kenttädemonstraation. Ei ollut lainkaan varmaa alkuvaiheessa, kun laskettiin käytettävissä olevien henkilötyökuukausien määrää, että tutkimuksen resurssit riittävät suorituskyvyn aitoon kenttädemonstrointiin – tämä oli siis Puolustusvoimille toteutuessaan todella miellyttävä asia.

Loppudemonstratio Riihimäellä 27.9.2016

PVTO 2013 JOJÄ -tutkimuksen ehdoton loppuhuipentuma oli, kun kenttäolosuhteissa käyttäen todellista LRV-radiojärjestelmää ilman minkäänlaista demoeffektia esittelimme keilaavan antennin toimintaa yhdistetyllä automaattisella taajuudenvainnalla pääesikunnan, maavoimien esikunnan ja merivoimien esikunnan henkilöstölle. Demon taustalle oli laadittu todellinen operatiivinen skenaario, jossa häirinnän ja verkon liikkeen vuoksi yhteydet katkeilivat. Koeverkko kuitenkin toipui ja verkon yhteydellisyys pysyi hyvänä.

Samanaikaisesti LRV-loppudemon kanssa Riihimäellä oli nähtävillä Kyynelen CNHF-radioilla toteutettu HF-loppudemo. Demoverkko koostui Oulussa, Kajaanissa ja Joensuussa olevista CNHF-aseista, joita voitiin etänä ohjata ja suorittaa datansiirtoa verkossa. Jokaisessa verkon HF-radiossa oli tässä tutkimuksessa suunniteltu kanavan vääristymän korjaava menetelmä. Demonstraatiolla avulla voitiin todentaa uudentyyppisen modulaation tuoma selkeä parannus datasiirron nopeudessa.

Demonstratio oli erikseen tekniselle ja operatiiviselle henkilöstöryhmälle. Kaiken kaikkiaan demonstraatioita oli seuraamassa yli 40 henkeä. Teknisille henkilöille pidetty pidempi demonstraatio mahdollisti hyvän vuoropuhelun tutkimuksen suorittajien ja PV:n henkilöiden välillä. Enemmän operatiiviselle henkilöstölle suunnatussa lyhyemmässä demonstraatiossa keskityttiin havainnollistamaan saavutettua uutta suorituskykyä.



Kuva 4. Bittiumin edustaja Jussi Liedes seurasi demonstraatiota kannettavaltaan. (Kuva: Puolustusvoimat / Onni Pernu)

Tutkimus nyt takanapäin – mitä opimme?

Mielekkään tutkimuksen viitekehyyksen olemassaolon merkitys on suuri. On oltava todellinen ongelma ratkaistavaksi ja tarve ratkaisulle. Tärkeää on myös, että tutkimuksella on sitoutuva asiakas, joka osallistuu aktiivisesti projektin ohjaukseen ja jonka intresseissä on hyödyntää tuloksia jalkauttamalla ne todelliseksi Puolustusvoimien järjestelmien uudeksi suorituskyyvyksi.

PVTO on sallinut vapauden etsiä suuremmalla riskillä ratkaisuja ja vaihtoehtoja verrattuna normaaliin hankekäytäntöön. Kaksivaiheisuus on hyvä, koska se mahdollistaa soveltuvuustutkimuksen laajalla spektrillä ja todentamivaiheeseen voidaan sitten valita parhaimmat ja kustannustehokkaimmat osuudet.

Tutkimuslaitosten, yliopistojen ja teollisuuden roolit tukevat toisiaan. Pelkästään joltakin näistä tilattuna tutkimus voisi olla yksipuolista ja ei niin hyödynnettävää. Yhdessä saman ongelman kanssa painiminen tuottaa parhaiten uutta tietoa ja ymmärrystä. Vanha sääntö $1+1 > 2$ on taatusti totta.

Tutkimuksen tieteellinen ja tekninen johtaminen Puolustusvoimien näkökulmat huomioiden on selkeästi PVTUTKL:n rooli, ja toivottavasti siinä onnistuimme. Tehtävä ei ole toki helpoin mahdollinen, kun yhteistyökumppaneina ovat tämän maan yliopistojen ja teollisuuden parhaat osaajat. Pääesikunnan suunnitteluosaston rooli kaiken PVTO:n tutkimuksen koordinoijana on myös äärimmäisen tärkeä.

Lopuksi pitää ehdottomasti korostaa kokonaiskoordinaattorin (teollisuuden edustaja) suurta merkitystä aikatauluissa ja tavoitteissa pysymisessä. Hyvä yhdessä tekemisen meininki – jonka luomisessa kokonaiskoordinaattorilla on vahva rooli – on äärimmäisen tärkeää, jotta lopputuloksena on ”soiva peli”. Tämä slogan syntyi PVTO JOJÄ -tutkimuksessa jo aivan alkumetreillä, ja sitä kohden me kaikki ponnistelimme – ja toden totta komiasti lopputulos soi!

Kirjoittaja:

Diplomi-insinööri Heikki Rantanen toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastolla johtamisjärjestelmien erityisalalla.

Läsnäkrypto – lohkoketjujen tuolla puolen

Salaustekniikoilla eli kryptografialla suojataan yleisimmin viestien luottamuksellisuutta ja eheyttä. Uudemmillä salaustekniikoilla on kuitenkin mahdollista toteuttaa hyvin monimutkaisiakin tietoturvan tavoitteita, esimerkiksi massiivisesti hajautetun tietokannan sisäistä eheyttä (jota Bitcoinin tapaiset lohkoketjut toteuttavat). Toisaalta nykyisen kybertoimintaympäristön tietoturva-asteet ratkeavat yhä useammin pelkästään kryptografisin ratkaisuin. Kryptografia painuu osaksi kybertilan näkymätöntä infrastruktuuria ja mahdollistaa samalla aivan uudenlaisia sovelluksia ja toimintatapoja, niin että voidaan puhua jo kaikkialla läsnä olevasta salaustekniikasta – läsnäkryptosta. Uudet toimintatavat asettavat myös sotilaspuolen kybertilassa toimiville järjestelmille, esimerkiksi johtamisjärjestelmille, aivan uusia mahdollisuuksia, mutta samalla ne vaativat perustavanlaatuista muutosta järjestelmien käyttöperiaatteissa.

Tietoalkiopohjainen suojaus

Tietoalkioita pidetään tietojenkäsittelyssä informaation pienimpinä osasina, esimerkkinä vaikkapa palkkausjärjestelmän maksupäivä. Tietoalkiot ovat periaatteessa sovellus- ja esitystapariippumattomia. Maksupäivän merkitys esimerkiksi ei muutu, ilmoitetaanpa se sitten muodossa ”15.12.2016” tai ”Dec-15-2016”.

Salauksella on perinteisesti suojattu tietojen luottamuksellisuutta datatasolla, ts. kaikkia tietoliikennekanavassa tai kovalevyllä olevia bittejä yhtenä kokonaisuutena. Hienojakoisuutta on olemassa lähinnä sovelluskohtaisesti yhden sovelluksen sisällä, esimerkiksi tietokantataulujen rivikohtainen salaaminen tai tiedostonsalaussovellukset. Hienojakoisuutta ei kuitenkaan ole yleisesti nähty kannattavaksi viedä tietoalkiotasolle asti.

Modernien hyvin dynaamisten ja hajautettujen tietojenkäsittely-ympäristöjen (”kybertilan”) haasteet pakottavat kuitenkin ajattelemaan perinteisiä fyysisestä tilasta peräisin olevia tietoturvan periaatteita toisella tavalla: muurin pystyttäminen fyysisen tai loogisenkin alueen ympärille ei enää riitä, koska jopa yksittäiset tietoalkiot sijaitsevat loogisestikin eri osoitevaruuksissa, fyysisestä sijainnista nyt puhumattakaan. Voidaan jopa spekuloida, että fyysisen tilan suojausparadigman vieminen kybertilaan on yksi perimmäisiä syitä siihen, miksi tietoturva on niin vaikeaa saada toimimaan kunnolla: tilassa, jossa sekä toimintojen että tietojen kopiointi ja siirtäminen

pisteestä toiseen ei vaadi juuri ollenkaan kustannuksia, on lähes mahdotonta tuottaa suojausta valvomalla siirtoteitä. Suojaus pitäisikin siirtää itse kohteeseen eli tietoalkioihin.

Tietoalkiokohtainen salaustekninen suojaaminen tarkoittaa yksinkertaistaen sitä, että kaikki tietoalkiot sekä salataan että cheysvarmennetaan (esim. digitaalisin allekirjoituksin) mahdollisimman lähellä tiedon tuottamista tai julkaisua. Tämän lisäksi salaus puretaan ja cheysvarmenne poistetaan ainoastaan silloin, kun siihen on oikeutus (salauksessa esimerkiksi riittävä turvataso ja cheystarkisteessa vaikkapa omistusoikeuden siirto). Tiedon välikäsittelevä vaiheissaakaan salausta ei kaikissa tapauksissa ole tarpeen purkaa tai alkuperäisiä cheysvarmenteita poistaa.

PVTUTKL:llä ja tätä ennen PVTT:llä onkin tutkittu tietoalkiopohjaista suojaamista vuodesta 2006 alkaen. Tutkimusta on tehty niin yhdessä suomalaisen teollisuuden kanssa (esim. PVTO2010) kuin kansainvälisessä sotilasyhteistyössäkin (NATO CI Agency). Tutkimus on tuottanut useita raportteja, muutaman kirjan ja joukon kansainvälisesti vertaisarvioituja julkaisuja. Tutkimus on tätä kirjoitettaessa loppuraportoinnissa. Tietoalkioiden yksittäisellä salaamisella nähtiin aluksi olevan tiettyjä välittömiä hyötyjä monitasotietoturva vaativissa ympäristöissä, kuten riippumattomuus säilytyspaikasta tai siirtotiestä, joka mahdollisti eri turvatasojen loogisen erottelun fyysisen sijaan ja toi samalla kustannussäästöjä. Pian tämän jälkeen kuitenkin huomattiin, että



tietoalkiotasonkaan luottamuksellisuus ei ole ainoa ominaisuus, jota voidaan suojata kryptografialla: allekirjoitukset ja tiivistet voivat suojata myös eri eheysattributteja, erilaisilla salausprotokollilla voidaan suojata myös monimutkaisempia tavoitteita, kuten pääsynhallintapolitiikan sitomista itse toimintaan. Tämä tarkoittaa puolestaan kryptografisten menetelmien käyttämistä sellaisissa kohteissa ja paikoissa, joissa sellaista ei aiemmin ole edes ajateltu. Ominaisuudelle annettiin tutkimuksessa tuotetussa väitöskirjassa nimi ”pervasiveness” (liittyen nimenomaan kryptografiaan), joka tässä on käännetty läsnäkryptoksi.

Kohti läsnäkryptoa

PVTUTKL:ssa tehty tutkimus keskittyi hyvin käytännönläheisiin salaustekniisiin ongelmiin arkkitehtuureissa, tietoalkioiden hallinnassa ja yleisemmin pääsynhallinnassa. Tutkimuksen kuluessa kävi ilmi niin teoreettisessa kirjallisuudessa kuin esim. USA:n vastaavassa CBIS-teknologiademonstraattorissakin, että perinteinen PKI-salaustekniikka ei ole enää riittävän joustavaa tietoalkiotasolle menevässä hienojakoisuudessa. PKI:n sijaan vaaditaan uusia, seuraavan sukupolven julkisen avaimen salausarkkitehtuureja, yhteiseltä nimeltään funktionaaliset salaustekniikat (FE) sekä homomorfinen salaus (FHE).

FE:llä ja FHE:llä on mielenkiintoisia ominaisuuksia tietoturvan kannalta, sillä niillä voidaan eriyttää ja laajentaa eri tietoturvan tavoitteita eri salaustekniisiin komponentteihin. Esimerkiksi digitaaliset allekirjoitukset yhdistävät yksityisen avaimen hallintaoletuksen (oletus siitä, että avain on vain sen valtuutetun käyttäjän käytössä) kautta lukuisia muitakin oletuksia esim. sisällön laadusta ja sisäisestä eheydestä. FE:llä näitä oletuksia voidaan hajauttaa tarkistettavaksi

erikseen. Vastaavasti esimerkiksi nk. ohjelmien obfuskointi (tietokoneohjelmien muokkaaminen niin, että niitä voidaan ajaa normaalisti, mutta niistä ei ajokäyttäytymisen lisäksi voi päätellä ylimääräistä toimintaa) on aiemmista mahdottoisuusväittämistä huolimatta mahdollista toteuttaa järkevästi FE:n ja FHE:n yhteistekniikoilla.

Kryptografisten suojausten ulottaminen mielivaltaisiin kohteisiin ei kuitenkaan ole ongelmattonta. Salaustekniikoilla voidaan vartioida vain luottamuksellisuutta (sotkemalla sisällön esitystaso) ja eheyttä (tarjoamalla informaatiota datatason tamperoinnista), mutta esimerkiksi saatavuuteen voidaan puuttua vain erityistapauksissa. PVTUTKL:lla kehitetyssä mallissa oletetaan tietoverkon palveluiden, kuten ”pilven”, toteuttavan saatavuuden ratkaisevia ominaisuuksia: ”pilven” kuuluu huolehtia tiedon hajauttamisesta ja kopioinnista niin, että kaikkia korruptoitumattomia kopioita on oikeudettomasti lähes mahdoton tuhota. Asiakassovelluksen tehtäväksi jää tässä mallissa mahdollisten muutosten havaitseminen ja niihin liittyvät vastetoiminnot. Lisäksi monet tietoturvan tavoitteet ovat erityismerkityksen saaneen datan (nk. metadatan) luottamuksellisuus- ja eheystavoitteita. Kehitetystä mallista monimutkaisemmat tavoitteet onkin ositettu eri datatyypin luottamuksellisuus- ja eheysominaisuuksiksi (ks. kuva **execute**-oikeuden hajauttamisesta sivulla 40).

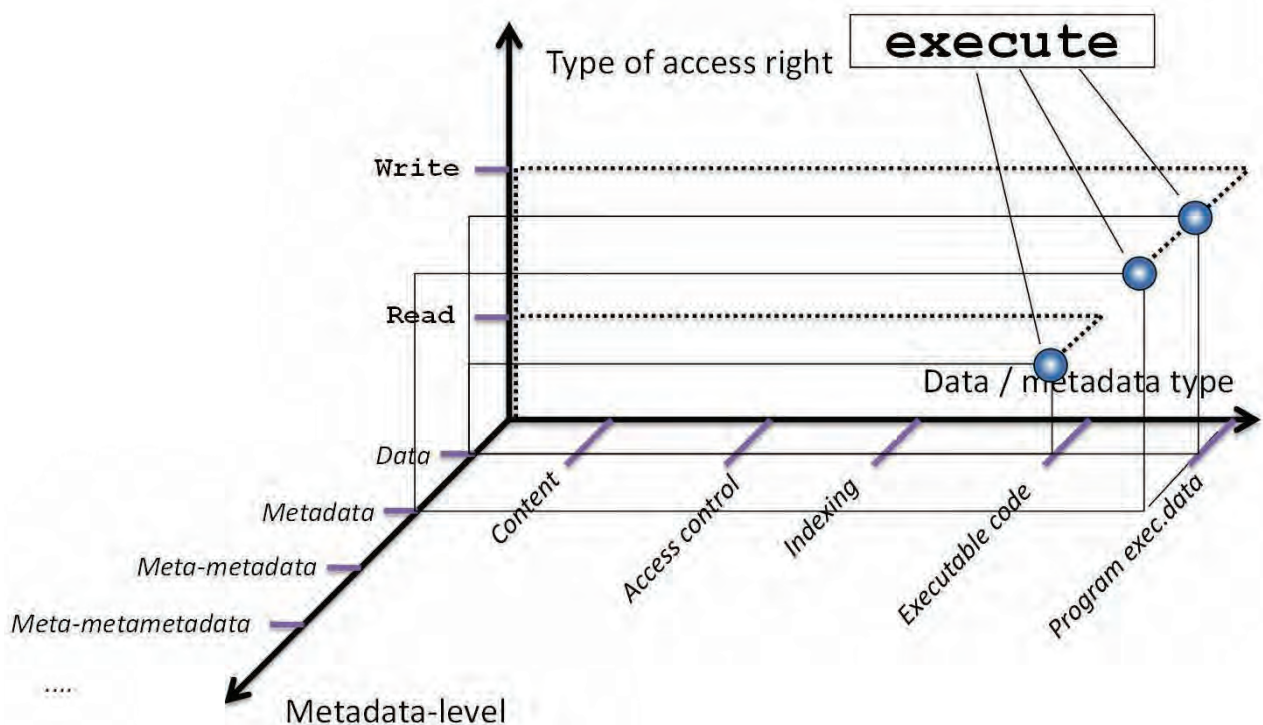
Uudet kryptografiset tekniikat tuovat uusia mahdollisuuksia innovoida, mutta usein yhteiskunnallisesti merkittävät muutokset tulevat kuitenkin sovellustarpeesta. Läsnäkrypton todellinen lupaus on siinä, että hyvin monet kybertilaan tarkoitetut korkean luottamustason sovellukset, jotka eivät ole päässeet testipenkkiä pidemmälle luottamuksen puutteen vuoksi, pystytään läsnäkrypton sovelluksien automatisoimaan lähes kokonaan.

