



Maanpuolustuksen tieteellinen
neuvottelukunta
MATINE

Sarja B

2004/1

MATINEn vuonna 2003 päättyneiden tutkimusten tiivistelmät



Puolustusministeriö
Försvarsministeriet
Ministry of Defence





**Maanpuolustuksen tieteellinen
neuvottelukunta
MATINE**

Sarja B

2004/1

MATINEn vuonna 2003 päättyneiden tutkimusten tiivistelmät

Helsinki

2008



Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta (MATINE)
Försvarets vetenskapliga delegation (MATINE)
Scientific Advisory Board for Defence

Fabianinkatu 2
PL 919, 00131 Helsinki

www.mil.fi/matine

ISBN 978-951-25-1912-5 (Painettu)
ISBN 978-951-25-1913-2 (PDF)
ISSN 0357-7546 (Painettu)
ISSN 1797-3457 (Verkkajulkaisu)

PE kopiopalvelu, Helsinki 2008

Julkaisun nimi MATINEn vuonna 2003 päätyneiden tutkimusten tiivistelmät			
Tekijät Toimittajat: Christian Perret ja Markku Mesilaakso (päätoim.)			
Julkaisun laji tiivistelmäraportti	Julkaisun päivämäärä 11.7.2008	Hankkeen numero	Hankkeen raportin päivämäärä
Tiivistelmä Tämä raportti sisältää vuonna 2003 päätyneiden Maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan (MATINE) rahoittamien tutkimushankkeiden editoidut tiivistelmät. Sen tarkoituksena on antaa suppeassa muodossa myös MATINEn ulkopuolisille yleiskuva valmistuneista tutkimuksista. Jokaisesta tutkimuksesta annetaan noin sivun mittaisessa tiivistelmässä tärkeimmät tulokset sellaisessa muodossa, että lukija voisi useimmiten hyödyntää niitä sellaisenaan. Vain tutkimusaiheeseen tarkemmin perehtynyt tai siitä tiivistelmän perusteella kiinnostunut voisi edelleen pyytää MATINEsta kopioita tiivistelmän lopussa luetelluista varsinaisista tutkimusraporteista. Rajoitettujen resurssien takia tämän raportin toivotaan kuitenkin useimmissa tapauksissa vastaavan heränneisiin kysymyksiin. Mukaan on otettu myös alkuvuoden 2004 aikana päätyneiden hankkeiden raportit. Tämän raportin toivotaan myös kasvattavan tutkijoiden piirissä kiinnostusta maanpuolustustutkimukseen ja johtavan uusiin ideoihin ja tutkimusprojekteihin. Liitteenä 1 on luettelo vuonna 2003 (ja vuoden 2004 alussa) valmistuneista raporteista, myös niistä, joista ei ole tiivistelmiä tässä raportissa. Laajempaa mielenkiintoa omaavat MATINEn raportit julkaistaan MATINEn raporttisarjoissa ja niitä voi kysyä tieteellisistä kirjastoista. MATINEn raporttisarjoissa julkaistujen raporttien luettelo on tämän julkaisun liitteenä.			
Avainsanat (asiasanat) Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta, MATINE, tutkimus, tiivistelmä			
Sarjan nimi MATINEn raporttisarja B		Sarjan numero B	Julkaisun numero 2004/1
ISSN (Painettu) 0357-7546	ISSN (Verkkojulkaisu) 1797-3457	ISBN (Painettu) 978-951-25-1912-5	ISBN (PDF) 978-951-25-1913-2
Kokonaissivumäärä 51	Painopaikka PE kopiopalvelu		Kustantaja MATINE

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 VALMISTUNEIDEN HANKKEIDEN TIIVISTELMÄT	1
<i>2.1 Sähkötekniikka ja elektroniikka</i>	2
592 KUITUOPTINEN HYDROFONI.....	2
605 HÄIRINNÄN JA TIEDUSTELUN TEKNOLOGIOIDEN, MENETELMIEN JA KOMONENTTIEN KEHITYMINEN JA VAIKUTUS SOTILASTIETOLIIKENTEeseen 2001 - 2015	3
638 MATERIAALIEN SÄHKÖISTEN OMINAISUUKSIEN MALLINTAMINEN IMPEDANSSIPINNAN AVULLA.....	5
640 TIETOVERKKOHYÖKKÄYSTEN HAVAITSEMINEN, INTRUSION DETECTION SYSTEMS.....	6
648 JÄRJESTELMÄMURROIN TEHTYJEN DDoS HYÖKKÄYKSIEN ARVIOIMINEN, HAVAITSEMINEN, TORJUMINEN SEKÄ TEKIJÖIDEN JÄLJITTÄMINEN.....	7
656 FOTONILASKENTAAN PERUSTUVA KENTTÄKELPOINEN CMOS-KAMERA (FEASIBILITY STUDY)	10
<i>2.2 Muut tekniset tieteet</i>	11
557 RAKENTEELLISET RATKAISUT INFRAPUNAHERÄTTEIDEN MINIMOIMISEKSI ..	11
565 PITKÄN KANTAMAN KRANAATINKUOREN LUJUUSOMINAISUUDET JA SIRPALOITUMINEN	13
586 KALLIOVÄESTÖNSUOJEN KATON JA SEINIEN MITOITUSTARKASTUS	14
601 T2000 ILMATYÖNYALUKSEN LIIKKEIDEN, KUORMITUSTEN JA RAKENTEIDEN RASITUSTEN MONITOROINTIJÄRJESTELMÄN KARTOITUS	15
602 ILMATYÖNYALUKSEN DYNAAMINEN MALLINNUS	16
604 KOMPOSIITTIRAKENTEIDEN KUNNONVALVONTA KUSTANNUSTEHOKKAALLA JA KENTTÄKELPOISELLA MENETELMÄLLÄ	16
616 KORKEIDEN ASEPAINEIDEN MITTAUSMENETELMÄN TARKKUUDEN PARANTAMINEN	18
620 ENNAKKOHUOLLON VAIKUTUS VIKAANTUMISEN TODENNÄKÖISYYTEEN TUOTTEEN ELINJAKSON AIKANA	19
627 KOMPOSIITTIRAKENTEISEN ILMATYÖNYALUKSEN MITOITUSKRITEERIN PERUSTEET	20

634	YLIÄÄNIPAMAUKSEN VAIKUTUS RAKENTEISIIN.....	21
	<i>2.3 Luonnontieteet, matematiikka ja tietojenkäsittely</i>	22
606	SÄTEILYTIEDUSTELULAITTEISTON TOTEUTUS RANGER- TIEDUSTELULENNOKKIIN	22
624	KENTTÄHUOLLON MATERIAALITOIMINTOJEN OPTIMOINTI (KEHUMO)	24
654	MAASTOANALYYSIN SISÄLLÖLLINEN JA METODINEN KEHITTÄMINEN SOVELTAEN PÄÄSTÖANALYYSIÄ, ASIANTUNTIJATIETÄMYSTÄ JA EPÄVARMAN TIEDON MALLINNUSTA	25
	<i>2.4 Lääketiede ja biologia</i>	26
547	TURVALLINEN SAVU -PROJEKTI: SAVUNÄYTTEIDEN TESTAUS IN VITRO	26
566	LÄÄKINTÄHELIKOPTERILLA KULJETETTUJEN MONIVAMMAPOTILAIDEN SEKUNDAARISELVIYTYMINEN	27
568	SUKELTAJAN PAINELMALAITTEEN VAIKUTUS HENGITYSMALLIIN.....	29
575	FORENSIC ARCHAEOLOGY POSTGRADUATE -KURSSI BOURNEMOUTHIN YLIOPISTOSSA ENGLANNISSA	30
636	KETAMIININ VAIKUTUKSET AIVOJEN VERENVIRTAUKSEEN, AINEEN- VAIHDUNTAAN JA GABAERGISEEN NEUROTRANSMISSIOON	31
644	BIOASEMIKROBEILLA SAASTUNEEN PINNAN PUHDISTAMISEEN SOVELTUVA PUHDISTUSEMULSIO	32
650	KRIISIAJAN ISOROKKOROKOTTEEN LAATU	33
	<i>2.5 Hallinto- ja taloustieteet</i>	34
618	ASTMAPOTILAAN VARUSMIESPALVELUKSEN KUSTANNUS-HYÖTYANALYYSI JA KUSTANNUS-VAIKUTTAVUUSANALYYSI.....	34
633	VARUSKUNTIEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET	35
639	TUTKIMUS PUOLUSTUSVOIMIEN ULKOISTAMISTOIMINTOJEN ARVIOINTI- JA SEURANTAJÄRJESTELMIEN OPTIMAALISESTA KEHITTÄMISESTÄ.....	36
655	VERKOSTOITUMISEN RISKIT JA PUOLUSTUSVOIMIEN HANKINNAT	37
	<i>2.6 Valtiotieteet (turvallisuuspolitiikka)</i>	38
642	MOTIVATIONS OF THE INTERNATIONAL COMMUNITY UNDERLYING HUMANITARIAN INTERVENTION.....	38
	UUODEN 2003 ERILLIS- JA LOPPURAPORTIT	LIITE 1

MATINEn vuonna 2003 päättyneiden tutkimusten tiivistelmät

1 JOHDANTO

Tämä raportti sisältää vuonna 2003 päättyneiden Maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan (MATINE) rahoittamien tutkimushankkeiden editoidut tiivistelmät. Sen tarkoituksena on antaa suppeassa muodossa myös MATINEn ulkopuolisille yleiskuva valmistuneista tutkimuksista. Jokaisesta tutkimuksesta annetaan noin sivun mittaisessa tiivistelmässä tärkeimmät tulokset sellaisessa muodossa, että lukija voisi useimmiten hyödyntää niitä sellaisenaan. Vain tutkimusaiheeseen tarkemmin perehtynyt tai siitä tiivistelmän perusteella kiinnostunut voisi edelleen pyytää MATINEsta kopioita tiivistelmän lopussa luetelluista varsinaisista tutkimusraporteista. Rajoitettujen resurssien takia tämän raportin toivotaan kuitenkin useimmissa tapauksissa vastaavan heränneisiin kysymyksiin. Informaation nopeuttamiseksi on otettu mukaan myös alkuvuoden 2004 aikana päättyneiden hankkeiden raportit.

Tämän raportin toivotaan myös kasvattavan tutkijoiden piirissä kiinnostusta maanpuolustustutkimukseen ja johtavan uusiin ideoihin ja tutkimusprojekteihin.

Liitteenä 1 on luettelo vuonna 2003 (ja vuoden 2004 alussa) valmistuneista raporteista, myös niistä, joista ei ole tiivistelmiä tässä raportissa.

Laajempaa mielenkiintoa omaavat MATINEn raportit julkaistaan MATINEn raporttisarjoissa ja niitä voi kysyä tieteellisistä kirjastoista. MATINEn raporttisarjoissa julkaistujen raporttien luettelo on tämän julkaisun liitteenä.

2 VALMISTUNEIDEN HANKKEIDEN TIIVISTELMÄT

Päättyneiden tutkimushankkeiden tiivistelmät esitetään tieteenaloittain. Tiivistelmien hakemistona toimii sisällysluettelo.

2.1 Sähkötekniikka ja elektroniikka

592 Kuituoptinen hydrofoni

Johtaja: Tutkimusprofessori Harri Kopola

Tutkijat: TkT Pentti Karioja
DI Pekka Suopajarvi

Tutkimuspaikka: VTT Elektroniikka

Työssä kehitettiin suunnittelu- ja mallinnusmenetelmiä kuitu-optisen hydrofonin simulointiin ja optimointiin. Menetelmät verifioitiin kokeellisesti kuituoptisen mandrel-hydrofonin avulla. Tutkimuksen perusteella on mahdollista suunnitella ja toteuttaa kuituoptinen hydrofoni sovelluksen asettamien vaatimusten mukaisesti.

Kirjallisuusselvityksen mukaan kuituoptiset Braggin hilat ovat potentiaalinen vaihtoehto kuituoptisen hydrofonin toteuttamiseksi, sillä niillä päästään riittävän hyvään herkkyuteen ja riittävän matalaan kohinatasoon. Interferometrisella hydrofonilla päästään vieläkin parempaan suorituskykyyn kuin Braggin hilahydrofoneilla. Tietoliikennesovelluksissa hyödynnetään 1550 nm ja 1310 nm aallonpituusikkunoita ja datansiirtosovelluksissa 850 nm ikkunaa. Näin ollen 1550 nm aallonpituus - vaihtoehtoisesti 1310 nm tai 850 nm aallonpituus - on luonnollinen valinta hydrofonisysteemin perustaksi. Näin voidaan hyödyntää tietoliikennekomponenttien laajaa tarjontaa sekä tietoliikennekomponenttien tutkimuksessa ja kehityksessä saavutettuja tuloksia.

Hydrofonin toteutuksen kannalta tärkeintä on optimoida anturielementin rakenne siten, että se täyttää sovelluksen asettamat vaatimukset. Optimaalista ratkaisua haettiin mallintamalla anturin optiset, mekaaniset ja akustiset ominaisuudet. Tavoitteena oli uudentyypinen anturiratkaisu. Yhtenä mahdollisuutena nähtiin integroitu optiikan hyödyntäminen, sillä sol-gel -tekniikka mahdollistaa anturina toimivan valokanavarakenteen kuvioimisen suoraan mandrellin pintaan. Integroidun optiikan rakenteilla on lisäksi mahdollista toteuttaa muiden suureiden mittauksia, esim. sähkö- ja magneettikentän mittaukset. Integroidun optiikan ratkaisu osoittautui kuitenkin teknisesti liian haastavaksi johtuen hydrofonille asetetuista herkkyysvaatimuksista.

Braggin hilaan perustuva hydrofoni oli houkutteleva vaihtoehto. Sen toteutuksesta kuitenkin luovuttiin, koska prototyyppi olisi tullut liian kalliiksi toteuttaa tämän projektin puitteissa. Työssä keskityttiin kahteen erityyppiseen ratkaisuun: polarisaatioilmaisuun perustuvaan kalvohydrofonirakenteeseen ja interferometriseen ilmaisuun perustuvaan kuitumandrel-rakenteeseen. Kalvohydrofonia hydrofonia tutkittiin laboratoriomittausten avulla. Tarkoitus oli toteuttaa kalvon värähtelyn ilmaisu polarimetriseen interferometriaan perustuen. Mittaustapa osoittautui kuitenkin laboratoriomittausten perusteella erityisen haasteelliseksi, johtuen komponenttien tiukoista kohdistus-tarkkuusvaatimuksista.

Kenttäkokeet tehtiin Patrian koealtaassa. Testien tulokset on raportoitu erillisessä testausraportissa, 'Kuituoptisen hydrofonin mittaukset'. Anturille tehdyt mittaukset osoittivat, että mitoitus onnistui suunnitellulla tavalla. Mittausten perusteella voidaan päätellä, että anturin taajuusvaste on referenssihydrofonin (B&K 8105) luokkaa taajuusalueella 6...30 kHz. Anturi reagoi heikosti alle 4 kHz taajuuksilla. Mallinnuksen perusteella rakenteen vibroakustiset resonanssit sijoittuvat 2...5 kHz taajuuskaistalle. Anturin heikko vaste johtunee anturirakenteen vibroakustisista resonansseista.

Tässä työssä tehdyn kirjallisuusselvityksen, teoreettisen ja kokeellisen työn perusteella voidaan luetella seuraavat kuituoptisen hydrofonin edut:

- Kuitu on luonnostaan kevyt ja ohut sekä sähköisesti häiriintymätön ja häiritsemätön. Yhteen monisäikeiseen valokaapeliin voidaan helposti liittää useita antureita. Kuitu ei voi mennä oikosulkuun siten, että yhden anturin vikaantuminen aiheuttaisi muiden samaan järjestelmään liitettyjen antureiden vikaantumisen.
- Kuituoptinen hydrofoni voidaan mitoittaa halutulle taajuuskaistalle ja halutun suuntakuvion omaavaksi samoin kuin sähköiset hydrofonit. Tämä johtuu siitä, että kuitu mahtuu luonnostaan pieneen tilaan. Näin ollen voidaan tehdä kompromisseja anturin herkkyyden, taajuusalueen ja suuntaavuuden suhteen. Voidaan mm. pienentää anturin suuntaherkkyyttä pienentämällä anturin kokoa, mutta samalla menetetään anturin herkkyydessä.
- Kuituoptinen anturi voidaan mitoittaa riittävän herkäksi, siten, että herkkyyks on vertailukelpoinen sähköisten antureiden kanssa.
- Kuituoptinen anturi voidaan integroida osaksi toimivaa rakennetta, esim. hautaamalla mittauskuidut komposiittirakenteeseen. Samalla voidaan ajatella muiden suureiden mittausta, esim. lämpötila, venymä ja magneettikenttä.

Tutkimuksesta ovat valmistuneet raportit:

- Kuituoptinen hydrofoni (HYDRO). Vuoden 2001 loppuraportti (3+1 sivua).
- Kuituoptinen hydrofoni (HYDRO) (41+5 sivua).
- Kuituoptinen hydrofoni (HYDRO2&3). Vuosien 2002-3 loppuraportti (2+1 sivua).
- Kuituoptinen hydrofoni (8 sivua).
- Kuituoptisen hydrofonin mittaukset (19 sivua, luottamuksellinen).
- Multidisciplinary fiber optic sensor (guided by HYDRO project). Final Report (55 sivua).
- Fibre Bragg Grating pressure transducer using a profiled membrane (6 sivua).
- Coupled-field modelling of interferometric hydrophone with self-supported mandrel (6 sivua).