Ehkä yllättävimpiä esimerkkejä salausteknisen suojaamisen uusista aluevaltauksista ovat mm. Bitcoin-valuutasta tunnetut lohkoketjuteknologiat. Näissä on nähtävissä tietoalkiokohtaiselle suojauselle kehitetyn mallin ominaisuuksia:

- Jokaisen tietoalkion (transaktion) eheys varmennetaan digitaalisella allekirjoituksella.
- Transaktioiden keskinäinen eheys (hajautetun tietokannan sisäisen ristiriidattomuus) varmistetaan kryptografisilla client-puzzleilla.
- Saatavuudesta on vastuussa lohkoketjuverkko, ja koska tietokanta on jokaisessa verkon solmussa kopiona, varmuus korruptoitumattoman instanssin löytymisestä on suuri.

Lohkoketjuissa salausteknisen suojaamisen eräs ongelma-kohta, ympäristömuuttujien luotettavien referenssien tuottaminen, on ratkaistu aika-muuttujan kohdalla näppärästi siten, että aikareferenssin varmentaminen hajautetaan kaikille lohkoketjuverkon solmuille.





Kaavio ohjelman ajo-oikeuden hajauttamisesta luottamuksellisuus- ja eheysongelmiksi (read and write).

Eheyden suojaaminen eri tekniikoin on ollut perinteisesti marginaalitoimintaa kryptologisessa yhteisössä. Lohkoketjujen myötä on herätty laajemminkin ymmärtämään, että globaalien tietoverkon kybertilassa luottamuksen muodostaminen on nimenomaan eheyden suojaamista. Mutta perinteisen datan ja lähettäjän eheyden sijaan tarvitaan myös monenlaista muuta eheyttä: tietokannan sisäistä ristiriidattomuutta, tapahtumien järjestyksen eheyttä, tiedon tuottajien ja käsittelijöiden roolien ja attribuuttien eheyttä, laskennan eheyttä ja monia muita. Tietoturvatilat ovat nostaneet merkittävän uuden kyberuhan trendin tiedon varastamisen rinnalle: tiedon sabotaaasin, esimerkiksi niin, että johtamistai asejärjestelmän parametrit ovat tuskin havaittavasti mutta kuitenkin ratkaisevasti vinossa. Tässäkin on kyse enemmän tietoalkioiden ja kokonaisuuden eheydestä kuin niiden luottamuksellisuudesta.

Sovelluksia

Jo pelkästään lohkoketjusovelluksista on monissa yhteiskunnallisissakin kohteissa ennustettu seuraavaa digitalisaation pääasiallista ratkaisua. Lohkoketjut ovat kuitenkin todennäköisesti vain yksi ensimmäisiä realisaatioita ”läsnäkryptosta” vietyinä perinteisten salaustekniikan alueiden ulkopuolelle.

Ensimmäiset sovellukset pelkästään tietoalkioiden suojaamisesta tulevat perinteiseen tietoturvaan: erikseen vaadittavia tietoturvavelvoitteita ei tarvitse toteuttaa yhtä monessa pai-

kassa yhtä tiukasti, koska data pysyy salattuna suurimman osan elinkaartaan. Myös toipumismenettelyt muodostuvat joustavammiksi: sisäpiiriläisten oikeudet ovat hienojakoisempia, ja tietovuototapauksissa ei menetetä välttämättä koko salaisten asiakirjojen tietokantaa vaan vain ne, joita vuotaja on ehtinyt käsittelemään roolinsa mukaisesti. Koska uusien nk. smart contract -tekniikoiden avulla myös aktiivista valvontaa voidaan tehdä tehokkaammin (ja laillisesti pätevästi), voidaan esimerkiksi tiettyjen hälytysmerkkien ilmaantuessa lukita epäilyttävän käyttäjän tietojärjestelmät ja pääsyoikeudet saman tien. Hukkuneen toimikortin tai salainlaitteen aiheuttavat korjaavat toimenpiteet voivat olla niin ikään välittömiä.

Uusien salaustekniikoiden lisääminen eheysvarmenteisiin voi tarjota lisätoiminnallisuuksia luottamukseen perustuviin palveluihin: yksinkertaisempina esimerkkinä voidaan tarjota lisää vakuuttavuutta raportteihin, joiden lähdettä ei voida paljastaa mutta joista voidaan (kiistattomasti) todistaa muita ominaisuuksia, kuten kuuluminen vaikkapa länsimaiseen tiedusteluyhteisöön.

Homomorfinen salaus tuo hyvää vauhtia ratkaisuja tietojen käsittelyyn ilman tarvetta purkaa salausta: halpoja sensoreita voidaan esimerkiksi levittää huolettomammin korkeankin uhkatason paikkoihin ilman pelkoa, että niiden keräämä tieto tai tiedon käyttötarkoitus paljastuu.

Logistiikka- ja hankintaketjuja voidaan lohkoketjujen kautta varmentaa ja automatisoida entistä paremmin. Voidaan esimerkiksi varmentaa, että Tampereelta tilattu salaava reititin ei ole välillä käynyt Marylandissa asti, tai valmistella hyvinkin monimutkaisille hankinnoille automaattisia kilpailutus- ja velvoiteprosesseja, mikä sekä nopeuttaa hankintaprosesseja olennaisesti että säästää siihen tarvittavia resursseja.

Varsinkin korkean luotettavuustason kryptografinen laskenta on perinteisesti vaatinut sitomista luotettavaan laitteistoon, mikä taas ei ole kybertilan toiminta-ajatuksen mukaista. Uudet salausteknisiin protokolleihin perustuvat nk. varmennettavan laskennan tekniikat tuovat tähän lisälupauksia: laskennan oikeellisuus voitaisiin varmentaa tarkistamalla vain muutamia bittejä laskennasta. Tällöin itse tietojen käsittelyvaiheessakin pätee sama kryptografian vaatima ulkoistamisen periaate: ”pilven” ei tarvitse olla luotettava, mutta asiakassovellus voi vaatia uudelleenlaskentaa niin kauan, että tulos on riittävän luotettava.

Kuten kaikissa uusissa paradigmoissa ja teknologioissa, läsnäkryptossakin piilee ymmärtämättömyyden sudenkuoppia: esimerkiksi Ethereum-lohkoketjun päälle rakennettu pääomasijoitusyhtiö DAO hakkeroitiin kolmisen viikkoa pystyttämisenä jälkeen (joukkoistetusta pääomasta katosi n. 50 miljoonaa dollaria erilaista kryptovaluuttaa). Perinteiset tietoturvan suojausmekanismit pätevät vain osin, ja riskienhallinnan suojattavat assetit ovat erilaisia. Näiden lisäksi itse suojausteknologia perustuu kryptografiaan, ja joillain käytetyillä teknologioilla voi olla takanaan vuosikymmeniä matemaattista tutkimusta, jonka kaikkia haaroja ei ole täysin ymmärretty.

Sudenkuopat eivät silti implikoi foliohattuja: läsnäkrypton teknologiat tarjoavat kuitenkin toimivan turvallisia ratkaisuja paikkoihin, joihin esimerkiksi korkean turvallisuuden finanssisektori ei aiemmin ole uskaltanut koskea ollenkaan. Teknologioita ja niiden uhkia on vain opittava ymmärtämään paremmin, aina sovellettavasta kryptomatematiikan teoriasta sovelluksen käyttöperiaatteisiin.

Kirjoittaja:

Tekniikan tohtori Mikko Kiviharju toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen informaatiotekniikkaosastossa tietoverkkosodankäynnin tutkimusalalla, erikoistumisalanaan salaustekniikat.

Asetekniikkaosasto

Kevyen ballistisen suojauksen tutkimustoiminta

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa ballistista suojausta sirpaleita ja luoteja vastaan on tutkittu yli 30 vuotta. Järjestelmällinen tutkimuskyvyn luominen sekä tiedon hankinta käynnistyivät yksittäisen taistelijan suojarusteiden, sirpale- ja luotisuojaliivin sekä teräskypärän korvaavan komposiittikypärän, hankinnoista 1980-luvun lopussa. Tavoitteena oli kehittää menetelmät verrata eri valmistajien tuotteita ja niiden suorituskykyä keskenään ja poimia tuotteiden parhaat ominaisuudet suojarusteiden kotimaiseen valmistukseen. Toisena tavoitteena oli luoda kyky tehdä ballistisen suojauksen tutkimusta sekä lisätä tietämystä sirpaleiden ja luotien maabilistisistä vaikutuksista kuin myös niitä vastaan suojautumista.

Uunihuoneelta väestönsuojaan

Tutkimustoiminta alkoi varsin vaatimattomissa olosuhteissa entisen fysiikan osaston ”uunihuoneella”, joka nykypäivänä olisi toimintaan täysin sopimaton. Vuonna 1993 uuden fysiikan osaston rakennuksen valmistuttua saatiin läpäisytutkimukselle asianmukaiset tilat. Nykyisen asetekniikkaosaston alakerrassa on käytössä 50 m:n koeampumarata, jossa tutkimusta voidaan tehdä käsiaseilla ja niiden ampumatarvikkeilla aina kaliiperiin 8,6 mm saakka sekä eripainoisilla sirpaleilla. Eri kaliiperin koeaseita on käytössä noin 30 kappaletta.

Henkilönsuojaimien standardien mukaisesta testauksesta toiminta laajeni ballististen iskuilmäiden tutkimukseen. Erilaisten aseiden ja ampumatarvikkeiden lisäksi tutkimuksiin tulivat mukaan kiihtyvyyttä- ja painemittaukset, joiden avulla tutkitaan edelleen esimerkiksi luodin aiheuttaman iskun vaikutusta kypärällä suojattuun päähän. Erilaisilla suojaimiin



Koeammuntaa talvisissa olosuhteissa.
(Kuva: Ilkka Laine)

sijoitetuilla mittaustureilla sekä pikakamerakuvausten avulla on mahdollista tutkia ballistisen iskun energian absorboitumista erilaisissa suojarakenteissa. Mittaustekniikan avulla voidaan tutkia myös voimakkeinoina yleistyneiden eittappavien ampumatarvikkeiden asevaikutuksia ihmiskehoon.

Henkilönsuojauksen lisäksi on aina ollut tarvetta suojata erilaisia kohteita, kuten ajoneuvoja, viestikontteja, majoitustiloja ja jopa ohjusveneiden kansirakenteita. Näiden kohteiden suojaustaso vaatimus on poikkeuksetta suurempi kuin henkilönsuojaimilla, joten niiden tutkimus ja testaaminenkin vaativat järeämpiä aseita. PVTUTKL:n Lakialan koekentällä on käytössä ulkoampumarata kaliiperin 12,7 mm ja 14,5 mm aseille sekä panssarintorjuntakanuunalle 37 K/36, jolla voidaan ampua 54 g:n terässirpaleita. Tutkimusten avulla pyritään usein selvittämään kustannustehokkain ja kevein rakenne, jolla saavutetaan uhkakuvan mukainen suojaustaso.

Puolustusvoimien omat tutkimustarpeet ovat viime vuosina jonkin verran vähentyneet, koska Puolustusvoimat ei tee tuotekehitystä vaan hankkii suojaimet ja suojarakenteet yleensä valmiiksi testattuina. Tutkimustietoa kuitenkin tarvitaan teknisten vaatimusten laadinnan sekä hankintojen tueksi. Verifiointi- ja vastaanottoammunnoilla varmistetaan, että on hankittu ja saatu sellaisia tuotteita, kuin Puolustusvoimat on halunnut. Hankittu ja käytössä tai jopa varastossa oleva materiaali kuitenkin vanhenee. Ikääntymistutkimusten avulla selvitetään suojainten tai suojarakenteiden käyttöikä eli se, kuinka vanhana tuote vielä täyttää sille asetetut suojaustaso vaatimukset.

Viranomaiset ja turvallisuusala tarvitsevat ballistista suojausta

Monet viranomaistahot, kuten poliisi ja rajavartiolaitos, ja turvallisuusalalla toimivat yritykset tukeutuvat tutkimuslaitoksen osaamiseen ballistisessa suojauksessa. Usein kyseessä on erilaisten varusteiden, kuten luotisuojaliivien, suojakilpien, visiirien, luodinsuojalasiin tai ajoneuvojen lisäsuojauksen, verifiointiammunnat. Ammunnat ovat tyyppillisesti standardien mukaisia kokeita, joilla varmistetaan, että hankitut tuotteet täyttävät niille asetetut suojaustaso vaatimukset. Kaikkiin haasteisiin ei ole pystytty vastaamaan, koska suojausvaatimukset sotilas- ja siviilisektorilla poikkeavat jonkin verran toisistaan. Ballistisen suojan tutkimustoiminta laitoksessamme on suunniteltu täyttämään ensisijaisesti Puolustusvoimien tutkimustarpeet. Tutkimuksellista yhteistyötä



Ballistista testausta entisaikaan. (Kuva: Military Technologies 11/2014)



Erlaisia ampumatarvikkeita ja koesirpaleita. (Kuva: Ilkka Laine)



Pulttilukkoinen kaliiperin 14,5 mm koease tositoimissa. (Kuva: Janne Sandberg)

tehdään virka-apuna onnettomuus- tai rikostutkinnoissa, mikäli tapauksiin liittyy Puolustusvoimien käytössä olevia aseita tai ampumatarvikkeita.

Tutkimusyhteistyö ja verkottuminen eri valmistajien ja toimijoiden kanssa

Useat ballistiseen suojaukseen liittyvät tutkimukset ovat käynnistyneet MATINE-rahoituksella yhteistyössä eri yliopistojen ja kotimaisten yritysten kanssa. Tutkimuslaitoksen rooli on usein toimia projektien ohjausryhmässä sekä tarjota tutkimusten tarvitsemat ammutakokeet. Projekteissa tutkitaan usein uusia ja innovatiivisia keraami- ja kuitumateriaaleja tai monesta jo käytössä olevasta materiaalista koostuvia suojaratkaisuja yhteistyössä valmistajien kanssa. Hyvänä esimerkkinä on Puolustusvoimien rahoittama SUOJA 2010 -projekti, jonka tutkimusten ja tuotekehityksen tuloksena valmistui useita kustannustehokkaita ballistisen suojan ratkaisuja.