605 Häirinnän ja tiedustelun teknologioiden, menetelmien ja komponenttien kehittyminen ja vaikutus sotilastietoliikenteeseen 2001 - 2015

Johtaja: Professori Pentti Leppänen

Tutkijat: TKT Harri Saarnisaari
DI Visa Tapio
DI Janne Lehtomäki
FM Johanna Vartiainen
DI Hanne Parviainen
DI Mikko Rahkila

Tutkimuspaikka: Oulun yliopisto/tietoliikennelaboratorio

Tulevaisuuden sotilastiedonsiirtojärjestelmät perustuvat digitaalitekniikkaan ja radiot toteutetaan niin kutsutulla ohjelmistoradioperiaatteella. Sen mukaan useimmat radion toiminnot ovat ohjelmoitavia, joten radiota voi käyttää eri järjestelmissä vain ohjelmia muuttamalla. Vaikka teknologia kehittyy, niin silti vain muutamaiset yksinkertaisimmat niistä monista lupaavista algoritmeista, joita on ehdotettu käytettäväksi tulevaisuuden järjestelmissä, voidaan toteuttaa tarkastelujaksolla. Tämä johtuu algoritmien hyvin suuresta laskennallisesta monimutkaisuudesta.

Tulevaisuuden tiedonsiirtojärjestelmien täytyy tukea monia eri datanopeuksia ja palveluita ja tarjota paremmat elektronisen sodankäynnin ominaisuudet kuin nykyiset järjestelmät. Nämä vaatimukset täytetään käyttämällä laajakais- taisia aaltomuotoja kuten monikanta-aaltotekniikat ja suorahajotushajaspetri- tekniikka. Kaikki nämä merkitsevät, että signaalien kaistanleveydet tulevat olemaan välillä 1 MHz ja 20 MHz datanopeuksien vaihdellessa muutamista biteistä sekunnissa joihinkin megabitteihin sekunnissa. Nopeat taajuuden- vaihdokset nähdään välttämättömyytenä elektronisen sodankäynnin ominai- suuksien kannalta. Taajuushyppynopeudet tulevat olemaan tuhannesta hypys- tä sekunnissa ylöspäin. Häiriösietoisuutta voidaan edelleen parantaa käyttäen signaalinkäsittelymenetelmiä. Yhden antennin järjestelmissä näillä menetel- millä voi vaimentaa vain kapeakaistaisia häiriösignaaleja. Kapeakaistaisuus tarkoittaa sitä, että häiriön kaistanleveyden täytyy olla alle puolet hyötysig- naalin kaistanleveydestä. Joitakin tällaisia algoritmeja on jo toteutettu suuri- näytenopeuksiin järjestelmiin. Adaptiiviset antennit tuovat häiriösietoisuutta myös leveäkaistaisia häiriösignaaleja vastaan. Lupaavimmat adaptiiviset an- tennijärjestelmät ovat kuitenkin niin kalliita toteuttaa, että tarkastelujaksolla emme näe niitä laajamittaisessa käytössä.

Nykyiset elektronisen tiedustelun järjestelmät on suunniteltu kapeakaistaisia signaaleja varten. Niiden kyky havaita tulevaisuuden laajakaistaisia signaale- ja on varsin rajoitettu, vaikkakin voimakkaat signaalit voidaan yhä havaita. Tämä tarkoittaa, että jos nykyisiä tiedusteluvastaanottimia aiotaan käyttää myös jatkossa, ne tulisi sijoittaa edulliselle paikalle, kuten ilmaan. Nykyisten järjestelmien rajoitteiden takia tulevaisuudessa vaaditaan ja tullaan näkemään uusia tiedustelujärjestelmiä. Ne on suunniteltu leveäkaistaisia signaaleja var- ten ja ne kykenevät toimimaan paremmin monisignaalitylanteessa kuin nykyi- set järjestelmät, jotka eivät tässä tapauksessa toimi kunnolla. Monisignaali- tilanteita tullaan näkemään enemmän, koska tiedonsiirtomäärät kasvavat tar- peiden kasvaessa. Uusien ilmaisujärjestelmien tulee havaita sekä leveä- että kapeakaistaiset signaalit, sillä nykyisiä signaaleja käytetään vielä pitkään. Koska leveä- ja kapeakaistaisten signaalien optimaalinen ilmaisu vaatii eri kaistanleveydet, niin tämä vaatimus tuo yhden haasteen järjestelmäsuunnitte- lijolle.

Elektronisen vaikuttamisen operaatiot tulevat olemaan vaikeammin suunniteltavissa koska tulevaisuuden signaalit, joita pitäisi häiritä, on yhä vaikeampi havaita. Onkin luultavaa, että tulevaisuudessa vaikutetaan laajalle taajuusalueelle, jolla vastapuolen otaksutaan toimivan. Vaikuttaminen on ”satunnaista” joko käyttämällä useita lähettämiä tai aikajakoista lähetystä. Häiriölähettimien tulee siis kyetä vaihtamaan taajuuttaan varsin nopeasti. Käytetyt häiriöaaltomuodot on suunniteltava huolellisesti, jotta niitä ei voisi vaimentaa signaalinkäsittelyn keinoin. Tämän vuoksi häiritsijän tulee arvioida vastapuolella käytettävissä olevia vastakeinoja ja estimoida käytetyt keskitaajuudet ja kaistanleveydet. Elektronisen vaikuttamisen operaatiot tulee suunnitella yhteistyössä tiedustelun ja tiedonsiirron kanssa, jotta häiriösignaaleista näille järjestelmille aiheutuva haitta olisi mahdollisimman pieni. Koska häiriösignaalien teho on suuri, niin häiriölähettimet ovat varsin helposti havaittavissa ja paikallistettavissa. Sen tähden häiriölähteiden tulee olla liikkuvia ja toimia yhteistyössä. Kun yksi lähetin lähettää, niin muut vaihtavat asemapaikkaa. Kun seuraava lähetin aloittaa lähetyksen, niin edellinen lopettaa omansa ja vaihtaa paikkaa.

Laajakaistaiset taajuushyppivät aaltomuodot tekevät ilmaisimien ja häiritsijän elämän vaikeammaksi, mutta eivät tee niitä hyödyttömiksi. Ilmaisimia ja häirintästrategioita on vain kehitettävä vastaamaan paremmin tulevaisuuden vaatimuksia.

Tutkimuksesta ovat valmistuneet raportit:

- Tiedonhaku internetissä häirintälaitteista, tiedusteluvastaanottimista ja suuntimoista (24 sivua).
- Signaalien havaitsemisen teorian perusteet (39 sivua).
- Nykyisin käytettyjen ilmaisimien perusteen (15 sivua).
- Vaikuttamisen strategiat häirinnän kannalta (10 sivua).
- Sotilasjärjestelmiin soveltuvat tietoliikennejärjestelmät (30 sivua).
- Etsintästrategiat (32 sivua).
- Vaikuttamisen ja tiedustelun teknologian nykytila (18 sivua).
- Tiedonhaku internetissä häirintälaitteista, tiedusteluvastaanottimista ja suuntimoista (32 sivua).
- Tietoliikenteen sotilasradiojärjestelmät, niiden elektroninen tiedustelu ja vaikuttaminen - loppuraportti (109 sivua).

638 Materiaalien sähköisten ominaisuuksien mallintaminen impedanssipinnan avulla

Johtaja: TkL Jouko Aurinsalo

Tutkijat: TkL Arto Hujanen
TkT Johan Sten
LuK Mikko Kaunisto

Tutkimuspaikka: VTT Tietotekniikka, Tietoliikenne

Tässä hankkeessa on tutkittu miten erilaisten pintamateriaalien vaikutus voidaan huomioda kohteen tutkapoikkipinnan laskennassa fysikaalisen optiikan avulla. Aiemmissa VTT:llä kehitetyissä fysikaalisen optiikan sovelluksissa on ollut käytössä pintaimpedanssimalli, joka soveltuu hyvin tiettyi-

hin erikoistapauksiin, esimerkkinä voimakkaasti taittava materiaali. Näissä tapauksissa pintaimpedanssin arvo ei riipu pintaan tulevan aallon tulokulmasta. Sen sijaan, jos materiaali ei ole voimakkaasti taittavaa, pintaimpedanssin arvo riippuu tulokulmasta. Edelleen jos rakenteen sisältä tai takapinnasta aiheutuu heijastus, vaikuttaa tämä heijastus pintaimpedanssin arvoon. Pintaimpedanssin rakeneriippuvuuden vuoksi ryhdyttiin tässä raportissa tarkastelemaan rakenteen pinnasta näkyvää tasoaallon TM- ja TE-heijastuskertoimia mahdollisimman tarkan heijastuskuvauksen saavuttamiseksi.

Kerrosmaisena rakenteen heijastuskerroin voidaan ratkaista periaatteessa analyttisesti, mutta usean kerroksen tapauksessa lausekkeista tulee monimutkaisia. Ongelma voidaan ratkaista kuitenkin helposti yksinkertaisen numeerisen algoritmin avulla. Menetelmä esitetään raportissa.

Dielektrinen ikkuna on eräs tärkeä ja mielenkiintoinen erikoistapaus kerrosrakenteesta, jonka heijastusominaisuuksia tarkastellaan raportissa hieman tarkemmin. Mielenkiintoisena yksityiskohtana voidaan osoittaa, että ikkunan voi mitoittaa mahdollisimman vähän heijastavaksi siten, että tarkastelukulma ei vaikuta heijastuskertoimen tasoon merkittävästi, paitsi aivan matalilla tulokulmilla.

Toisena pääkohtana raportissa on heijastuskertoimen kulma- ja taajuusriippuvuuden mallinnus, kun täydellistä rakenne- ja materiaalitietoa ei ole käytettävissä. Näissä tilanteissa on usein kuitenkin käytettävissä suorantulokulman heijastuskerroin (joko laskettu tai mitattu). Tämän tiedon perusteella joudutaan valitsemaan jokin käytettävissä oleva malli, jonka avulla approksimoidaan todellista rakennetta. Mallin ennustama heijastus sovitetaan todelliseen heijastukseen, jolloin myös heijastuskertoimen kulmariippuvuus mallintuu valitun mallin kulmariippuvuuden mukaan.

Raportin (28 s.) loppuosassa esitetään esimerkkimallinnus sekä vertaillaan erilaisten mallien toimivuutta.

640 Tietoverkkohyökkäysten havaitseminen, Intrusion Detection Systems

Johtaja: Professori Jorma Jormakka

Tutkija: DI Ville Jussila

Tutkimuspaikka: Teknillinen korkeakoulu, Tietoverkkolaboratorio

Tietoverkoissa tapahtuvia hyökkäyksiä voidaan havaita ja estää automaattisesti ns. IDS-järjestelmillä (Intrusion Detection System). IDS-järjestelmä tutkii datavirtaa verkossa ja pyrkii estämään tietomurrot ja palvelunestohyökkäykset (DoS = Denial of Service). Tutkimus muodostui kahdesta osasta. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa tutkittiin IDS-järjestelmien perusteita, kartoitettiin olemassa olevia järjestelmiä, rakennettiin kaksi esimerkkiarkkitehtuuria ja pohdittiin IDS-järjestelmän ongelmia. Lisäksi suoritettiin tehokkuusmittauksia sekä Internet-mittauksia Snort-pohjaisella järjestelmällä.

Tutkimuksen toisessa osassa mallinnettiin tietoverkkosodan-käyntiä operaatioanalyysin menetelmin. Operaatioanalyttisen menetelmän matemaattinen perusta on esitetty Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksen julkaisussa J. Jormakka: "Combinatorial Decision Theory with Applications to Hacker Warfare". Teorian sovellukset tutkivat MATINEn Tietoverkko-hyökkäysten havaitseminen -projektin suunnitelmassa esitettyjä ongelmia. Ensimmäinen raportti analysoi ja ratkaisee matemaattisesti tietoverkkosodankäynnin yleisimpiä ongelmia, jotka liittyivät hälytysten optimointiin, tehokkaiden ja heikkojen hyökkäyksien eroihin, IDS-järjestelmän alkutilan vaikutukseen sekä virusten leviämisen ehkäisyyn. Toinen raportti mallintaa tietoverkkosodan-käyntiä peliteorian ja päätösteorian menetelmin.

Jussilan diplomityössä käytettiin ainoastaan Snort-pohjaista IDS-järjestelmää, mutta IDS-järjestelmien teoriaan ja ongelmiin tutustuttiin syvällisemmin. Jormakan Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksella aloittaman tietoverkkosodankäynnin operaatioanalyttinen mallinnus liittyy läheisesti MATINE-projektiin. Lisäksi voidaan mainita MATINE-projektin tulosten hyödyntäminen TKK:n Tietoverkkolaboratorion TIEVA-projektissa. Projekti on puolustusvoimien tilaama IP-verkkojen käyttöä tutkiva laaja projekti.

Tutkimuksesta ovat valmistuneet raportit:

- Intrusion Detection Systems - Principles, Architecture and Measurements (133 + 16 sivua).
- Mathematical Models for Hacker Warfare (20 sivua).
- Hacking Warfare as a Game (16 sivua).

648 Järjestelmämurroin tehtyjen DDoS hyökkäyksien arvioiminen, havaitseminen, torjuminen sekä tekijöiden jäljittäminen

Johtaja: FT Marko Helenius

Tutkijat: FM Juhani Paavilainen
Fil yo Olli Rauhala
Fil yo Lauri Hokkanen
Harjoittelija Juha Kari

Tutkimuspaikka: Tampereen yliopisto,
Tietojenkäsittelytieteiden laitos

Tietojärjestelmien palveluksenestohyökkäysten (DDoS eli Distributed Denial of Service) kenttä on ollut jatkuvaa kilpavarustelua hyökkääjien ja akateemisten tutkijoiden tukemien järjestelmien ylläpitäjien välillä. Tänä aikana palveluksenestotekniikat ovat kehittyneet läpi viiden tunnistettavan sukupolven: klassiset hyökkäykset, verkkohyökkäykset, koordinoitujen hyökkäykset, yhdistetyt hyökkäykset ja hajautetut hyökkäykset.

Klassisen hyökkäyksen suorittaminen vaatii pääsyä kyseiselle kohdekoneelle. Näiden hyökkäyksien kuormittamat resurssit ovat yleensä paikalliseen koneeseen laskentaresursseja. Seuraava looginen kehitysvaihe hyökkäystekno-

logiassa oli verkon ylitse suoritettavat hyökkäykset tai etähyökkäykset. Etähyökkäykset suoritetaan isännästä toiseen. Nykyisissä hyökkäyksissä käytettävät tekniikat ovat samoja. Hyökkäykset vain suoritetaan koordinoitusti lukuisista kaapatuista isännistä samanaikaisesti. Näitä seurasivat hyökkäysmuodot, jotka sallivat usean tyyppisen hyökkäystekniikan yhdistämisen samanaikaisesti sekä usean hyökkääjän koordinoitusti hyökätä samaa kohdetta vastaan. Uusin aluevaltaus hyökkääjien keskuudessa on laittomasti tunkeutua ja vallata lukuisia koneita ympäri julkista verkkoa ja siten valjastaa hyökkäysverkko. Tämä kehitys synnytti hajautetut hyökkäystekniikat.

Emme käsittele tässä tutkimuksessa seuraavia asioita: langattomia verkkoja, joilla on perinteisten verkkojen heikkouksien lisäksi omia erityispiirteitään, klassisia yhden järjestelmän sisällä toteutettuja palveluksenestohyökkäyksiä, aplikaatio- tai protokolla-spesifejä hyökkäyksiä taikka manuaalista tietojen-käsittelyä lamaannuttavia palveluksenestohyökkäyksiä. Keskitymme IPv4-protokollaan, emmekä tässä yhteydessä spekuloi uuden protokollaversioiden aiheuttamia muutoksia hyökkäys- tai puolustuskäytäntöihin ja -tekniikoihin.

Hajautetut palveluksenesto- eli HPE-hyökkäykset ovat vaikutukseltaan niin voimakkaita, että ne pystyvät lamauttamaan jopa Internetin suurimmat palveluntarjoajat. Tästä johtuen keskityttiin nimenomaan hajautettuihin hyökkäyksiin. Hyökkäykset jaettiin viiteen erilliseen vaiheeseen: tutkimus-, leviäisy-, tartutus-, kommunikointi- sekä varsinainen hyökkäysvaihe.