Resurssien salliessa palvelututkimusta on ollut tarjolla eri suojamateriaalien ja ballististen suojien valmistajille tuotekehityksen tueksi. Palvelututkimus mahdollistaa myös tuotekehityksen seurannan ja tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden verkottua eri toimijoiden kanssa. Yhteistyö valmistajien kanssa on perusteltua, sillä loppukäyttäjänä ovat poikkeuksetta eri viranomaiset ja turva-alalla toimivat yritykset. Puolustusvoimien ballistisen suojauksen hankinnoissa törmääkin usein kotimaisiin tuotteisiin, jotka on jossakin kehitystyön vaiheessa tutkittu tai testattu Puolustusvoimien tutkimuslaitoksella.

Kirjoittaja:

Diplomi-insinööri Ilkka Laine toimii tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa asejärjestelmien tutkimusalalla.

Ohjusmoottoreiden polttokoe kesällä 2016 Niinisalossa



Kuva johtokeskuksesta. Mumble mahdollisti testin sujuvan johtamisen ja erinomaisen tilannetietoisuuden. (Kuva: Puolustusvoimat / Henrik Aikio)

Lentäjäsankari vilkaisee olkansa ylitse juuri sopivalla hetkellä havaitakseen kohti ammutun ohjuksen savuviivan piirtyvän taivasta vasten. Itsevarmasti virnistäen hän käskyttää koneensa huimaan kieppiin, joka karistaa ohjuksen kannoilta ja kääntää huomionsa pusikossa lymyilevään ampujaan.

Näin siis Hollywoodissa. Oikeassa elämässä pilotin paras – ja monesti ainoa – turva on omasuojajärjestelmä, jonka ensimmäisenä linkkinä toimii ohjusvaroitin. Ohjusvaroitin havaitsee ohjuksen moottorin säteilyn eli herätteen ja käskyttää omasuojajärjestelmän reagoimaan havaittuun uhkaan ennalta ohjelmoidulla tavalla. Yleensä tämä tarkoittaa soihtujen heittämistä (tulevaisuudessa yhä useammin häirintälaserin käynnistystä ja suuntausta ohjusta kohti) sekä hälytyksen antamista koneen näytöllä ja pilotin kuulokkeissa.

Kehitystyötä mallinnustyökaluilla

Ohjusvaroitimen täytyy havaita ohjukset ja erottaa ne ympäristön vaarattomista säteilylähteistä. Käytännössä tämä tapahtuu monimutkaisten algoritmien avulla. Ohjusvaroitimien ja niiden algoritmien kehityksessä koeammunnoilla on keskeinen merkitys. Vain ampumalla oikeita ohjuksia voidaan varmistua ohjusvaroitimen riittävän nopeasta ja luotettavasta toiminnasta. Ammunnoilla on kuitenkin rajoitteensa – ne ovat kalliita ja työläitä, eikä kiinnostavimpia uhkaohjuksia ole yleensä saatavilla, ainakaan riittäviä määriä tai halutussa aikataulussa.

Käytännössä kehitystyö nojaakin pitkälti erilaisiin mallinnustyökaluihin, joiden antamat tulokset varmennetaan pienehköllä määrällä koeammuntoja. Mallinnusketjussa ohjuksen moottorin herätteen malli on luonnollisesti avainasemassa. Moottorin heräte riippuu katselukulmasta (sivulta nähdään suurempi liekki kuin edestä), liekin koosta, ohjuksen nopeudesta (ilmavirta muokkaa liekkiä) ja sen ajoineesta.

Moottorin heräte voidaan toki mitata ammunnoissa, mutta nopeasti liikkuva ohjus on haastava mitattava, eikä se yleensä lennä mittausvälineelle sopivalla etäisyydellä ja mittaajan haluamassa näkökulmassa.

Mallinnuksen kannalta tarvitaan myös mittauksia paremmin kontrolloiduissa olosuhteissa. Yksi mahdollisuus on ampua ohjus kulkemaan kelkassa rataa pitkin. Jos ohjus halutaan kiihdyttää todelliseen nopeuteensa, täytyy kelkkaa avustaa erillisillä rakettimoottoreilla. Toinen tapa on polttaa moottori paikallaan penkissä tuulitunnelin sisällä. Ohjuksen lentonopeutta vastaavan ilmapirran nopeuden saavuttaminen on vaikeaa (tai jopa mahdotonta). Molemmat edellä mainitut mittaustavat vaativat kalliit laitteistot ja ovat hankalia toteuttaa.

Trial KANERVA

Kolmas ja ylivoimaisesti halvin sekä yksinkertainen tapa on polttaa moottorit paikallaan penkissä ja muuttaa mittaustulokset vastaamaan lentotilannetta vertaamalla niitä ammunnoissa saatuihin tuloksiin. PVTUTKL järjesti juuri tällaisen ns. staattisen polttokokeen 13.–23.6.2016 Niinisalon Pohjankankaalla. Kokeeseen kutsuttiin osallistujia NATO:n ilmalusten omasuojatyöryhmään (NATO ACG3-SG2) kuuluvista maista. Kokeeseen osallistuikin lopulta noin 80 ulkomaista tutkijaa ja teollisuuden edustajaa yhdeksästä eri maasta.

Ensimmäinen kyselykierros SG2-maille antoi laihahkon tuloksen, sillä vain kourallinen maita ilmaisi selvän kiinnostuksensa. Monille maille pelkkä staattinen testi ei tuntunut olevan kovinkaan kiinnostava, asenne oli lähinnä ”been there, done that”. Osanottajajoukko oli kuitenkin riittävä mielekkään testin järjestämiseksi, joten testin suunnittelu aloitettiin.

Ensimmäisenä haasteena oli löytää sopiva suorituspaikka. Varsin pian kävi ilmi, että ainoastaan Niinisalon Pohjankangas täytti kaikki testille asetetut vaatimukset ja toiveet ja jätti vielä sopivasti reserviäkin. Alue sijaitsee kohtuullisella etäisyydellä Pirkkalan lentokentältä, jolloin ulkomaisten ryh-



Testin osallistajat ryhmäkuvassa. (Kuva: Puolustusvoimat / Henrik Aikio)

mien mittalaitteiden kuljetus ei muodostunut ylivoimaiseksi. Majoitustilaakin on tarjolla riittävästi kohtuullisen ajomatkan sisällä, ja ruokahuolto toimii riittävässä määrin sotilaskodin ansiosta. Mikä tärkeintä, alueen tasaisuus mahdollistaa mittaukset eri kulmilta ja etäisyyksiltä.

Kiinnostus herää yli odotusten

Seuraavissa kokouksissa testi alkoi hiljalleen herättää enemmän mielenkiintoa – ilmeisesti myös kokeneemmat maat arvioivat yhteistyön myötä käytettävissä olevan mittauskaluston suuren määrän voivan tuottaa riittävästi uutta tietoa panostuksen vastikkeeksi. Maaliskuussa 2016, vain kolme kuukautta ennen h-hetkeä tapahtui varsinainen ketsuppipulloefekti – mukaan ilmoitautui kymmenen maata ja noin sata osallistujaa, yli kaksinkertainen määrä alkuperäiseen verrattuna. Tässä vaiheessa testille annettiin myös kansainvälisen käytännön mukaisesti uusi, yksilöivä nimi Trial KANERVA. Lisääntynyt kiinnostus ei ollut ainoastaan positiivista, sillä alkuperäinen testipaikka ja ajankohta alkoivat käydä ahtaiksi. Logistiikkalaitoksen alaisen Räjähdekeskuksen Niinisalon toimipiste otti tilanteesta kopin esimerkillisesti ja järjesteli Pohjankankaan alueen työnsä uudelleen. Ilman tätä joustavuutta testiä ei olisi voitu suorittaa halutussa laajuudessa.

Polttokokeen tuloksia

Staattinen polttokoe mahdollistaa moottoreiden herätteen mittaamisen tarkasti halutuista kulmista ja tunnetulla etäisyydellä. Tätä käytettiin hyväksi mittausvälineiden sijoittelussa. Mittauspaikat valittiin siten, että vertailu SG2-ryhmän aikaisemmin suoritettuihin ammuntoihin oli mahdollista. Osallistujat myös tekivät hyvää ja järkevää yhteistyötä mittausvälineiden sijoittelussa – kaikki eivät miehittäneet halutuimpia näkökulmia, vaan kalustoa jaettiin kattavasti eri kulmille. Käytännössä tämä tarkoitti, että mittauskalustot ja niitä käyttävät ryhmät olivat hajallaan kentällä, jolloin testin johtaminen muodostui tavallistakin haasteellisemmaksi. Ongelma ratkaistiin rakentamalla tiedonsiirtoverkko, johon jokaisella mittausryhmällä oli yhteys. Yhteydenpito ryhmien välillä hoidettiin Mumble-nimisellä VOIP (Voice Over Internet Protocol) -ohjelmistolla. Tämä mahdollisti testin johtamisen ja tiedon jakamisen huomattavasti perinteistä radioyhteyttä sujuvammin. Monet testiin osallistuneista ryhmistä aikovatkin ottaa vastaavan kommunikointitavan käyttöön omissa testeissään.

Kirjoittaja:

FT Jarkko Mursu toimii erikoistutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa asejärjestelmien tutkimusalalla.

PVTO 2013 Suoja -hanke päättyy – suorituskykyjen kehittäminen ja jalkautus jatkuu

Puolustusvoimien teknologiaohjelman 2013 Suoja -hanke (PVTO 2013 Suoja) käynnistyi keväällä 2013 soveltuvuustutkimuksilla. Kirjallisuuden ja alustavien simulointien avulla selvitettiin, tarjoaako tutkittu teknologia haluttua suorituskykyä, mitkä ovat teknologian hyödyt ja puutteet niin omassa käytössä kuin uhkanakin ja onko se ylipäättään riittävän kypsää käytettäväksi. Lisäksi laadittiin alustava demonstraatiosuunnitelma. Soveltuvuustutkimuksen tulosten perusteella Puolustusvoimat valitsi jatkoon työpaketit, joista kehitettiin demonstraatiolaitteet ja toteutettiin varsinainen demonstraatio 2014–2016. Itse demonstraatiotilaisuudessa teknologialla saavutettavaa suorituskykyä esiteltiin oikeita käyttöolosuhteita vastaavassa ympäristössä.

Hankkeen suurena tavoitteena oli kehittää osaamista herätteiden hallintaan (tietoisuus omista ja taustan herätteistä, omien herätteiden minimointi ja manipulointi), uhkatilanteen tunnistamiseen ja sekä perinteisten että asymmetristen uhkien torjuntaan passiivisin ja aktiivisin keinoin.

Hanke

PVTO 2013 Suoja koostui kolmesta projektista: Toimintakyky elektronisella taistelukentällä, Suojan integrointi ja Bioilmaisuus. Toimintakyky elektronisella taistelukentällä -projektissa kehitettiin lavetin ja joukon omasuojaa hakeutuvia ampumatarvikkeita ja vihollisen tiedustelutoimintaa vastaan. Keskeisiä tutkimuskohteita olivat ohjusten hakupäiden häirintä ja harhauttaminen sekä häiveteknisten materiaalien kehittäminen. Lisäksi tutkittiin oman alueen radiotaajuisien signaalien monitorointia ja elektronisen sodankäynnin kykyjen integrointia operatiivisessa käytössä olevaan viestijärjestelmään.

Suojan integrointi -projekti oli jatkoa Puolustusvoimien teknologiaohjelmassa 2010 aloitetulle työlle. PVTO 2013 Suojassa joukon suojan mallia sovellettiin alueelliseen logistiseen verkostoon, ja se huipentui taistelevan prikaatin huollon toimintakyvyn ja suojan analysointiin. Projekti tuotti myös suo-

PVTO 2013 Suoja -projektit

Toimintakyky elektronisella taistelukentällä

EO-hakupään sokaisu
Häivetekniset materiaalit
Tutkahakupään harhauttaminen (soveltuvuustutkimus)
RF-monitorointijärjestelmä
Ohjelmistoradiopohjainen ELSO-alusta

Suojan integrointi

Logististen verkostojen suojan mallintaminen ja analysointi

Bioilmaisuus

Henkilökohtainen biokeräin (soveltuvuustutkimus)
Kriittisten kohteiden biopuhdistus

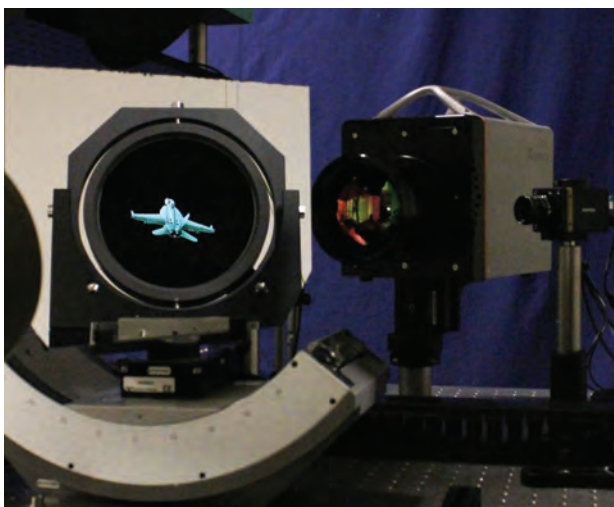
jan arviointityökalun, jolla voidaan mallintaa ja analysoida joukon toimintakykyä sekä arvioida sen suojan riittävyttä.

Bioilmaisu-projekti tutki biologisten uhka-aineiden näytteenkeräystä ja kriittisten kohteiden biopuhdistusmenetelmiä. Näytteenkeräyksessä selvitettiin, millaisella taistelijan henkilökohtaiseen suojanaamariin liitettävällä konstruktiolla ilmassa olevat mikrobit voidaan kerätä myöhempää analysointia varten. Kriittisten kohteiden puhdistamisessa puolestaan tutkittiin, millä turvallisella ja tehokkaalla puhdistusmenetelmällä mikroibeilla saastunut, herkkiä laitteita sisältävä kriittinen kohde, esimerkiksi johtokontti, voidaan palauttaa taistelevien joukkojen käyttöön.

PVTO 2013 Suojan tutkimustyön toteutti Patria Aviation Oy:n, VTT:n, Insta DefSec Oy:n, Bittium Oy:n ja Oulun yliopiston Centre for Wireless Communications -yksikön muodostama konsortio. Puolustusvoimien puolelta työtä ohjasivat asiakkaiden edustajat ja eri alojen asiantuntijat. Puolustusvoimat käytti hankkeeseen neljän vuoden aikana 3,75 miljoonaa euroa ja toimittajat 0,6 miljoonaa euroa. Tällä rahalla saatiin 21 henkilötyövuotta tutkimustyötä ja demonstraattorit. Hankkeen loppuseminaari järjestettiin 8.9.2016.