Hyökkäyksen viisi ensimmäistä lukua on jaettu hyökkäys-vaiheittain. Tutkauskäytännön keskittyy tekniikoihin, joilla hyökkääjä löytää vallattavat koneet tai isännät, joita voidaan hyväksikäyttää heijastimina sekä koneiden analysointiin hyödyntämistä varten. Levittämis-luvussa käsitellään korkeamman tason menetelmät, joilla hyökkääjä muodostaa hyökkäysverkon. Tartuttamis-luvussa luokitellaan järjestelmäheikkoudet, joita hyökkääjä käyttää tunkeutumisessa hyväkseen. Näihin soveltuvia hyödyntämismahdollisuuksia tarkastellaan lisäksi esimerkkien avulla. Erityishuomion saavat HPE-hyökkäyksen yhteyksissä yleensä käytetyt hyödyntämistekniikat. Kommunikointi-luvussa keskitytään hyökkäysverkon arkkitehtuuriin ja erityisesti siihen kuinka hyökkääjä käskyttaa agenttejaan. Hyökkäys-luvussa esitellään hyökkäystekniikat ja luokitellaan hyökkäykset. Erityishuomio kohdistuu hajautettuihin hyökkäyksiin parhaiten soveltuviin tekniikoihin, kuten tulviin ja heijastushyökkäyksiin. Myös IP-pakettien väärentämisen syyt ja vaikutukset analysoidaan tässä luvussa. Hyökkäys-osion päättää luku, jossa esitellään hyökkäysagenttien piirteitä muutamia tunnetuimpia ja parhaiten analysoituja agentteja esimerkinomaisesti hyväksikäyttäen.

Puolustus-osion ensimmäinen luku, uhrien puolustautuminen, toimii johdantona puolustukseen. Lisäksi siinä tunnistetaan HPE-hyökkäyksen erilliset uhriryhmät. Puolustus-osio on muutoin organisoitu puolustuslinjoihin, ts. puolustukseen kolmen identifioitujen uhriryhmän näkökulmasta. Ensimmäinen puolustuslinja käsittelee siten potentiaalisten ensisijaisten uhrien puolustautumista. Suojattava piiri tässä luvussa on järjestelmien eheys. Toisena puolustuslinja-luvun tarkoituksena on koota yhteen teknisiä ja hallinnollisia kontrolleja, joilla kohdeorganisaation ts. toissijainen uhri kyke-

nee parantamaan selviytymiskykyään palvelunestohyökkäyksen alla. Suojauksen kohde on siis palveluiden saatavuus. Kolmas puolustuslinja-luku esittelee akateemisista lähteistä koottuja tulevaisuuden globaaleja tekniikoita HPE-hyökkäysten vaikutusten rajoittamiseen koko julkisessa verkossa. Näiden tekniikoiden hyödyntäminen vaatii laaja-mittaista käyttöönottoa koko verkossa. Tästä syystä luku käsittelee suojautumista löytämämme kolmannen uhriryhmän eli käytännössä koko globaalin kommuunin valossa. Toiseksi viimeinen luku on omistettu jäljitykselle, jossa keskitytään sekä hyökkäysagenttien paikantamiseen että erittäin haastavaan hyökkääjän jäljittämisen ongelmaan.

Tutkimus osoitti sen ettei HPE-ongelmaan ole näköpiirissä helpotusta lähitulevaisuudessa, vaan asevarustelu tulee tällä cybersodankäynnin osaluueella jatkumaan myös tulevaisuudessa. Huolimatta siitä ettei ongelmaan ole löydetty hopealuoti-ratkaisua on selvää, että globaaleilla menetelmillä voidaan taistella hajautettuja hyökkäyksiä vastaan. Tekniset kontrollit eivät yksinään riitä ongelman minimointiin vaan tarvitaan poliittista tukea. Julkisten verkkojen palvelujen kuluttajien ja tarjoajien tulee ottaa yhteisvastuullisesti asiakseen nostaa verkon turvallisuutta. Vastuuta tulee jakaa verkko-yhteisössä siten, että on jäsenten edun mukaista parantaa myös muiden turvallisuutta oman tietoturvatasonsa ohessa. Useat esitetyistä teknisistä kontrolleista vaativat globaalia levitystä. Nämä globaalit järjestelmät toisivat toteutuessaan suurta parannusta nykytilanteeseen. Näiden järjestelmien leviämistä tulee edesauttaa luomalla ympäristö sellaiseksi, jossa on toimijan edun mukaista implementoida kyseisiä tekniikoita. Tilanne voidaan saavuttaa hallinnollisin kontrollein, lainsäädännöllisin tai taloudellisin keinoin, taikka teknillisin kontrollein, jotka varmistavat menetelmiä noudattaville verkoille paremman palvelun tason.

Tämä tutkimus keskittyi ainoastaan tarkastelemaan Internetin nykytilannetta. Mielenkiintoinen jatkotutkimuksen suunta on selvittää minkälaisia muutoksia verkkoprotokollien muutokset tuovat tullessaan palvelunestohyökkäysten kenttään. Tai voidaanko protokollia kehittää nimenomaan palvelunestoa estävään suuntaan. Seuraavaksi ehdotamme tiivistetysti erilaisia suosituksia jatkotoimenpiteille:

- Tietoturvallisuusohjeissa tulisi määrätä, miten tietoturvapäivityksistä ja virustentorjunnasta huolehditaan.
- Verkkoliikenteen suodatus tulisi toteuttaa siten, että haitallinen tietoliikenne saadaan karsittua mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Julkisessa verkossa suodatusvastuu tulee olla erityisesti operaattoreilla ja organisaatioiden järjestelmien ylläpitäjillä. Kotikäyttäjää ei voitane velvoittaa suodatuksen vastuullisuuteen, mutta heitä on ohjeistettava.
- Operaattoreilla ja viranomaisilla tulee olla oikeus, velvollisuus ja tekninen mahdollisuus sulkea tietojärjestelmä pois tietoverkosta silloin, kun järjestelmä aiheuttaa haittaa verkkoliikenteelle. Poissulkeminen koskee myös loppukäyttäjien tietokoneita.
- Kriittiset tietojärjestelmät ja tietoverkot tulee eristää ja turvaratkaisuja tulee rakentaa myös kriittisten järjestelmien sisälle.
- Turvallisia vyöhykkeitä tulisi määrittää ja toteuttaa. Esimerkiksi ulkoisen verkon tai jonkin verkon osan tukkeutuminen ei saa haitata sisäverkon toimintaa.

- Sellaisten palomuuriratkaisujen käyttöönotto, jotka valvovat sekä sisäänpäin tulevaa että ulospäin lähtevää liikennettä. Palomuurit tulee asentaa organisaation verkon yhteyteen myös työasemiin.
- Järjestelmälökien mahdollisimman tarkka kirjaaminen sekä velvoite luovuttaa lokitietoja viranomaisen määräämille selvittäjille epäiltäessä verkkohyökkäystä.
- Kansainvälisen yhteistyön kehittäminen siten, että pahantekijöitä pystytään jäljittämään.
- Kansainvälisen lainsäädännön yhteistyötä tulisi kehittää siten, että käytännöt ovat mahdollisimman yhtenäisiä.
- Turvallisten verkkojärjestelmien kehittäminen. Sellaisen tutkimustyön ja tuotekehitystyön tukeminen on tarpeen, joka pyrkii etsimään uusia ratkaisuja tietoturvallisuuden parantamiseksi. Tähän kuuluvat esimerkiksi turvallisten verkkoprotokollien kehittäminen, sähköisen tunnistamisen kehittäminen, IDP-järjestelmien kehittäminen sekä turvallisuuden huomioivien verkko- ja laitteistoarkkitehtuurien kehittäminen.

Tutkimuksesta on valmistunut raportti:

- Hajautetun tunkeutumisen ja palveluneston torjunta (100 sivua + liitteet).

656 Fotonilaskentaan perustuva kenttäkelpoinen CMOS-kamera (Feasibility Study)

Johtaja: TkT Anssi Mäkyne

Tutkijat: FM Sampo Backman

Tutkimuspaikka: Oulun yliopisto/Elektroniikan laboratorio

Hankkeen perimmäisenä tavoitteena oli tutkia fotonilaskennan soveltuvuutta portitettuun kuvailmaisuun sekä selvittää mahdollisuuksia toteuttaa fotonilaskentaan perustuvan kuvasensorin kehitystyö. Tavoitteena oli kehittää tiedustelu- ja valvontatehtäviin soveltuva aktiivista kuvailmaisutekniikkaa hyödyntävä sensori, joka perustuisi vyöryvalodiodeihin. Aktiivisia kuvailmaisutekniikoita ovat mm. näkyvän ja lähi-infrapunan alueella tapahtuvan laservalaisuun perustuva portitettu kuvantaminen (gated imaging) sekä laserpulssin kulkuaikeknikkaan perustuva kuvantaminen (range imaging). Edellisessä tapauksessa tuloksena on tavanomainen harmaasävykuva ja jälkimmäisessä ns. etäisyyskuva, jossa harmaasävyt kertovat kohteen osien etäisyyden tarkastelupisteestä. Molemmat tekniikat ovat erittäin intensiivisen tutkimuksen kohteina puolustusvälineiteollisuudessa ympäri maailman.