Merkittävimmät saavutukset

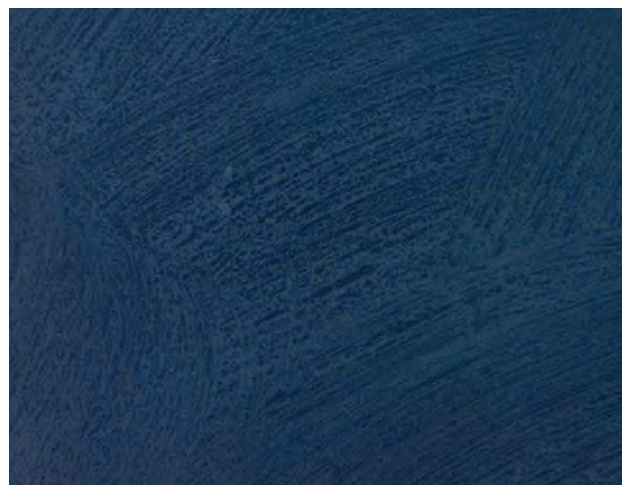
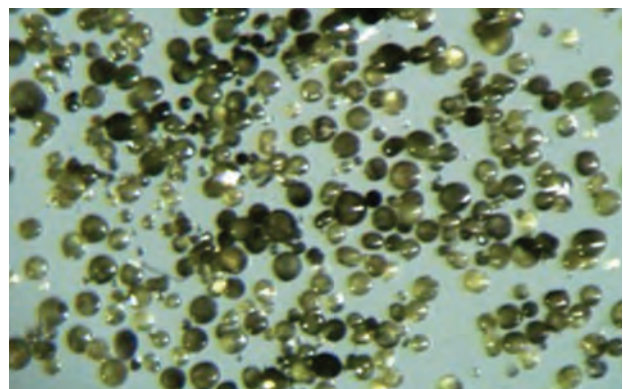
Elektro-optisen, kuvan muodostavan hakupään sokaisussa selvitettiin, miten hakupään sokaisu laserilla vaikuttaa sen ilmaisimeen (vauriot), kuvan muodostukseen (millaisen kuvan häiritetty hakupää tuottaa) ja seuranta-algoritmin toimivuuteen (pysyykö hakupää lukittuna). Toisaalta uhkan kannalta näiden asioiden tunteminen paljastaa, millaisia vaatimuksia onnistunut sokaisu asettaa lasersokaisulaitteen osoi-



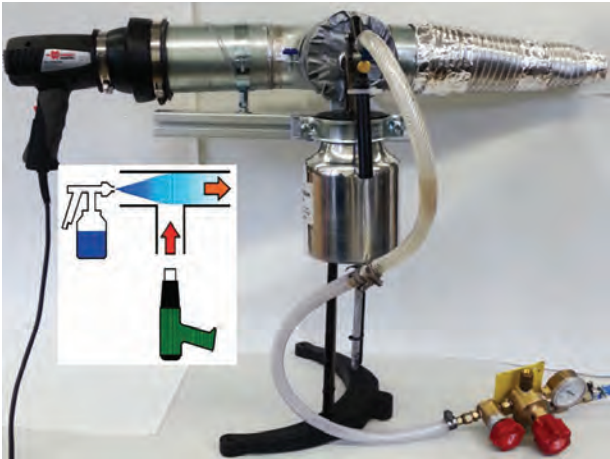
Tältä ohjuksen maali näyttää hakupään silmin näkyvän valon alueella. Kuvassa laserhäirintää ei ole kytketty päälle. Oikealla puolella näkyvät laserhäirinnän tutkimuslaitteiston lämpö- ja CCD-kamera. (Kuva: Jaakko Saarela)

tustarkkuudelle ja häirintäteholle. Demonstraatiovaiheessa rakennettiin laserhäirinnän tutkimuslaitteisto, jolla voidaan tutkia hakupään häirittävyyttä laboratorio-olosuhteissa – sitä, miten helposti ohjus kytetään harhauttamaan eli ohjaamaan kohteen ohitse. Kokeita voidaan tehdä näkyvän valon alueella ja 3–5 µm:n infrapuna-alueella. Tutkimuskohteena voi olla myös simuloitu hakupää.

Laserhäirinnän tutkimuslaitteiston haastavin osa on ohjuksen maalikuvan riittävän realistinen simulointi. Kohteen esim. lentokoneen ja taustan heräte pitää pystyä tuottamaan spatiaalisessa (muoto, koko) ja spektrissä (värit, lämpötila) ulottuvuudessa. Visuaalisella alueella voidaan käyttää todellisten kohteiden kuvamateriaalia näytöltä toistettuna, mutta infrapuna-alueella vastaava vaatisi todella kalliin infrapunaprojektorin käyttöä. Kehitetyssä laitteessa tämä haaste ratkaistiin erikokoisilla, kolme eri lämpötilaa sisältävillä maalikuviolla, jotka jäljittelevät todellista maalia ja taustaa infrapuna-alueella riittävällä tarkkuudella. Maalia liikutetaan hakupään suhteen peilioptiikan avulla. Innovatiivisen ratkaisun takia tutkimuslaitteiston kustannukset jäivät vain noin kymmenesosaan siitä, mitä infrapunaprojektorilla varustettu laitteisto olisi maksanut.



Lehtivihreää sisältäviä kapseleita, jotka voidaan sekoittaa lakkaan, sekä valokuva kevyen tutka-absorptiomateriaalin demonstraatiokappaleesta. (Kuva: Tomi Lindroos)



Kaiken ei aina tarvitse olla tieteellistä ja kallista. Kuvassa on demonstraatioissa käytetty vetyperoksidin generointilaitte, jonka peruspalikat ovat maaliruisku ja kuumailmapuhallin. (Kuva: Kimmo Heinonen)

Kehitetty laserhäirinnän tutkimuskyky on avainasemassa, kun arvioidaan tulevaisuuden infrapunaohjusten harhautusta. Uudet elektro-optiset hakupäät ovat poikkeuksetta kuvan muodostavia. Samalla laitteistolla voimme myös tutkia, millaisia vaatimuksia meidän on asetettava laserhäirintälaitteistolle (DIRCM), jos hankimme sellaisia esim. hävittäjien omasuojajärjestelmiin.

Toiseksi Toimintakyky elektronisella taistelukentällä -projektissa kehitettiin täysin uudentyypisiä häivemateriaaleja. Naamiolakkaan kehitettiin väripigmentti, jossa hyödynnetään elintarviketeollisuudessa käytettävää edullista lehtivihreää. Tällainen lehtivihreäpohjainen maali on ideaalinen naamioitumiseen metsäisessä ympäristössä, koska itse maalilla on taustan herätespektri eikä se vain yritä jäljitellä sitä. Tätä suorituskykyä tarvitaan nopeasti yleistäviä hyperspektrisensoareita vastaan, jotka pystyvät erottamaan helposti keinotekoisien materiaalin luonnon omista materiaaleista.

Lisäksi projektissa optimoitiin tutkasäteilyä absorboivan materiaalin (RAM) rakennetta. Perinteisen RAM:n vaimentavana tehoaineena ovat pallomaiset, rautapohjaiset partikkelit. Hankkeessa vaimennusmateriaalin ominaisuuksia muokattiin litistämällä pallomaiset partikkelit anisotrooppiseksi liuskeeksi, pinnoittamalla ne sopivalla eristemateriaalilla ja muokkaamalla matriisin sähkönjohtavuutta. Tällä tavoin vaimennusmateriaalin neliöpaino saatiin pienennettyä puoleen samaan aikaan, kun materiaalin vaimennuskyky parani. Materiaalin pieni neliöpaino on kriittinen tekijä lentävien kohteiden ja toisaalta isojen kohteiden, kuten laivojen, suojauksessa.

Yksi mielenkiintoinen tulos oli elektronisen sodankäynnin (ELSO) ominaisuuksien integrointi langattomaan runkoverkkoon, joka on alun perin rakennettu puhtaasti viestijärjestelmäksi. Idean mukaisesti järjestelmään ei tehty fyysisiä muutoksia vaan uudet ominaisuudet tuotettiin pelkästään

ohjelmallisilla ratkaisuilla. Tutkimus osoitti vakuuttavasti, että viestijärjestelmään kyetään lisäämään verkottunut havainnointi-, paikantamis- ja häirintäkyky lataamalla haluttuihin viestiasemiin ELSO-toiminnallisuus, luonnollisesti verkon kautta. Järjestelmän kehittämiseksi ja logistiikalle tämä mahdollistaa merkittävän päivityspotentialin ja kustannussäästöt.

Suojan integrointi -projektin tuloksena syntyi suojan arviointivälineistö. Sillä voidaan kuvata tarkastelevan joukon toiminnallinen malli halutussa skenaariossa sekä analysoida joukon toimintakykyä skenaarion uhkatilanteessa. Toiminnallinen malli kuvaa joukon rakenteen, tehtävät ja resurssitarpeet aina joukon yksittäiseen jäsenen saakka. Skenaario puolestaan määrittelee joukkojen sijoituksen, liikkeen ja vihollisen aiheuttaman uhkan eri ajanhetkinä. Toimintakykyanalyysi paljastaa joukon ne kriittiset toimijat ja pullonkaulat, jotka rajoittavat koko joukon suorituskykyä. Jotta joukon toimintakyky säilyisi paremmin, näiden haavoittuvimpien toimijoiden suoja on parannettava joko materiaalisilla ratkaisuilla tai käyttöperiaatteita muuttamalla.

Arviointivälineistön hyödyntämistä demonstroitiin analysoimalla lääkintä- ja ammushuollon toimivuutta prikaatin vastahyökkäyksen aikana. Yksi keskeinen tulos oli se, että uuden taistelutavan mukainen joustava huoltoverkosto parantaa oleellisesti huollon toimintavarmuutta, vaikka se on haaste johtamiselle. Tällä hetkellä suojan arviointivälineistöä jalkautetaan asiantuntijoiden perustuväliseksi.

Biopuhdistus-projektissa kehitettiin kaasumaisen vetyperoksidin käyttöön perustuva kriittisten kohteiden puhdistusmenetelmä. Sillä voidaan helposti tuhota kontaminaatiomikrobien määrä sadastuhannesosaan, mikä on riittävä puhdistuksen kannalta. Koska menetelmässä hyödynnetään puhdistavaa kaasua, se tunkeutuu luonnollisen leviämisen kautta laitteistojen ja kalustuksen sisään. Puhdistusmenetelmä on myös turvallinen sekä ihmiselle että ympäristölle. Siitä ei jää jäämiä, eikä se vahingoita elektronisia laitteita. Kriisitilanteessa menetelmän toteutus voidaan periaatteessa tehdä rautakaupasta ostettavilla välineillä. Menetelmällä on myös siviilisovelluksia, koska esim. sairaalat kamppailevat samantyyppisten ongelmien kanssa. Tämän vuoksi menetelmän kaupallistamista tutkitaan.

Kirjoittaja:

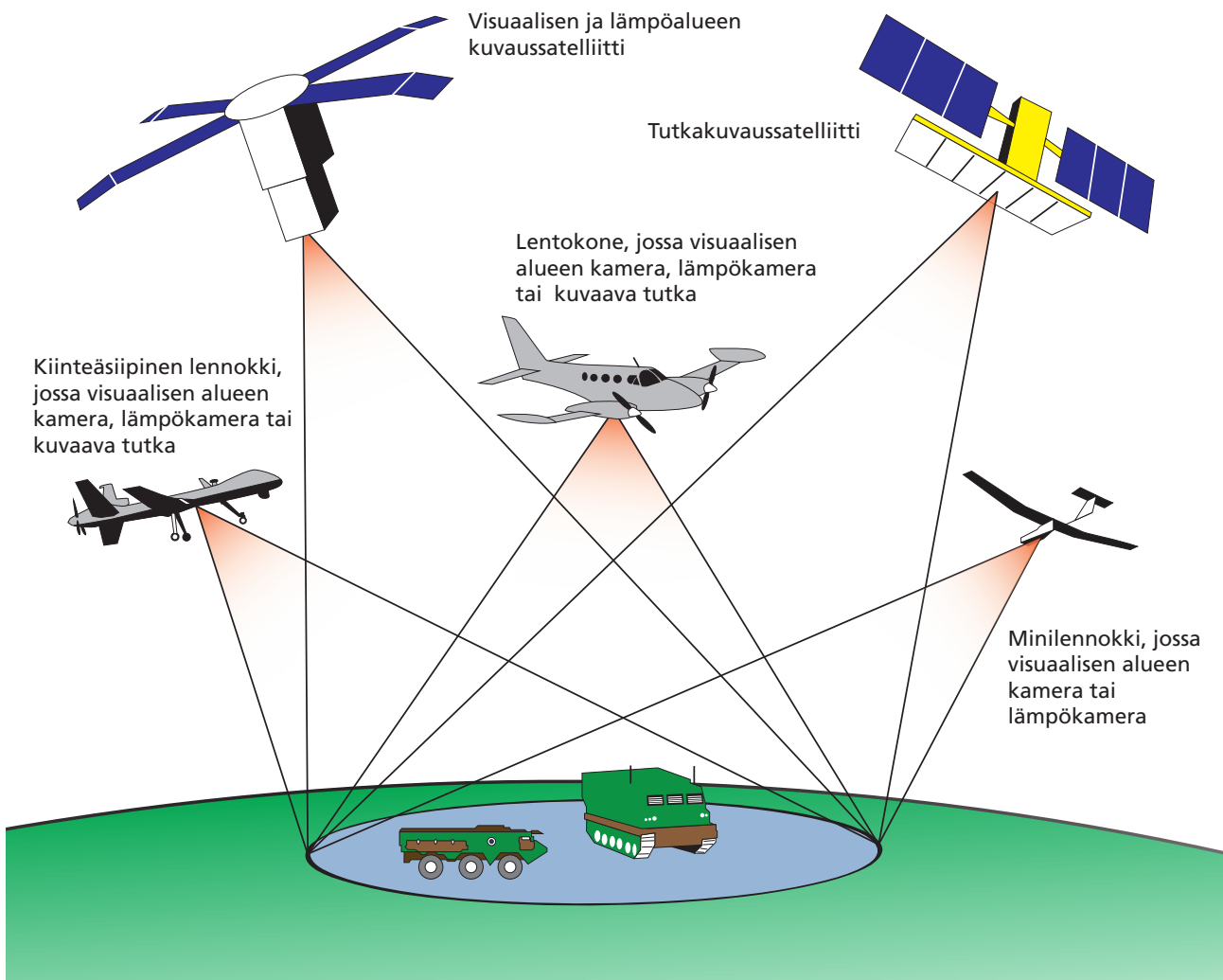
Filosofian tohtori Timo Kaurila toimii johtavana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa.

Maastouttaminen tulevaisuudessa – uutta ja vanhaa

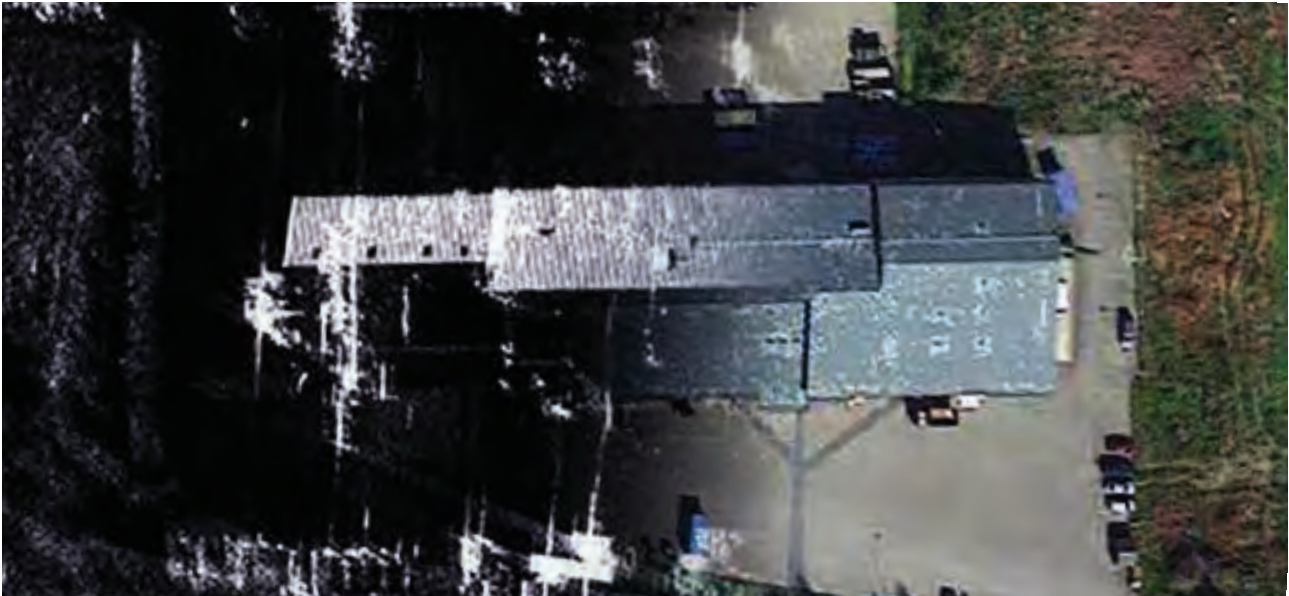
Häivetekniikka tutkii ja kehittää suojaa yhä haastavampaa sensorikenttää vastaan. Jo nyt sensorit voivat kuvata kohteita eri korkeuksilta, kaikilta suunnilta ja kaikkina vuorokauden aikoina. Sensorilavetteina voidaan käyttää satelliitteja, lentokoneita ja yhä enemmän myös lennokkeja (kuva 1). Lennokit ovat yleistyneet ja valikoima on monipuolistunut, joten myös pienempien sotilasyksiköiden käytössä on omia sensorilavetteja. Elektroniikan ja elektro-optiikan halpeneminen ja pieneminen mahdollistavat sensoreiden entistä laajemman käytön esimerkiksi kuvaustiedustelussa ja hakeutuvissa asejärjestelmissä. Lisäksi data- tai kuvafuusiassa yhdistetään useilta sensoreilta saatavia tietoja.

Kuvaustiedustelumenetelmät

Keskeisiä kuvaustiedustelumenetelmiä ovat visuaalisen alueen kuvaus, lämpökuvaus ja tutkakuvaus (SAR eli synteettisen apertuurin tutka). Visuaalisen alueen kuvat (valokuvat) ovat helposti tulkittavia, ja niiden tarkkuus on yleensä erinomainen. Kuvaus edellyttää kuitenkin kohtuullista valaistusta ja näkyvyyttä. Pilvipeite estää kuvauksen korkealla lentävistä laveteista. Pimeys antaa suojaa visuaalisen alueen kuvaukselle, mutta lämpökuvaukselle sen sijaan ei. Sade ja suuri ilmankosteus rajoittavat lämpökuvauksinkin. Lämpökuvat ovat erittäin informatiivisia, vaikka resoluutio



Kuva 1. Kuvaustiedustelumenetelmät ja -lavetit. (Grafiikka: Onni Pernu)



Kuva 2. SAR-kuva ja Google Maps -ilmakuva samalta alueelta eri ajankohtana. (Kuva: Jouko Haapamaa)

ei yllä valokuvien tasolle. Tutkakuvauks on sääolosuhteista ja vuorokauden ajasta riippumaton kuvaustiedustelumetelmä. SAR-tutkalla saavutetaan korkea erottelukyky, mutta kuvien tulkinta edellyttää harjaantumista (kuva 2). Näiden keskeisten kuvaustiedustelumetelmien ohella häivetekniikassa tarkastellaan muun muassa kehityksessä olevien hyperspektrikuvauksen, laserkeilauksen ja lehvästön läpi näkevien tutkien asettamia vaatimuksia suojalle.

Häivetekniset suojausmenetelmät

Häiveteknisten suojausmenetelmien käytöllä tavoitellaan sitä, että vastustaja ei havaitse eikä tunnista kohteita kaukaa. Häiveteknisiä suojausmenetelmiä ovat maastouttaminen, harhauttaminen ja hajauttaminen. Maastoutettaessa hyödynnetään luonnonmuotoja, metsän peitteisyyttä, rakennusten katveita, naamiomateriaaleja ja luonnonmateriaaleja. Luonnonmuotojen, kuten kallioliikkauksien ja notkelmien, hyväksikäyttö on perusta tehokkaalle maastouttamiselle. Muotouttamista täydennetään soveltuvilla materiaaleilla, koska osa sensoreista kykenee tuottamaan kuvattavalta alueelta kolmiulotteisen maastomallin. Esimerkiksi laserkeilauksista vastaan muotoutusta täydennetään riittävän tiheäsilmaisella naamioverkolla.

Metsän peitteisyys antaa suojaa kuvaustiedustelua vastaan. Tiheä kuusimetsä antaa hyvän suojan visuaalialueen kuvausta, lämpökuvauksista, SAR-kuvausta ja hyperspektrikuvauksista vastaan. Lehvästön antaman suojan tehokkuuteen vaikuttaa tiedustelun käyttämä kuvauskulma. Satelliiteista kuvaus tapahtuu jyrkemmältä kulmalta kuin muista laveteista. Laserkeilauksella on mahdollista nähdä lehvästön alle, mutta keilaus edellyttää matalaa lentokorkeutta, alhaista lento-

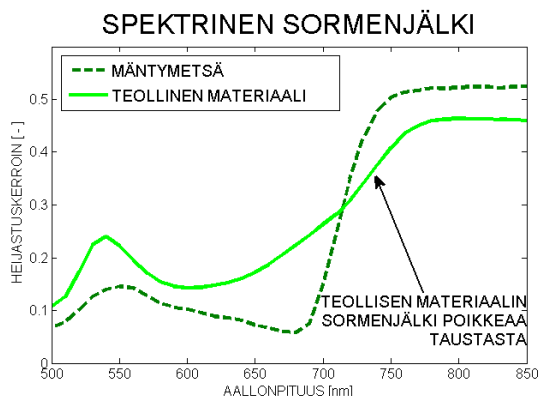
nopeutta ja aktiivista lähetintä, joten se on kiistettävissä. Rakennukset ja muut kiinteät rakennelmat antavat suojaa kaikkia sensoreita vastaan.

Maastouttamiseen käytettävien naamioverkkojen tulee toimia laajalla sähkömagneettisen spektrin alueella ultraviolettilta aina tutkataajuuksille asti. Naamioverkkojen tärkeimpiä häiveteknisiä ominaisuuksia ovat toimintaympäristöön soveltuva väritys ja tarkoituksenmukaiset säteilyn läpäisy- ja heijastusominaisuudet (kuva 3). Naamioverkkojen tulee olla riittävän tiheäsilmaisiksi, jottei niistä näy läpi paljain silmin, valonvahvistimella, lämpökameroilla eikä laserkeilaimella. Myöskään tutkataajuuksilla ne eivät saa olla liian läpäiseviä.

Hyperspektrikuvauksella voidaan erottaa keinotekoiset materiaalit luonnonmateriaaleista kullekin materiaalille ominaisen ns. spektrisen sormenjäljen perusteella (kuva 4). Hyperspektrikuvasta kohteita voidaan etsiä tunnetun kirjas-



Kuva 3. Naamioverkkojen heijastusominaisuudet vastaavat keskimääräistä suomalaista metsämaastoa. (Kuva: Tiia Mattila)



Kuva 4. Hyperspektrikuvauksella kohteet havaitaan muodon ja koon sijaan materiaalille ominaisen spektrisen sormenjäljen perusteella. (Kuva: Ilkka Rajakallio)

tospektrin avulla, mutta ympäristöstään poikkeava materiaali voidaan havaita myös ilman spektrisiä ennakkotietoja. Visuaali- ja lähi-infrapuna-alueen hyperspektrikuvaukseen vaatii valoa ja muutenkin hyvät sääolosuhteet. Uudet lämpöalueen hyperspektrikamerat sen sijaan toimivat myös pimeällä. Hyperspektrikuvauksen yleistyessä naamiomateriaalien tulee vastata toimintaympäristön ominaisuuksia yhä tarkemmin. Spektrin muodon ohella tärkeä tekijä on vaihtelu, jota luonnossa esiintyy runsaasti muun muassa varjojen, katveiden ja tuulen aiheuttaman liikehännän vuoksi.

Maastoutuksen yhtenä tavoitteena on rikkoa ääriiviivat ja kohteelle ominaiset tunnuspiirteet. Naamioverkoilla tai muotoon ommellulla maastouttamisjärjestelmällä aikaan saatua maastoutusta täydennetään toimintaympäristöä vastaavilla luonnonmateriaaleilla. Luonnonmateriaalit parantavat suojaa kaikkia kuvaustiedustelusensoreita vastaan (kuva 5). Havupuut säilyttävät suojausominaisuutensa noin viikon ja lehtipuut muutamia päiviä. Perinteinen havutus tarjoaa edullisen vaihtoehdon myös kaupallisille liikkuvan kohteen maastouttamisjärjestelmille. Luonnonmateriaalien käyttö säilyy tulevaisuudessakin keskeisenä maastouttamismenetelmänä.



Kuva 5. Luonnonmateriaaleilla täydennetään maastoutusta ja suojataan liikkuvaa ajoneuvoa. (Kuva: Tiina Niinimäki-Heikkilä)

Uusia menetelmiä ja välineitä

Lämpö- ja tutka-alueen suojaa voidaan parantaa kohteen ongelmakohtiin sijoitettavilla erityismateriaaleilla. Kohteen tunnusomaista lämpöherätettä voidaan rikkoa tai madaltaa esimerkiksi lisälämpösuojilla tai muulla eristemateriaalilla. Lämpöherätteen hallinta on erityisen tärkeää tasalämpöisessä toimintaympäristössä esimerkiksi yöaikaan. Kohteen tutkaherätettä voidaan pienentää käyttämällä tutkavaimennusmateriaalia (RAM) sellaisissa kohdissa, joista aiheutuu voimakas tutkaheräte. Tutkavaimennusmateriaaleissa häivetekniikan tutkimus kohdentuu aiempaa kevyempien ja tehokkaampien materiaalien tutkimukseen.

Kehittyvä sensorikenttä haastaa häivetekniikan tutkimusta. Valmista ratkaisua eli kaikkia sensoreita vastaan suojaavaa näkymättömyysviittoa ei ole kaupallisesti saatavilla, vaan häivetekniikan suojan rakentaminen on palapelin kokoamista. Eri suojausmenetelmät ja -välineet täydentävät toisiaan, ja niiden kehitystyössä ja käytössä pitää ottaa huomioon eri sensoreiden erityispiirteet.

Naamioverkkoja tullaan käyttämään tämänhetkisen arvion mukaan vielä vuosikymmeniä. Naamioverkkojen rinnalla käytetään järjestelmäkohtaisia maastouttamisjärjestelmiä. Molempia tullaan päivittämään sensoriuhan ja materiaalien kehittyessä. Tällaisia materiaaleja saattavat olla lehtivihreää tai muita luonnonaineita sisältävät pigmentit sekä metamateriaalit. Menetelmiä herätteen vaihtelun aikaansaamiseksi naamioverkkomateriaaleihin tutkitaan parhaillaan.

Älykkäät eli adaptiiviset materiaalit ja nanoteknologia saattavat mullistaa häivetekniikan tulevaisuudessa. Älykkäillä materiaaleilla naamioitu kohde reagoi ympäristöönsä, sen häivetekniset ominaisuudet muuttuvat ympäristönsä mukaisesti reaaliajassa ja ideaalitapauksessa kohde kätkeytyy taustaansa täydellisesti. Toistaiseksi adaptiivista häivetekniikkaa on demonstroitu vain rajatuilla kaistoilla, jolloin se toimii esimerkiksi lämpökameraa vastaan mutta ei samanaikaisesti visuaalialueella. Elektroniikan koon pieneminen edesauttaa adaptiivisen häivetekniikan käyttöönottoa. Kaikki tarvittava elektroniikka sensoreista alkaen voidaan integroida suoraan naamiomateriaaliin. Energian kulutuksen pienentäminen ja energiantuotanto adaptiivisille menetelmille täytyy kuitenkin ratkaista ennen tuotteistamista.

Kirjoittaja:

Tekniikan tohtori Antti Tuohimaa toimii tutkimusalaohjohtajana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen asetekniikkaosastossa häivetekniikan tutkimusallalla.

Toimintakykyosasto

Sotilaiden toimintakykyä tutkivat reserviläisryhmät poikkeusoloissa

Sodassa joukko voi menettää taisteluvahvuudestaan ison osan, jopa puolet, sotilaiden saamien psyykkisten oireiden vuoksi. Tämän vuosituhatosen sodissakin havaittua ilmiötä havainnoimaan on Suomessa luotu toimintakyvyn tutkimusryhmiä, jotka kykenevät selvittämään tutkittavasta joukosta sotilaiden toimintakyvyn senhetkisen tilan sekä muita jaksamiseen liittyviä asioita. Saatavaa tutkimustietoa voidaan käyttää johtamisen tukena ja täten mahdollisuuksien mukaan välttää joukon suorituskyvyn romahtaminen sotilaiden toimintakyvystä liittyviin seikkoihin. Tutkimustietoa kerätään myös osaksi Puolustusvoimien henkilöstö- ja koulutusalan tilannekuvaa. Puolustusvoimissa käytössä olevassa määritelmässä sotilaan toimintakyky jakautuu psyykkiseen, fyysiseen, sosiaaliseen ja eettiseen osa-alueeseen.

Tutkimusryhmät organisaationa

Poikkeusoloissa toimivien, sotilaiden toimintakykyä tutkivien ryhmien alkusanat lausuttiin 1990-luvun alussa. Silloin käytäytymistieteilijät lähtivät ajamaan sitä, että sodan ajan joukoista tutkitaan mm. mielialoja, taistelutahtoa ja ryhmäkiinteyttä sitä varten erikseen perustettavilla ryhmillä. Ryhmien käyttö eri puolustushaarojen harjoituksissa ei alkuvuosina ollut valtakunnallisesti johdettua, vaan ryhmiä piti kertausharjoituksissa ”työntää” isompien harjoitusten mukaan.

Puolustusvoimauudistuksessa sodan ajan tutkimusryhmät siirrettiin vuonna 2014 Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosaston kokoonpanoon ja peruskoulutusvastuulle. Henkilöstö- ja koulustustoimialan poikkeusolojen toimintoja ohjaavissa asiakirjoissa muodostettiin puolustusvoimallinen toimintakykyjärjestelmä, jonka osaksi tutkimusryhmätkin asetoitiin, ja samalla niiden tehtävät sekä taistelujaoitus eri puolustushaarojen kesken määritettiin. Tämä

ohjeistus on antanut hyvän pohjan ryhmien toiminnalle ja sen kehittämislle.

Ryhmät ovat kooltaan kymmenhenkisiä, ja ne on kalustettu siten, että ne pystyvät toimimaan kahtia jakautuneina. Ryhmiin on henkilöstöksi poimittu reservistä vapaaehtoisia ja tehtäviin motivoituneita kasvatustieteiden, psykologian ja johtamisen kokeneita ammattilaisia. Kaikkien ryhmien henkilöstön on peruskouluttanut tehtäviinsä toimintakykyosasto, ja ryhmät ovat jatkuvassa kertausharjoituskierrossa taistelujaoituksen mukaisen johtoportansa alaisissa harjoituksissa eri puolustushaaroissa. Yhtä ryhmistä käytetään toimintakykyosaston alaisuudessa valtakunnallisten analyysien ja koosteiden laadinnan apuna. Kesällä 2016 kolme ryhmistä oli samanaikaisesti eri johtoportaiden alaisuudessa kertausharjoituksissa. Tällöin päästiin harjoittelemaan ja testaamaan joukkojen toimintakyvystä tutkitun tiedon kulkua poterosta tai laivalta aina pääesikuntaan asti osaksi valtakunnallista tilannekuvaa.

Ryhmien varustukseen kuuluu perinteisen kenttävarustuksen ja joukkokohtaisen taisteluväline- ja majoitusmateriaalin lisäksi tutkimustoiminnan sekä raportoinnin mahdollistava varustus. Tiedot kerätään tablettitietokoneilla, ja tiedon analysointi on pääosin automaattista ja nopeaa. Perinteinen haastattelutoiminta sekä raportointi paperilomakkeilla onnistuvat toki edelleen, mikäli tekniikka ei toimi tai tutkimusvälineistö tuhoutuu.