Portitetussa kuvailmaisussa valaiseva laserpulssi synkronoidaan ilmaisimen valotushetken siten, että kuvasensori valottuu vain tietyltä etäisyydeltä saapuvalla valolla. Tällöin kameran ja kohteen välistä siroava/heijastava valo ei osallistu valotukseen, mikä parantaa kohteen kontrastia ja helpottaa kohteen havainnointia verrattuna tavanomaiseen valaisuun. Tekniikka mahdollistaa mm. kasvillisuuden, savun ja naamioinnin läpivalaisun.

Feasibility Studyssa tehtävänä oli selvittää kehityskustannusten ja aikataulun lisäksi suomalaisen teollisuuden kiinnostus osallistua esitetynlaisen kuvasensorin kehitystyöhön, sen rahoittamiseen, itse tuotekehitykseen ja lopputuotteen valmistukseen sekä esittää arvio kuvailmaisimen markkinoista.

Kuvasensorin tuotekehitys vastaa vaativan integroidun "sekasignaaliäysiti-lauppiirin" tuotekehitystä lähdettäessä "puhtaalta pöydältä". Tyypillistä tällaisen integroidun piirin kehitystyölle on suunnitteluun liittyvät korkeat kertaluontoiset kulut. Tuotekehitysaika ja tarvittavat resurssit vaihtelevat kuitenkin melkoisesti piiriltä vaadittavien ominaisuuksien, suorituskyvyn ja käytetyn teknologian mukaan. Toisaalta tuotantomäärät ja piirikohtaiset kustannukset riippuvat toisistaan hyvin voimakkaasti. Siviilipuolen kuluttajatuotteissa kustannusten tulee hyvin monimutkaisillakin piireillä olla alle 5€piiri. Tähän tarvitaan tyypillisesti useamman miljoonan piirin vuosituotanto. Erikoissovellutuksissa, kuten sotilaallisissa, voitaneen hyväksyä vaikkapa 100 euron yksikköhinta, johon saatetaan päästä jo tuhannen piirin vuosituotannolla.

Sensorin kehityskustannuksia arvioitiin ensimmäistä kamerapiiriä kehittävien "fabless startup" yritysten saaman rahoituksen perusteella. Tyypillisesti näissä yrityksissä työskentelee aluksi vain muutama suunnitteluinsinööri ja saatava rahoitus kuluu lähes puhtaasti prototyyppien suunnitteluun ja testaukseen. Ensimmäisen toimivan prototyypin kehitysjaksiksi arvioitiin tällä tekniikalla yhdestä kahteen vuoteen ja rahoitustarpeeksi yhdestä viiteen miljoonaan euroon. Seuraavat rahoituskierrokset ovat yhtensä luokkaa 10 miljoonaa euroa, mutta kulunevat suurelta osin markkinointiin eikä niitä voida lukea mukaan itse komponentin kehityskustannuksiin.

Kamerapiirin markkinapotentiaalin arviointi on erittäin vaikea tehtävä alan ammattilaisillekin. Niinpä tässä tutkimuksessa tyydyttiin arvioimaan markkinapotentiaalin ääripäät. Koskapa kehitettävä kuvasensori soveltuu myös perinteiseen kuvantamiseen, arvioitiin sen periaatteelliseksi (maksimaaliseksi) markkinapotentiaaliksi luokkaa 100 miljoonaa kamerapiiriä/vuosi sillä oletuksella, että kaikki myytävät mobiilikamerat parin vuoden kuluttua varustettaisiin kyseisillä piireillä. Jos käyttö rajoittuu realistisemmin pelkästään portitettua kuvantamista soveltaviin kameroihin, voisivat markkinat parhaimmillaan olla luokkaa kymmentuhatta yksikköä vuodessa.

Tutkimuksen aikana suomalaiset teollisuusyritykset eivät ilmaisseet kiinnostustaan osallistua tutkimuksen kohteena olevan sensori-komponentin kehitystyön rahoittamiseen. Teollisuusrahoituksen puuttuessa myöskään julkisen rahoituksen lähteet eivät ole kiinnostuneita rahoituksesta. Kiinnostusta näyttäisi tosin löytyvän varsinaisen kameran kehittämiseen, jos itse kuvasensori olisi jo olemassa, eli portitettu kuvantaminen tekniikkana nähtiin erittäin potentiaalisena.

2.2 Muut tekniset tieteet

557 **Rakenteelliset ratkaisut infrapunaherätteiden minimoimiseksi**

Johtaja:

Professori Pertti Sarkomaa

Tutkijat: Tekn yo Jussi Saari
Teknikko Risto Partamies
DI Petri Kuisma
DI Mikko Ojala
Ins Risto Pajari

Tutkimuspaikka: Lappeenrannan teknillinen yliopisto,
teknillisen termodynamiikan laboratorio

Kasvaneen pimeätaistelunvalmiuden myötä tiedustelun infrapunakamerat sekä asejärjestelmien infrapunatähtäimet ja maaliin ohjausjärjestelmät ovat yleistyneet ja parantuneet. Ne kehittyvät edelleen voimakkaasti ja niitä käytetään usein myös valoisana aikana. Tämä edellyttää sekä uusia rakenteellisia ratkaisuja että uusia häivetekniikoita taisteluissa käytettäviltä siirrettäviltä johto-, tietoliikenne- ja asejärjestelmiltä, ajoneuvoilta ja laitteilta. Taavoitteena on vaikeuttaa tai estää niiden havaitseminen sekä havaitun kohteen tunnistaminen ja tuhoaminen.

Tiedustelu- ja asejärjestelmät ovat siirtymässä yhä enemmän käyttämään useiden aallonpituusalueiden samanaikaisesti samasta kohteesta käsiteltäviä kuvia kohteen havaitsemiseksi ja tunnistamiseksi. Teknologia halpenee ja yhä monimutkaisemmat infrapunajärjestelmät tulevat taloudellisesti mahdollisiksi yhdistää tavanomaisten tiedustelu- ja asejärjestelmien osaksi. Siksi alueen jatkuva tutkimustyö on jo pelkästään kehityksen seurannan takia välttämätöntä.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin rakenteellisiin ratkaisuihin, joilla kohteen näkyvien pintojen suoran tai heijastuneen säteilyn ja ympäristön lähettämän säteilyn erotus voidaan minimoida. Tutkimuksen kohteina olivat

- erilaisia kerroksellisia ilmajäähdytteisiä seinämärakenteita, joissa panssarilevyjen välisissä tiloissa virtaa ulkoilmaa, joka lämpenee ja samalla jäähdyttää rakenteita ja pienentää rakenteen ulkopinnan infrapunaherätettä.
- kuumien kaasujen poistoaukkojen infrapunaherätteen pienentämismenetelmiä.

Seinämärakenteiden tutkimuksessa keskityttiin vaakasuoralla ilmavirralla jäähdytettyjen pystysuorien rakorakenteiden kokeelliseen ja teoreettiseen tutkimiseen. Ainakin alustavia mittauksia tehtiin seuraaville tapauksille:

- pakotetulla virtauksella jäähdytetty rako
- pakotetulla virtauksella jäähdytetty usean raon rakenne
- pakotetulla virtauksella jäähdytetty suutinlevyrakenne
- vapaa pystysuora konvektiovirtaus kahden pystysuoran levyn välisessä raossa.

Lisäksi tutkittiin levyjen liitosrakenteen vaikutusta seinämä-rakenteen läpi kulkevaan lämpövirtaan ja ulkopinnan infrapuna-herätteeseen, sekä mahdollisuuksia näiden pienentämiseen. Kuumien kaasujen poistoaukon infrapunaherätteen pienentämisen menetelmistä tutkittiin ejektoreita, poistoau-

kon eteen sijoitettua jäähdytettyä virtaviivaista kappaletta, ilmajäähdytettyä poistoaukkorakennetta ja nestejäähdytettyä poistoaukkorakennetta.

Raportin (101 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

565 Pitkän kantaman kranaatinkuoren lujuusominaisuudet ja sirpaloituminen

Johtaja: Professori Tuomo Tiainen

Tutkija: DI Jari Rämö

Tutkimuspaikka: Tampereen teknillinen yliopisto,
Materiaaliopin laitos

Tykistön käyttämät kranaatit voidaan jakaa kolmeen eri perustyyppiin: luonnollisen, kontrolloidun ja esimuotoillun sirpaloitumisen kautta hajoaviin. Luonnollisen sirpaloitumisen kautta hajoavat kranaatit ovat käytempiä ja yksinkertaisimpia valmistaa. Keskimääräistä sirpalekoko voidaan tällöin säädellä materiaalin valinnan ja käsittelyn, esim. muokkauksen ja lämpökäsittelyn avulla. Erityisesti tykkien kohdalla nykyinen aseteknologia on päättynyt entistä pitempiin kantomatkoihin, mikä edellyttää kranaateissa lujien ja sitkeiden terästen käyttöä. Näistä teräksistä räjähdyksessä syntyvien sirpaleiden kokovaihtelu on kuitenkin varsin suuri ja tyyppillisesti keskimääräinen sirpalekoko on liian suuri.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty mahdollisuutta saada aikaan kontrolloitu sirpaloituminen kranaatin pintaan tehtyjen laserkarkaisuviivojen avulla. Laserkarkaisussa lämpötilan nousu- ja myös laskunopeudet ovat erittäin suuret. Tuloksena on kova ja pienirakeinen rakenne. Karkaisun alueen odotettiin ydintävän särön räjähdysen aikana ja näin määräävän sirpalekoon.