Ryhmien tehtävistä ja toiminnasta

Joukon sotilaiden toimintakyvyn tutkimista varten toimintakykyosastolla on kehitetty vakioimuotoinen tilannekuvakysely. Tätä käyttämällä saadaan kaikilta ryhmiltä samalla tavalla jäsenneiltyä tietoa valtakunnallista koostetta varten.

Ryhmien perustehtävät

- Sotilaiden toimintakyvyn tilan kartoittaminen tutkittavaksi käsketystä joukosta.
- Raportointi tutkittavan joukon johtajalle.
- Johtajien konsultointi sekä toimenpidesuosituksen antaminen haasteellisissa tilanteissa.
- Kootun tutkimustiedon välittäminen toimintakykyosastolle sekä puolustushaaroissa mahdollisesti käsketyllä tavalla tutkitun joukon yläjohtoportalle.



Yksi tutkimusryhmistä valmistelemassa työtilaansa valtakunnallisen koonnoksen laatimista varten. (Kuva: Jari Harala)

Tutkittavan joukon johtaja voi lisäksi käskää tarpeelliseksi kokemiaan tutkimus- tai selvitystehtäviä tai pyytää toimenpidesuosituksia esimerkiksi sotilaiden johtamiseen liittyvissä haasteissa. Myös pääesikunta voi toimintakykyosaston kautta toimialateitse antaa lisätehtäviä tutkimusryhmille.

Tilannekuvakyselyn tekemistä varten on hankittu ruggedoituja tablettitietokoneita, joissa kosketusnäyttöä käyttämällä kukin haastateltava sotilas vastaa kyselyyn ja vastaukset tallentuvat tiedostoksi. Nämä tiedostot kootaan ryhmän kokoontumispaikalla yhteen tietokoneeseen ja niistä ajetaan ja tulostetaan raportti joukon johtajalle. Ryhmä lisää automaattiraporttiin sen tulosten tulkinnan jälkeen tulosten kiteytyksen sekä tarvittavat toimenpidesuositukset mahdollisesti havaittuihin haasteisiin puuttumiseksi.

Kysely ja siitä saatava raportti painottuvat toimintakyvyn psyykkiseen ja sosiaaliseen osa-alueeseen. Ryhmät on koulutettu myös havainnoimaan sekä kyselemään mm. ravitsemustilannetta, mahdollista unen puutetta ja fyysisen rasittuneisuuden tilaa sekä johtamista. Tutkittavasta joukosta arvioidaan kaikkia tasoja miehistöstä johtoon asti.

Reserviläisissä on voimaa

Tutkimusryhmien kertausharjoituksissa mukana olleet reserviläiset ovat erittäin aktiivisesti ja oma-aloitteisesti olleet mukana tutkimusmenetelmien ja -välineiden kehittämisessä. Harjoitusyön valjettua aamuksi jollakin osallistujalla on usein ollut esittää jokin kehitysehdotus taulukkona, kuvana, tilasto-ohjelman sovelluksena tai esimerkiksi prosessikaaviona. Harjoitukset ovatkin olleet kertaamisen ohella isoja sykäyksiä myös kokonaisuuden kehittämiseksi. Kehittäminen jatkuu myös harjoitusten välillä jopa toimintakykyosaston reserviläisiltä tilaamina töinä.

Reserviläisten voimavaraa on tarkoitus jatkossa entistä enemmän käyttää myös poikkeusolojen joukkojen toimintakyvyn ylläpitämiseen sekä palauttamiseen. Tutkimusryhmien havaintojen perusteella koottuja tukitoimia voidaan



Merivoimien ryhmän tutkijoita tabletille kerätyn tiedon parissa. (Kuva: Anitta Hannola)

suunnata kovia kokeneille joukoille. Parhaillaan näitä tukitoimia tutkitaan ja kehitetään ja lisäksi varusmiesjohtajien ja sotakouluissa opiskelevan henkilökunnan opetuksessa kerrotaan toimintakyvyn ilmiöistä, niiden tutkimisesta sekä tuesta poikkeusoloissa. Aselajista riippumatta ryhmäänsä johtava reservin alikersantti tai kersantti on aivan keskeinen sotilaidensa toimintakyvyn tukihenkilö. Lisäksi jokaisessa poikkeusoloissa toimivassa joukkoyksikössä (pataljoona tai vastaava) on toimintakyvyn tukiryhmä. Myös valtakunnallista tukiyksikköä ollaan kehittämässä – kaikki edellä mainitut ovat siis reserviläisiä.

Tutkimusryhmien tehtävä keskittyy siis tutkimiseen ja johtajien konsultointiin, ja tukitoimia varten on olemassa ja kehitteillä omat joukkonsa.

1990-luvulla alkanut kehitystyön tuote on lunastanut paikansa valtakunnallisen henkilöstö- ja koulutusalan tilannekuvaprosessin osana, ja puolustushaarat kutsuvat säännöllisesti ryhmiä omiin harjoituksiinsa. Ammattitaitoisten reserviläisten keräämää tietoa tulkintoihin käytetään osana päätöksentekoa ja tärkeiden tukitoimien suuntaamista sotiville joukoille. Ryhmien tutkimustoiminta tuo komentajille tarkkaa tietoa sekä ennusteen sotilaiden jaksamisesta joukkonsa osana. Tällöin voidaan, toivottavasti, välttää alussa kuvatut isot poistumat mm. taistelustressistä johtuvien psyykkisten ongelmien vuoksi.

Kirjoittaja:

Everstiluutnantti Jari Harala toimii Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa ja johtaa Taistelija sodassa -tutkimusryhmää.

Yksilö ja yhteisö psykologisen sodankäynnin kohteina informaatioyhteiskunnassa

Psykologinen sodankäynti on aina ollut osa sodankuvaa: vastustajaan pyritään vaikuttamaan jo ennen varsinaisia sota-toimia, jotta saavutetaan itselle edullinen asema vastustajaan nähden. Monesti psykologinen vaikutus nähdään lisänä tai ylimääräisenä toimena, jolla tuetaan fyysiseen vaikuttamiseen tähtäävää operaatiota. Terroristista toimintaa tarkasteltaessa asetelma on kuitenkin toinen, sillä siinä päätavoitteena on psykologinen vaikutus, johon lukeutuu pelon ilmapiirin luominen, ja tätä ilmapiiriä ylläpidetään ja vahvistetaan ajoittaisilla fyysisiin tuhoihin tähtäävillä toimilla. Toisaalta kaikilla sotatoimilla voidaan nähdä loppuasetelmana olevan psykologinen vaikutus: lamauttaa vastustajan tahto jatkaa sotatoimia.

Carl von Clausewitzia mukaillen sota on politiikan jatke ja tällöin sotilaat voidaan nähdä psykologisen sodankäynnin välineenä – sodankäynnin, jonka tarkoituksena on puolustajan näkökulmasta saada vastustajan sotilaallinen ja poliittinen johto lopettamaan aggressiiviset sotatoimet tai hyökkääjän näkökulmasta saada kohteen sotilaallinen ja poliittinen johto antautumaan.

Sekä terrorismin vastainen sota että Krimin valtauksen kaltaiset hybridimäiset sotatoimet, joissa tavanomaisten asevoimien käytön lisäksi toteutetaan epätavallisia sekä sodan oikeussääntöjen vastaisia keinoja, ovat hämähäyttäneet rajaa sodan ja rauhan välillä. Aiemmin sotatilan julistuksen jälkeisiä toimia toteutuu nyt jo rauhan aikana. Samalla sotatoimien kohteiksi määrytyvät yhtä lailla yhteiskunta ja siviiliväestö kuin kohdemaan asevoimatkin. Puolustuksen näkökulmasta tämä tuo haasteita, joihin vastaaminen ei ole yksin puolustusvoimien käsissä.

Nykyisessä turvallisuustilanteessa tämä tarkoittaa rajojen ja infrastruktuurin suojaamisen lisäksi suojautumista epäsuoralta vaikuttamiselta, johon lukeutuu esimerkiksi poliittiselta painostukselta suojautumisen lisäksi kansalaisiin kohdenetulta informaatiovaikuttamiselta suojautuminen. Suomen voidaan jo katsoa olevan tämän kaltaisen vaikutuksen kohteena.

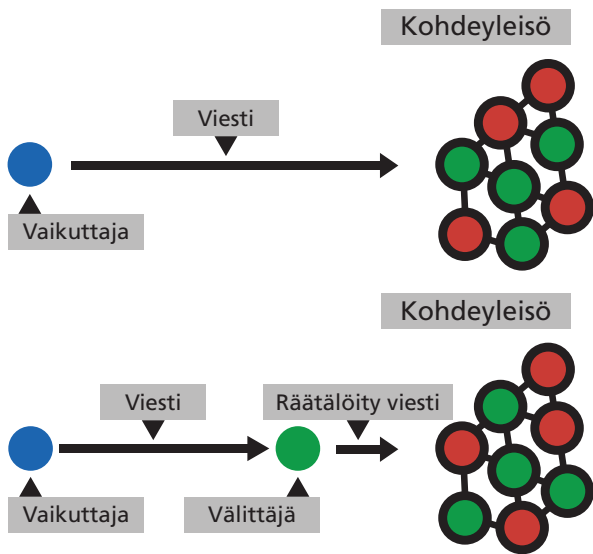
Hybridisodankäynnissä informaatiovaikuttamiselta (mukaan lukien psykologinen vaikuttaminen) suojautumisessa tulee ymmärtää kohteiden valikoitumisen muutos ja vaikuttamiseen tarvittavan tiedon hankintaan liittyvät uudet ilmiöt.

Kohdeyleisö ja vaikuttamisen kohdentamisen murros

Informaatiovaikuttamisella kuten kaikilla sotatoimilla on kohde, joka on erikseen määritelty. Kineettisessä vaikuttamisessa käytetään usein termiä maali, kun taas informaatiovaikuttamisessa tai psykologisessa vaikuttamisessa usein tästä maalista käytetään termiä kohdeyleisö. Perinteisessä mielessä kohdeyleisö voidaan määrittää demografisten tietojen perusteella; kohdeyleisö voi olla esimerkiksi tietyllä alueella asuvat asevelvollisikäiset miehet tai vaikka näiden äidit. Sosiaalisen median kaltaisessa informaatioympäristössä demografisiin tai alueellisiin määrittämiin perustuvat kohdeyleisö-määrittäykset kuitenkin hämärtyvät ja osin menettävät merkityksensä. Kohteeksi nousee aikaan ja paikkaan sitoutumaton alttius vaikutukselle, asennoituminen tai jopa yksittäinen tunnetila, kuten turhautuminen tai epävarmuus.

Aikaan ja paikkaan sitoutumattomasta informaatiotulvasta voidaan tunnistaa ne tiedot ja tapahtumat, joiden avulla on mahdollista vaikuttaa valittuun kohdeyleisöön tai kohteeseen. Esimerkiksi sosiaalisen median päivitysten perusteella voidaan tunnistaa ne sosiaalisen median ryhmittymät ja keskustelufoorumit, joissa ilmaistaan aktiivisesti huolta ja tyytymättömyyttä. Tätä huolta ja tyytymättömyyttä voidaan sen jälkeen lietsoa entisestään. Vastaavasti vahvasti valtionjohtoon ja Suomen itsenäisyyteen luottaviin kohdistetuilla vaikutusyrityksillä ei välttämättä ole riittävän hedelmällistä maaperää, jotta vaikuttamisyritys kannattaisi (hyöty-kustannus), muussa kuin perinteisessä häirintämielessä.





Kuva 1. Perinteinen suora viestintä massoihin ja kohdistettu välittäjän kautta tuotettu viestintä. (Grafiikka: Onni Pernu)

Välillisenä kohteena yksilö

Vaikuttaminen ei aina kohdistu suoraan suuriin massoihin tai edellä esitettyihin määrityksiin kohdeyleisöstä. Kohteena voi olla yksittäinen ihminen. Perinteisesti ajatellen tämän kaltaiset ihmiset ovat olleet merkittäviä poliitikkoja tai asevoimien komentajia, ja varmasti näin edelleen on. Näiden lisäksi on kuitenkin syntynyt joukko uuden ajan vaikuttajia, joita edustavat esimerkiksi tubettajat, joiden mielipiteillä on erityisesti nuorelle sukupolvelle merkittävä vaikutus. Näihin vaikuttamalla voi vaikuttaa koko heidän kuulijakuntaansa. Tällöin he toimivat epäsuotuisan viestin välittäjinä (kuva 1) ja kääntävät sen sellaiselle kielelle, jota heidän kuulijakuntansa ymmärtää. Kynyisempi voisi ajatella, ettei näillä uuden polven vaikuttajilla ole merkitystä, koska suurin osa heidän seuraajistaan on varsin nuoria. Tunnetuimpia suomalaisia tubettajia kuitenkin seuraavat kymmenet- elleivät sadattuhannet nuoret, samat nuoret jotka kohta astuvat asepalvelukseen tai suorittavat sitä parhaillaan. Voisiko tällaisen tubettajan kautta lähtevä viesti olla vaikuttavampi kuin kerrostalollinen sometrollien viestejä? Eikä tässä trollien vaikutavuutta mitenkään väheksytä.

Yksilö

Edellä esitetyn perusteella voidaan siis ajatella, että yksittäinen ihminen voi olla vaikutuksen kohde. Ei ole kuitenkaan yksiselitteistä, miten meihin yksilöinä voidaan vaikuttaa, sillä yksilöinä olemme kovin erilaisia. Tämä erilaisuus vaikuttaa siihen, miten helposti esimerkiksi lankeamme erilaisiin huijaus- tai tiedonkalasteluyrityksiin tai kuinka auliisti ylipäättensä annamme mahdollisuuksia vaikuttaa meihin. Ihmiset ovat luonteeltaan erilaisia; yksi voi nauttia toisten

seurasta äänekkäissä juhlissa ja toinen taas hiljaisuudesta ja rauhallisesta filosofisesta keskustelusta, vastaavasti yksi haluaa kokea aina uusia elämyksiä, toinen taas on tyytyväinen samaan vanhaan tuttuun kaavaan ja arjesta irtirepäisy voi tuntua epämiellyttävältä. Samat asiat, jotka erottavat meidät arjen toiminnassa ja sosiaalisessa kanssakäymisessä, erottavat meidät toisistamme myös esimerkiksi tietoturvaan asennoitumisessa ja turvallisuuskäyttäytymisessä.

On havaittu, että kun tiedonkalastelua kohdistetaan oikein, voidaan saavuttaa huomattavasti parempia tuloksia kuin satunnaisella geneerisellä tiedonkalasteluviestillä. Uusista kokemuksista kiinnostuneelle tiedonkalastelu voidaan naamioida mahdollisuuteen voittaa matkoja, kun taas erittäin sovinnollisia ihmisiä voidaan manipuloida myötätuntoon vedoten. Luonteenpiirteiden lisäksi moni muukin asia vaikuttaa tiedonkalastelualttiuteen, esimerkiksi sotilaiden ja poliisien on todettu olevan keskimääräistä herkempiä auktoriteetteja hyödyntävissä vaikutusyrityksissä. Hierarkkinen organisaatio aiheuttaa ajoittain sen, että jopa sähköpostilla tulleeeseen korkeammassa asemassa olevan käskyyn reagoidaan tarkistamatta, onko kyseinen henkilö oikeasti edes olemassa.