Karkaisutuloksen ja karkaisuparametrien välisessä yhteydestä on olemassa tutkimuksia, mutta niiden suora soveltaminen käytäntöön on hankalaa, mm. monenlaisten lasersädetä fokusoivien optiikoiden vuoksi. Tutkimuksista, jotka koskevat laserkarkaisun vaikutusta iskusitkeyteen ja sirpaloituvuuteen on vähän tietoa saatavilla. Tässä tutkimuksessa käydään ensin läpi laserkarkaisuparametrien ja optiikan valintaa, karkaisuviivan vaikutusta iskusitkeyteen ja lopuksi sovelletaan saatua kokemusta kranaattien karkaisuun.

Laserkarkaisun vaikutusta tutkittiin iskusitkeyskeihin, joiden toivottiin antavan viitteitä materiaalin käyttäytymisestä räjähdyksessä. Iskusitkeyskeet suoritettiin siten, että V-Charpy-sauvassa normaalisti oleva v-ura korvattiin laserkarkaisuviivalla.

Kokeiden jälkeisissä tarkasteluissa havaittiin kaksi murtumatyyppiä, joista toinen alkoi karkaisuviivan sivusta ja toinen keskeltä. Laserkarkaisu pienensi iskusitkeyttä suorassa suhteessa karkaisusyvytyteen. Optimoitua laserkarkaisuprosessia käyttäen käsiteltiin kahdeksan kranaatin kuorta räjäytyskokeita varten.

Raportin (30 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

586 Kallioväestönsuojien katon ja seinien mitoitustarkastus

Johtaja: DI Jarmo Roinisto

Tutkijat: Toim.joht. Matti Hakala
DI Jannis Mikkola
DI Ulla Valtanen
DI Mikko Inkala

Tutkimuspaikka: Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd

Tätä tutkimustyötä on tehty rinnan väestönsuojien teknillisten määräysten uusimistyön kanssa. Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää kallioväestönsuojien teknisten määräyksien uudistamistarve ja antaa pohjaa uudelle kallioväestönsuojien rakentamisoppaalle. Väestönsuojien teknilliset määräykset on korvattu asetuksella S1-, S3- ja S6-luokan kalliosuojista sekä S3-luokan teräsbetonisesta väestönsuojasta.

Määräyksissä kallioväestönsuojien katolle ja seinille on annettu suuret minimipaksuudet, koska pienempien paksuuksien sallimisen on arveltu johtavan siihen, että niihin pyrittäisiin aina. Teknisesti on kuitenkin mahdollista saada minimipaksuuksia ohuempi kalliorakenne kestämään nykyiset väestönsuojakuormitukset. Asevaikutukset saattavat muuttua huomattavasti kallioväestönsuojien useiden satojen vuosien käyttöiän aikana. Siksi ei ole tarkoituksenmukaista, että kallioväestönsuojien kestävyyttä/rakennepaksuuksia systemaattisesti pienennettäisiin. On kuitenkin kohteita, joissa ei yksinkertaisesti ole mahdollista täyttää kaikilta osin nykyisiä minimipaksuusvaatimuksia. Näiden poikkeusten hyväksyminen on osoittautunut hyvin hankalaksi. Määräykseen tulisi lisätä ohjeet siitä miten menetellään, jos on pakko poiketa minimipaksuuksista. Mitoitustarkastelu voi toimia pohjana myöhemmin mahdollisesti laadittavaa väestönsuojien rakentamisopasta varten. Määräysten uudistamisen yhteydessä on väestönsuojien teknillisiin määräyksiin tarkoitettu saattaa suunnittelijoiden ja suunnittelevien toimistojen pätevyysvaatimukset.

80-luvun lopulta lähtien kallion mitoitustarkastuksessa käytetyt ohjelmat ovat kehittyneet niin, että niillä pystytään laskemaan kalliotilojen rakentamisvaiheessa syntyvien siirtymien suunnat ja siirtymien suuruusluokat luotettavasti. Laskennoissa tarvittavien kallion materiaaliparametrien määrittelytaito on myös parantunut.

Väestönsuojan on annettava suojaa radioaktiiviselta säteilyltä, myrkyllisiltä aineilta, rakennesortumilta sekä asevaikutuksilta. Nykyisten määräysten mukaan S6-luokan väestönsuojan on kestävä 900 kPa painekuorma.

Tässä työssä on tutkittu kalliolaadun, rakoilun, jännitystilän ja kalliokaton paksuuden vaikutusta väestönsuojan kallioholvirakenteen ja seinien käyttäytymiseen. Tarkastelut tehtiin kallion mekaanista käyttäytymistä simuloivilla numeerisilla laskentaohjelmilla. Laskennoissa käytettyjen kaksidimen-

sionaalisten ohjelmien vuoksi kallion rakenne on selvästi yksinkertaistettu, mutta tulokset antavat oikean suunnan ja suuruusluokan kallion käyttäytymisestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Laskentatarkastelussa käytettiin kahta toisistaan poikkeavaa yleisesti kalliomekaniikassa hyväksyttyä kallion mekaanista mallia: a) jatkuva kalliomassa, missä rakoilu on huomioitu muodonmuutos- ja lujuusparametreissa sekä b) epäjatkua materia, missä tunnettu rakoilu muodostaa heikkouspintoja ehjään kallioon. Epäjatkuvan kallion olettaus johti huomattavasti suurempiin siirtymiin, siirtymäeroihin ja osin myös paikallisiin sortumiin, vaikka rakogeometriassa ja parametriarvoissa oli pyritty huomioimaan tasolaskennan konservatiiviset oletukset. Toisaalta jatkuvan materia malli antoi kaikilla kalliolaaduilla kimmoista tarkastelua vastaavan tuloksen. Tarkastelu herättikin kysymyksen ohutkattoisten kalliosuojien oikeasta laskentatavasta ja laskentaparametrien arvojen määrittämisestä. Toimenpiteet asian varmistamiseksi on esitetty suosituksissa.

Tutkimuksesta on valmistunut raportti

- Kallioväestönsuojien katon ja seinien mitoitustarkastelu (41 sivua).

601 **T2000 ilmatyynyaluksen liikkeiden, kuormitusten ja rakenteiden rasi-** **tusten monitorointijärjestelmän kartoitus**

Johtaja: DI Seppo Kivimaa

Tutkijat: DI Antti Rantanen

Tutkimuspaikka: VTT Valmistustekniikka,
Laiva- ja konetekniikka

Tutkimushankkeessa on kehitetty T2000:n pitkänajan mittauksia varten monitorointijärjestelmän mittausohjelmisto, joka on ollut toiminnassa telakan merikokeiden lisäksi koko sen ajan, kun alus on luovutuksen jälkeen ollut Merivoimien omassa käytössä ml. aluksella lokakuussa 2002 tehdyt merikelpoisuuskokeet. Ohjelmisto on toiminut luotettavasti samoin kuin mittauslaitteetkin lukuun ottamatta potkuriakselin väännönmittauslaitteissa esiintyneitä ongelmia.

Mittausjärjestelmää on voitu hyödyntää myös silloin, kun aluksen testausvaiheessa telakalla on mitattu potkuri- ja puhallinakseliin vääntövärihtelytasoja. Mittausjärjestelmän antamia tuloksia on käytetty myös selvittäessä voimansiirtolaitteissa esiintyneitä ongelmatilanteita telakalla ja merellä ajon aikana alukselle syntyneiden vaurioiden syitä.

Telakan merikokeiden ja Merivoimien merikelpoisuuskokeiden analysoinnin ja raportoinnin lisäksi järjestelmän tuottamia venymämittaustuloksia on voitu hyödyntää selvittäessä alumiinirunkoon ja komposiitista rakennettuun kansirakenteeseen kohdistuvia kuormia ja niiden vaikutuksia rakenteiden väsymiskestävyyteen. Venymämittauksia voidaan käyttää myös tutkittaessa mahdollisuuksia alumiinirungon korvaamiseksi komposiittirakenteella.