Yksilö ja sosiaalinen media

Luonteenpiirteitä on perinteisesti tarkasteltu erinäisin kyselyin ja psykologisten arvioiden avulla, mutta ihminen antaa pieniä vihjeitä itsestään ja luonteenpiirteistään normaalissa arkipäivän toiminnassaan. Kohteena olevan ihmisen tarkkailu on kuitenkin työlästä ja vaivalloista. Sosiaalinen media on avannut uusia väyliä myös luonteenpiirteiden tarkasteluun. Useat tutkimukset osoittavat vahvaa yhteyttä sosiaalisen median käyttäytymisen ja luonteenpiirteiden välillä. Se, miten käyttäydymme sosiaalisessa mediassa, mahdollistaa ennusteiden tekemisen siitä, miten toimimme myös muussa ympäristössä; rohkeimmat tutkimukset esittävät yli 80 %:n yhtenevyyttä sosiaalisen median käyttäytymisen ja luonteenpiirteiden välille (Qiu, Lin ja Ramsayn (2012) tutkimusta lainaten ”Olet mitä twiittaaat”).

Perinteiset länsimaiset käsitykset psykologisesta vaikuttamisesta ja sen suhteesta muuhun sotilaalliseen toimintaan ovat jäykkiä ja kaipaavat uudelleenarviointia. Informaation kasvava määrä ja samalla kehittyvät analysointimenetelmät altistavat yksilön ja koko yhteiskunnan tietoturvariskeille, joihin varautumisesta meillä ei ole vielä riittävästi ymmärrystä.

Kirjoittaja:

Psykologian tohtori Petteri Simola toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa psykososiaalisen toimintakyvyn tutkimusalalla.

Varusmiespalveluksen keskeyttämisen syistä

Puolustusvoimissa on seurattu palveluksensa keskeyttäneiden varusmiesten ja vapaaehtoisten naisten mielipiteitä, kokemuksia ja elämäntilanteita suunnilleen samanlaisella kysymyssarjalla vuodesta 2001 alkaen. Tänä aikana kyselyyn on vastannut yli 30 000 nuorta, joiden palvelus on jostain terveydellisestä syystä joko keskeytetty väliaikaisesti (E-luokka) tai jotka on vapautettu palveluksesta rauhan aikana (C-luokka). Osa on joko muutaman päivän tai pitemmän ajan kulluttua hakeutunut asepalveluksen sijasta siviilipalvelukseen. Näiden lisäksi voivat palveluksen keskeyttää taloudelliset tai perhesyyt. Kahdelle ryhmälle on suotu mahdollisuus valita, suorittaako palveluksen: naisilla on mahdollisuus päättää palveluksensa syytä ilmoittamatta 45 ensimmäisen palvelusvuorokauden aikana, ja ne, joilla on kaksoiskansalaisuus, voivat valita, suorittavatko palveluksen Suomessa tai mahdollisesti jossain muussa maassa.

Keskeyttäjäille tehtyjen kyselyiden mukaan uusiin rutiineihin sopeutuminen aiheuttaa jännitystä keskeyttämisen syistä riip-

pumatta kaikille vastaajille. Sopeutuminen uusiin, siviilielämästä poikkeaviin olosuhteisiin tuottaa kaikille ongelmia. Selvästi eniten jännityksestä kärsivät ne, joiden palvelus keskeytyy mielenterveydellisistä syistä. Siviilipalvelukseen hakeutuvat raportoivat kyselyssä jännitys- ja ahdistusoireita hieman vähemmän kuin mielenterveyssyistä palveluksensa keskeyttävät mutta selkeästi enemmän kuin esimerkiksi fyysisten ongelmien vuoksi palveluksesta vapautettavat. Ahdistusta aiheuttavia seikkoja ovat esimerkiksi sotilaselämän rutiinit tervehtimisineen ja palveluksen asettamat fyysiset ja psyykkiset vaatimukset. Jo pelkästään ryhmässä toimiminen ja isoissa tuvissa asuminen tuntuu monista liian vaativalta. Henkilökohtaisista ja taloudellista syistä palveluksensa keskeyttävien vastauksissa korostuvat palveluksessa olon epämiellyttävyyys ja tyytymättömyys palvelusjärjestelyihin, ajankohtaan ja paikkaan.

Mielenterveydellinen ongelma on nykyisin syynä keskeyttämiseen hieman alle puolessa tapauksista. Fyysiset sairaudet



(Kuva: Puolustusvoimat / Aake Kinnunen)



(Kuva: Puolustusvoimat / Jarno Riipinen)

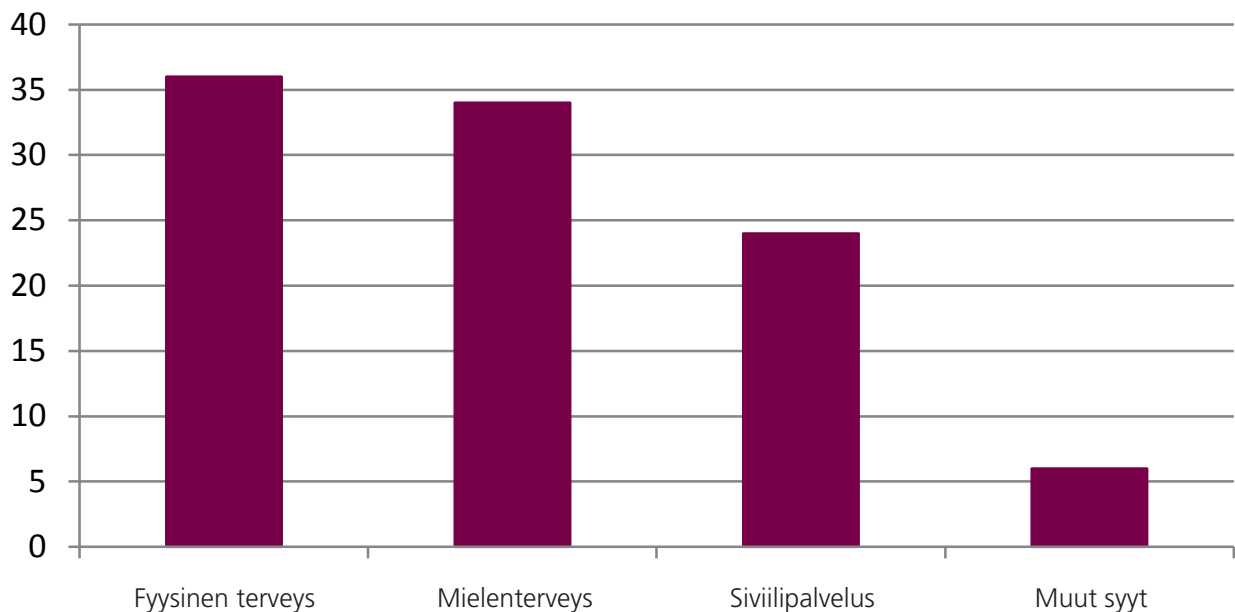
ja mielenterveysongelmat ovat viime vuosina muodostaneet yhteensä noin 70 % kaikista keskeytyksistä. Kaikista keskeyttäneistä, erilaiset henkilökohtaiset syyt mukaan lukien, noin puolet saa määräaikaisen vapautuksen, jolloin heidän tilanteensa arvioidaan uudestaan puolen vuoden, vuoden tai muutaman vuoden kuluttua. Siviilipalvelukseen lähtee noin neljännnes palveluksen keskeyttäjiä, ja loppu, viitisen prosenttia, on palveluksensa keskeyttäviä naisia sekä henkilökohtaisista ja taloudellisista syistä palveluksensa keskeyttämään joutuvia. Viime vuosina on keskeytykset koko palvelusajalta saatu vähentymään alle viidentoista prosenttiin. Vuonna 2012 tuo luku oli lähellä kahtakymmentä prosenttia. Kaksi kolmasosa keskeytyksistä tapahtuu peruskoulutuskauden kahdeksan viikon aikana.

Yleisin keskeytyssyy on fyysinen sairaus tai vamma. Näitä on noin puolet tai hieman yli kaikista terveydellisistä syistä. Tällä vuosikymmenellä on terveydellisissä keskeytyssyissä tapahtunut selkeä muutos. Sitä mukaa, kun saapumiserät ovat pienentyneet ja keskeyttäneiden lukumäärä ja keskeytysprosentti ovat vähitellen pienentyneet, on mielenterveydellisten syiden osuus keskeyttämisen terveydellisistä syistä

koko ajan kasvanut ja fyysisten syiden osuus on vähentynyt. Vielä vuonna 2011 mielenterveyssyiden osuus oli vain 35 % kaikista diagnooseista. Nyt se on lähes puolet. Tähän on ainakin kaksi syytä. Puolustusvoimien terveystarkastusohjeita on muutettu useampaan otteeseen vuoden 2006 jälkeen. Asevelvollisia vapautetaan palveluksesta entistä useammin jo kutsunnoissa. Vapauttaminen tapahtuu kutsunnoissa helpommin fyysisistä kuin mielenterveyssyistä, sillä näitä ei ole terveystarkastuksissa yhtä helppo havaita. Mielenterveyssyitä eivät nuoret myöskään ilmoita yhtä helposti kuin fyysisiä ongelmia. Niitä yhä edelleen häpeillään tai uskotaan, että ne eivät ole sen isompi ongelma varusmiespalveluksessa kuin siviilielämässäkään. Kasarmin porttien sitten sulkeuduttua huomataankin, että palvelus asettaa sellaisia vaatimuksia, joihin ei psyykkisesti pysty vastaamaan. Toinen syy mielenterveyssyiden suhteelliseen kasvuun on kannabistuotteiden käytön selkeä kasvu nuorison keskuudessa 2000-luvulla. Diagnoosiluokituksessa kaikki lääkkeiden ja päihteiden väärinkäyttö luetaan mielenterveysongelmiin kuuluvaksi.

Kannabiksen käyttö palveluksen keskeyttämisen syynä kaksinkertaistui vuodesta 2010 vuoteen 2014 sadasta vuo-

Keskeytysten syyt peruskoulutuskaudella 1/2016, prosenttia



sittaisesta tapauksesta kahteensataan. Alkoholiriippuvuus keskeytyksen syynä samana aikana puolittui noin kolmes- takymmenestä vuosittaisesta tapauksesta noin viiteentoista. Vuoden 2014 jälkeen ovat kannabisdiaagnoosit hivenen vähentyneet. Muiden huumeiden käyttö ja lääkeaineiden väärinkäyttö keskeytyssyynä ovat pysyneet Sotilaslääketieteen keskuksen vuosittaisissa tilastoissa muutamien yksittäistapausten tasolla.

Terveystarkastuksissa havaittu trendi kannabiksen käytön yleistymisestä saa tukea muista tilastoista. Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen mukaan vuonna 2014 oli 15–24-vuotiaista 19 prosenttia joskus kokeillut tai käyttänyt kannabista. Poliisiammattikorkeakoulun tilastojen mukaan yksin Helsingissä tehtiin vuonna 2015 lähes 4 000 huumausaineisiin liittyvää rikosilmoitusta. Suurin osa näistä (2 540 kpl) oli huumausaineiden käyttörikoksia. Vuonna 2002 käyttörikoksia tilastoiin Helsingissä vain hieman yli 1 100.

Keskeyttämiseen johtavat syyt ovat lähtöisin ajalta ennen varusmiespalvelusta. Palveluksenaikaiset arvosanat ilmapiiristä ja esimiesten toiminnasta ovat kaikissa keskeyttäjäryhmissä korkeita. Keskiarvot ovat viime vuosina olleet yli neljän viisiportaisella asteikolla. Samalla asteikolla ovat kiusaamisen arvosanat olleet alle kahden, kun ykkönen tarkoittaa, ettei sitä ole esiintynyt lainkaan. Sen sijaan palvelusta edeltävää aikaa koskevista kysymyksistä käy ilmi, että monilla keskeyttäjillä on ollut sekä fyysiseen että mielenterveyteen liittyviä ongelmia, joista he eivät ole aiemmin kertoneet.

Fyysisistä syistä yleisimpiä noin neljänneksen osuudella terveyssyistä ovat tuki- ja liikuntaelinten vaivat, jotka vaivaavat

usein niitä, joilla on reilusti ylipainoa. Lisäksi niitä voivat olla myös erilaiset urheilu- tai muiden vammojen jälkitilat, jotka eivät vaivaa kevyessä rasituksessa, mutta muodostavat esteen palveluksen jatkamisella, kun selkään lyödään täyspakkauus. Monien mielenterveyssyistä keskeyttämään joutuvien taustasta löytyy raportoimattomia mielenterveyshoitoja, kiusaamis- ja väkivaltakokemuksia sekä erilaisia oppimis- ja sopeutumisongelmia, jotka ovat osalla johtaneet erityis- tai tukiopetusluokkiin sijoittamiseen. Kun näihin lisätään tilastoista ilmenevä 1990-luvun puolivälistä alkanut alokkaiden keskipainon noin seitsemän kilon nousu sekä kestävyys- ja lihaskuntotulosten huomattava heikkeneminen, ei palveluksen suorittaminen ole kaikille nuorille helppoa.

Kirjoittaja:

Filosofian maisteri Antero Johansson toimii vanhempana tutkijana Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastossa psykososiaalinen toimintakyky -tutkimusallalla.

Esikunta

Tutkimusrekisterin käyttöönotto

Tutkimusrekisteri on tutkimusaineiston julkaisujärjestelmä. Puolustusvoimissa tuotettu tutkimustieto tuodaan lähelle päivittäistä työntekoa tukemaan suunnittelua ja päätöksentekoa. Tehokkailla hakutoiminnoilla tarvittava tieto löytyy nopeasti. Tutkimusrekisteri tarjoaa nykyaikaiset välineet tiedon tallentamiseen ja hyödyntämiseen.

Mikä on tutkimusrekisteri?

Tutkimusrekisteri on tutkimusaineiston julkaisujärjestelmä. Tutkimusrekisteriin tallennetaan Puolustusvoimien tutkimusraportit ja mm. Maanpuolustuskorkeakoulun opinnäytetyöt. Puolustusvoimien käyttäjä voi hakea tutkimusdokumenteja suoraan omalta työasemaltaan (ja tallentaa työasemalleen) turvallisuusverkossa (TUVE).

Pääasiassa tutkimusraporteista koostuva aineisto tallennetaan uuteen PV intranet -portaaliin. Tutkimusrekisteriin tallennetaan alkuvaiheessa ST IV- ja Julkinen-tason materiaalia. Tavoitetilassa, jos TUVE-verkon tietoturvaso saadaan nostettua, tutkimusrekisteriin tallennetaan myös ST III -tason materiaalia. Tämä helpottaa ja nopeuttaa ratkaisevasti tutkimustiedon löytymistä ja hyödyntämistä.

Miten tutkimusrekisteri sai alkunsa?

Tutkimusrekisteri on Pääesikunnan suunnitteluosaston omistama järjestelmä, ja rekisterin rakentaminen käskettiin Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa. Tutkimustiedon hyödyntämisellä on tutkimuslaitoksessa pitkät perinteet. HYÖTY-projekti (Tutkimustiedon hyödyntäminen) vuonna 2007 ja tätä edeltävä esiselvitys ovat osa ketjua ennen PV:n tutkimusrekisteri-projektia (PVTUTREK).

Tutkimusrekisterin toiminnallisuuksia on testattu vuodesta 2011 lähtien tutkimuslaitoksen tutkimusverkossa. Tutkijan-työpöytä (TTP) -niminen tuotantojärjestelmä on toiminut Microsoft Office SharePoint Server 2010 -alustalla, ja tekniikka on todettu luotettavaksi ja toimivaksi. PV:n tutkimusrekisteriprojekti on odottanut PV:n ratkaisua tutkimusmateriaalin tallentamiseen ja julkaisuun.

Tutkimusrekisteri rakentuu osaksi intranetia

Tutkimusrekisteri rakentuu SharePoint 2016 -ympäristöön (PV intranet -portaali). Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskuksen (VALTORI) TUVE-yksikkö on rakentanut PV

SharePoint Sivustot

Tutkimusrekisteri Luonnokset Julkinen ST IV MUOKKAA LINKKEJÄ

Haku

tutkimus

Näytä ensin hakutulokset kielellä suomi ▼

Olet nähnyt tämän tuloksen aikaisemmin

Tutkimusrekisteri - Tutkimusrekisteri - Julkinen

Testitutkimus
Tutkimuksen nimi: [Tutkimuksen nimi] ([Tutkimuksen lyhenne ... 2 Tutkimus 2 ...
Tutkimuksen nimi ja (lyhenne ... Puolustusvoimien Tutkimuslaitos ...
testipvyotilat.tuve.fi/sites/.../Testitutkimus.docx

Tutkimusraportti 1
Puolustusvoimien Tutkimuslaitos ... Tutkimuksen nimi: Testitutkimus (TETU ... 2
Tutkimus 2 ... Tutkimuksen nimi ja (lyhenne ... Lisää-välilehden valikoimissa on
kohteita, jotka on suunniteltu ...
testipvyotilat.tuve.fi/sites/.../Tutkimusraportti 1.docx

Huippujulkinen(2016-11-29_14-47-07_74052)
Puolustusvoimien Tutkimuslaitos ... Tutkimuksen nimi: Huippujulkinen tutkimus (HJT
... 2 Tutkimus 2 ... Tutkimuksen nimi ja (lyhenne ...

Tulostyyppi

- PDF
- Ryhmäisivusto
- SharePoint-sivusto
- Tehtävä
- Verkkosivu
- Word

Tekijä

- Koski Ilkka PV PVTUTKL
- Ilkka Koski
- Timo Karjalainen
- Riihiviita Pasi PV PVTUTKL
- Virekunnas Ari PV PVTUTKL

NÄYTÄ ENEMMÄN

intranetin teknisen alustan, joka valmistui marraskuun 2016 aikana. Ulkopuolinen toimittaja tekee PV intranet -portaalin tuotantoympäristön (sivustot ja työtilat).

Puolustusvoimien Palvelukeskus vastaa uuden, Tornin korvaavan, intranetin suunnittelusta ja toteutuksesta osana PVHALTU2-projektia. Uusi Torni-portaali on moderni intranet, jossa käytettävyys ja palvelut tukevat päivittäistä työntekoa. Intranet tarjoaa nykyaikaiset ryhmätyövälineet, kuten ryhmä-, kokous- ja projektityötilat ja niihin liittyvät sähköposti- sekä tehtävien hallintapalvelut.

Viestinnällinen PV intranet -portaali otettiin käyttöön TUVE-verkossa vuoden 2017 alussa. Tutkimusrekisteri, joka on yksi PV intranetin työtiloista, voidaan ottaa käyttöön työtilojen toiminnallisuuksien valmistuttua. Näillä näkymin tutkimusrekisterin tuotantokäyttö alkanee kesäkuun alussa 2017.

Kuinka tutkimusrekisteri toimii?

Tieto tallennetaan järjestelmään sähköisessä muodossa. Tallennettaessa asiakirjaan liitetään metatietoja, joilla asiakirjan säilytys, julkaisu ja mahdollinen jatkokäsittely onnistuvat. Tiedonohjaussuunnitelma (TOS) integroidaan soveltuvin osin osaksi Tutkimusrekisteriä.

Tutkimusrekisterissä oleva tieto löytyy tehokkailla hakutoiminnoilla. Hakukenttään voidaan vapaasti kirjoittaa hakukriteerit, ja haku käynnistyy hiiren klikkauksella. Tieto löytyy metatietojen tai asiasisällön mukaan eli haku kohdistuu myös

asiakirjan tekstiosuuteen. Löydettyjä hakutuloksia voidaan edelleen suodattaa mm. tekijän, sisältötyypin, metatietojen tai ajan suhteen.

Käyttäjät voivat tarkastella, mitä tutkimuksia tietystä aiheesta tai tietyllä tutkimusalalla on aikaisemmin tehty. Tietoja voidaan hyödyntää lataamalla asiakirja TUVE-työasemalle. Myös tutkimuksen tekijä saattaa olla mielenkiintoinen tieto. Tällöin Tutkimusrekisteri auttaa alan osajia verkostoitumaan tai asiakas voi ottaa yhteyttä tutkimusyhteisöön ja aloittaa yhteistyön tutkimusorganisaation kanssa.

Kirjoittaja:

Tradenomi Ilkka Koski toimii ICT-järjestelmäpäällikkönä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen esikunnan tieto- ja viestintäsektorissa.

Perustutkija

Etätyö on sitten lopultakin Puolustusvoimien henkilöstönkin ulottuvilla! Epätyö (luitte aivan oikein!) on varmaankin osa työn kuvan muuttumista. Asiantuntijoiden vaatima digiloikka voi Puolustusvoimissa olla kuntotestien vauhdittoman pituushypyn veroinen. Kun kurkottaa liian pitkälle, tulee asiaa Valtiokonttorille.

Etäkäyttöön soveltuvat hallinnollisen tietoverkon TUVE-työasemat toimivat kotona yhtä hyvin kuin työpaikallakin, joten viisas epätyöntekijä ottaa työpaikalta mukaansa valkoisen paperiarkin ja sinisen värikynän. Perfektionistit voivat varustautua harpilla, jotta kotona piirrettävät siniset ympyrät ovat varmasti yhtä pyöreitä kuin täysillä työskentelevän TUVE-koneen näytöllä.

Maasotakoulun tiedotuslehti Maasoturi määritteli osuvasti yliopistomaailmassa tehtävän tutkimuksen keskeisimmän olemuksen. Sehän on tietenkin yleisistä tieteenfilosofisista perusteista kumpuava tutkimusintressi, esimerkiksi aikaisemmin tutkimatta jääneen aihealueen tutkiminen. Tässäpä tavoitetta myös Puolustusvoimien tutkimuslaitokselle! Aiemmin tutkittujen aiheiden tutkimisessa ei ole mieltä, vaikka asiakas kysyykin monesti samoja asioita vuodesta toiseen, kun asianhoitajat esikunnissa vaihtuvat ja muistijäljet katkeavat asiakkaan puolelta. PVTUTKL:n henkilöstön korkea keski-ikä takaa sen, että laitoksen muistijäljet katkeavat aivan luonnollisista syistä.

Perustutkija yllättyi, kuinka samankaltaisia ovat maailman parhaat työpaikat! TM-lehdessä (8/2015) kerrottiin Teslan autotehtaasta, jonka kuvaus on kuin yksi yhteen tutkimuslaitoksen kanssa.

Teslan (tutkimuslaitoksen) imagoon kuuluu myös ekologisten (byrokraattisten) arvojen kunnioittaminen. Materiaaleja (hallinnollisia tehtäviä) kierrätetään eikä vaarallisia kemikaa- leja (tervettä järkeä) käytetä turhaan. Taukojen aikana voi rauhoittua viherkasvien (puoliainojen, lehdet karisevat syksylä mutta eivät kasva keväällä) ympäröimillä virkistysalueilla (entiseen kirjastoon rakennetussa kahviossa) ja lukea vaikka (Ruotuväki- tai Muuriansakkuri) lehtiä (parempien osastojen hylkäämiltä pöydiltä).

Eri tehtävissä työskentelevät vaikuttavat olevan tasa-arvoisessa asemassa (joskin joillakin osastoilla ollaan tasa-arvoisempia kuin muilla). Haalariporukkaa (tutkimushenkilöstöä) ei ole eristetty omaan reservaattiin, vaan esimerkiksi suunnitelu- osaston (tutkimuksen suunnitteluyksikön) avokonttori sijaitsee lähellä tuotantotiloja, jolloin suoraa palautetta on helpompi antaa, ja vastaavasti tuotantomenetelmien tehostaminen käy yksinkertaisesti (monimutkaisesti) suunnittelijoi-

den kanssa keskustelemalla (koko linjaorganisaation kautta, luonnollisesti).

Kaiken kaikkiaan Teslan autotehdas (tutkimuslaitos) muistuttaa enemmän Googlen ja Applen kaltaisia nykyaikaisia it-yrityksiä niin tiloiltaan (kehnosti toimivien tietokoneiden ja ohjelmien määrältään) kuin työntekijöille tarjottavilta olo- suhteiltaankin. Teslan (tutkimuslaitoksen) ja sitä ohjaavan johtajan Elon Muskin (esikunnan ja uuden johtajan) luoma hurmoshenki sekä tavoite luoda uutta ja erilaista näkyä harvinaisen innostuneena tekemisenä. Tehtaalla (tutkimus- laitoksessa) työskentelevät vaikuttavat olevan osa isoa suur- ta perhettä, jota innoittaa sähköinen tulevaisuus (loistava menneisyys).

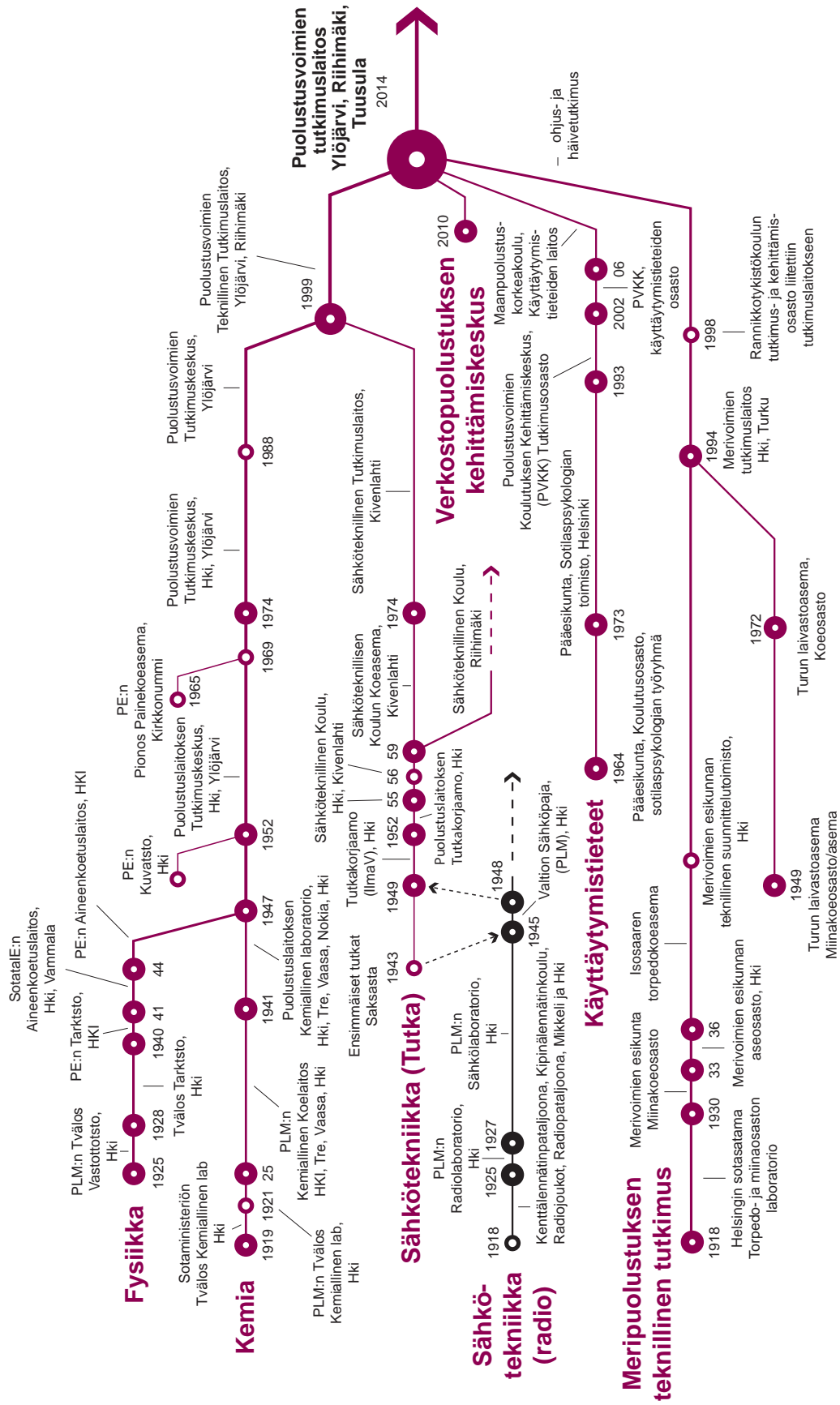
Laitoksen johtajien vaihtopäivänä kuultiin esitelmä työn imusta. Todellisuudessa tilanne lienee kuten ydinfysiikassa: kun hiukkasat siirtyvät vetovoiman vaikutuksesta kyllin lähelle toisiaan, alkaakin vaikuttaa poistovoima, joka kumooa vetovoiman. Näin on käynyt Perustutkijallekin, joka nuorena oli tutkijan työhön pyrkinyt. Kyllin kauan jatkunut työn imu on muuttunut työn hylkimiseksi. Innostuksen spiraali on vaihtunut turhautumisen syöksykierteeseen.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen uusi johtaja on Puolus- tusvoimissa opetettavan syväjohtamisen isä, ja siksi onkin tar- peen painottaa esimiestyön ja taitojen tärkeyttä. Perustutkija esittääkin, että laitoksen vuosipäivänä jaettavan Rokka-pal- kinnon lisäksi jaetaan parhaalle esimiehelle Kuovi-palkinto.



(Piirros: Antti Palosaari)

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen sukupuu



Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen julkaisuja -sarja
ISSN 2342-3129 (painettu), ISSN 2342-3137 (verkkójulkaisu)

Julkaisuja 1

Anna Immonen

Ympäristönsuojelu ja -johtaminen puolustushallinnossa

ISBN 978-951-25-2686-4 (painettu)

ISBN 978-951-25-2687-1 (verkkójulkaisu)

2015, 81 s.

Julkaisuja 2

Markku Mesilaakso, Tuuli Haataja ja Eeva-Maija Turpeinen

Disruptiiviset teknologiat puolustus- ja turvallisuuskontekstissa: Energeettiset ja CBRN-teknologiat

ISBN 978-951-25-2688-8 (painettu)

ISBN 978-951-25-2689-5 (verkkójulkaisu)

2015, 47 s.

Julkaisuja 3

Risto Vehmas

Liikekompensaatio- ja autofokusmenetelmät SAR- ja ISAR-tutkien signaalinkäsittelyssä

ISBN 978-951-25-2717-5 (verkkójulkaisu)

2016, 112 s.

Julkaisuja 4

Tiia Lohela

Nato tänään

ISBN 978-951-25-2774-8 (verkkójulkaisu)

2016, 74 s.

Julkaisuja 5

Johanna Suhonen

Euroopan Unionin siviilikriisinhallinta 2035

ISBN 978-951-25-2811-0 (verkkójulkaisu)

2016, 79 s.

Julkaisuja 6

Arseniy Svyrenko

The Russian Demography Problems and the Armed Forces Trends.

ISBN 978-951-25-2837-0 (verkkójulkaisu)

2016, 109 s.

Julkaisuja 7

Aleksi Päiväläinen

Elinjaksonhallinnan ja systeemisen suunnittelun menetelmät Venäjän asevoimien sotavarustuksen kehittämisen tukena

ISBN 978-951-25-2858-5 (verkkójulkaisu)

2016, 48 s.

Julkaisuja 8

Mikko Kiviharju

Enforcing Role-Based Access Control with Attribute-Based Cryptography in MLS Environments

ISBN 978-951-25-2883-7 (painettu)

ISBN 978-951-25-2884-4 (verkkójulkaisu)

2017, 218 s.

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 > Tietoa meistä > Tutkimuslaitos



Puolustusvoimat
puolustusvoimat.fi