Raportin (18 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

602 Ilmatyynyaluksen dynaaminen mallinnus

Johtajat: Erikoistutkijat Harri Soininen ja
Pertti Broas

Tutkija: DI Kai Happonen

Tutkimuspaikka: VTT Valmistustekniikka

Vuosina 2001 ja 2002 jatkettiin merivoimille tilatun ilmatyynyaluksen ohjailun mallittamista. Prototyypin mallikoetulosten lisäksi myös merikoeajojen tuloksia saatiin käyttöön. Alukseen ohjailutilanteissa vaikuttavia voimia mallitettiin mahdollisimman pitkälle fysikaalisin perustein.

Simulointimallin kehitystyön pohjana käytetty laivasimulaattorin ohjelmisto laskee aluksen liikkeitä kolmessa vapausasteessa tasoliikkeessä. Simulointimalli on modulaarinen, toisin sanoen jokaiselle modulille (runko, peräsimet, potkurit jne.) lasketaan voimakomponentit erikseen. Summaamalla nämä voimakomponentit saadaan kokonaisvoima, jonka perusteella ratkaistaan aluksen kiihtyvyydet jokaisella aika-askeleella. Integroimalla kiihtyvyydet saadaan nopeudet koordinaattiakselien suunnissa ja integroimalla uudestaan saadaan aluksen paikka (siirtymä).

Ilmatyynyalusten simulointimallilla voidaan toistaa prototyypin merikoeajolla mitattuja manöövereitä. Tarkempaan mallin validointiin tarvittaisiin suunnitellun lisäohjailukoesarjan mittaamista, jotta eri ohjauslaitteiden tuottamia ohjailuvoimia voitaisiin tarkastella erikseen. Lisäksi aluksen ohjaajien suorittama simulaattorin testaus antaisi arvokasta palautetta ohjaustuntumasta ja simulaattorissa nykyisin olevien ohjaus- ja näyttölaitteiden riittävydestä.

Raportin (14 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

604 Komposiittirakenteiden kunnonvalvonta kustannustehokkaalla ja kenttäkelpoisella menetelmällä

Johtaja: TkT Juha Sarlin ja DI Arto Laine

Tutkijat: DI Eetta Saarimäki

Tutkimuspaikka: VTT Kemiantekniikka/Materiaalitekniikka

Ainettarikkomattomien tarkastelumenetelmien merkitys on suuri komposiittirakenteissa. Perinteisiä menetelmiä ovat ultraääni sekä röntgen. Kumpikin paljastaa tehokkaasti rakenteessa olevat tietyt vauriot, mutta haittapuolena on se, että laitteiston massiivisuuden takia työtä ei voi suorittaa kenttäolosuhteissa. Ultraäänitestausta voidaan toki suorittaa kannettavalla laitteistolla,

mutta tulosten tulkinta vaatii testaajalta paljon kokemusta eikä tuloksista jää dokumenttia.

"Komposiittirakenteiden kunnonvalvonta kustannustehokkaalla ja kenttäkelpoisella menetelmällä" -projektin tavoitteena oli selvittää tämänhetkinen tilanne lämpökuvauksen käytöstä komposiittirakenteiden - erityisesti lentokaluston - NDT-tarkastuksissa sekä käytännön testien avulla saadaan yleiskuva menetelmän soveltuvuudesta lentokaluston testauksessa.

Useissa tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä on tutkittu termografian soveltuvuutta komposiittirakenteiden ja erityisesti lentokonerakenteiden NDT-testaukseen. Pääsääntöisesti on tutkittu vikatyypin havaittavuutta ja vikasyvyyden määrittävyyttä simuloituilla vioilla joko testikappaleissa tai simuloituilla vioilla aidoissa lentokonerakenteissa. Yksinkertaisillakin menetelmillä lähellä pintaa (alle 2 mm) olevat viat löytyvät helposti ja luotettavasti. Testeissä on jopa pystytty erottamaan rakenteisiin tunkeutuneet nesteet.

Virheetön materiaali johtaa lämpöä eri tavalla kuin virheellinen materiaali. Lämpötilaerot saadaan näkyviin joko eri tummuusasteina tai eri väreinä. Vaurioista pystytään havaitsemaan mm. delaminaatiot, säröt, huokokset, vieraat partikkelit ja saumausrvirheet.

Analyysejä varten testikappaleeseen tehtiin sellaisia vikoja, jotka simuloivat mahdollisimman hyvin lentokalustoon käytön aikana syntyviä vikoja. Lämpökuvauksessa käytettiin hetkellisen pulssin lämpötilajakauman kuvausta ja lämpötilan muutosta seurattiin lämpösykän puolelta. Testikappaleiden pintalämpötilan muutosta olisi voinut seurata myös vastakkaiselta puolelta, mutta käytännön kappaleiden lämpötilan muutoksen seuraaminen vastakkaiselta puolelta on usein mahdotonta.

Lämpökameratarkastelussa delaminaatiot ja osittain päällekkäinen delaminaatio ja tasapohjaporaus olivat selvästi havaittavissa kaikissa kuvaustilanteissa. Kennot, joihin oli lisätty enemmän kuin yksi pisara vettä, pystyttiin havaitsemaan helposti. Eräitä testikappaleen vikoja (irronnut liimaus ja murskatut solut) ei pystytty havaitsemaan käytetyllä testausmenetelmällä. Ongelmana oli sekä liian pieni aiheutettu lämpötilaero että virheenvalmistustapa. Vastaavat viat havaittiin kuitenkin ultraäänikuvauksen referenssikappaleesta, jonka pintalevyn paksuus oli vain kolmasosa testikappaleen pintalevyn paksuuteen verrattuna.

Testien perusteella lämpökuvauksen sopii hyvin komposiittirakenteiden vikojen ja rakenteiden analysointiin. Salamavalolamppujen lämpöteho oli kuitenkin liian pieni sekä testikappaleita että kenttäkoetta tehdessä. Syvällä olevien vikojen havaitsemiseksi ei saatu aikaan riittävää kontrastia. IR-lämmityksen käyttömahdollisuus kenttätestauksessa tulisi selvittää jatkossa.

Lämpökuvauksen varten tulee valmistaa vastaavat kalibrointikappaleet kuin ultraäänitarkastusta varten. Valmistuksessa otetaan huomioon termografian vaatimukset. Lisäksi virheiden valmistuksen onnistuminen tulee varmistaa jollain muulla NDT-menetelmällä.

Menetelmäkehityksessä tärkeää on kehittää testien toistettavuutta, jotta rakenteissa tapahtuvat muutokset voidaan todentaa luotettavasti. Analysoinnissa tulee keskittyä erityisesti käytönaikaisten vauriotyyppien havaittavuuden kehittämiseen ja kriittisten vikakokojen määrittämiseen.

Toimivan tarkastusjärjestelmän luominen yhdelle rakennetyypille tai -kohdalle avaa mahdollisuuksia rakenteiden tarkastukseen laajemmassa mitakaavassa. Tarkastusmenetelmästä laadittavien työohjeiden tulee perustua mm. kalibrointitesteihin ja huoltotarkastusten välissä ilmenneiden muutosten havaitsemiseen.

Tutkimuksesta valmistuneet raportit ovat luottamuksellisia.

616 Korkeiden asepainoiden mittausmenetelmän tarkkuuden parantaminen

Johtaja: Professori Veli-Tapani Kuokkala

Tutkijat: DI Jari Rämö
DI Aulis Järvinieniemi

Tutkimuspaikka: Tampereen teknillinen yliopisto, Materiaaliopin laitos
Koeampumalaitos

Puolustusvoimien ja puolustusteollisuuden vastaanottoammunnoissa käytetään painemittauksessa kuparielementin pysyvään muodonmuutokseen perustuvaa crusher-mittaria. Erityisesti suurilla asepainella crusher-mittarin antaman painearvon on kuitenkin todettu eroavan jopa 25 % vastaavasta kidepaine-mittauksella saadusta arvosta. Mikäli mittaus indikoi huomattavasti todellista painetta pienempiä arvoja, on mahdollista ylittää asepanostus- ja kokeilupaineiden raja-arvot, jolloin vaarana on muun muassa aserikko.

Crusher-menetelmä perustuu kuparin plastisen muodonmuutoksen ja asepaineen väliseen verrannollisuuteen, joka metallien muokkauslujittumisen vuoksi on kuitenkin epälineaarinen paitsi jännityksen (paineen) myös muodonmuutosnopeuden suhteen. Koska crusher-elementtien valmistajat antavat tavallisesti vain yhdellä tai korkeintaan kahdella eri muodonmuutosnopeudella määritetyn kalibrointikäyrän toimittamilleen elementeille, niiden perusteella lasketut asepainet eivät voi olla tarkkoja kaikilla muodonmuutosnopeuksilla.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on ollut parantaa crusherpainemittauksen tarkkuutta sekä varmistaa mittaustulosten oikeellisuus myös suurilla paineilla ja suurilla muodonmuutosnopeuksilla. Tavoitteena on ollut kehittää laskentamalli, joka muuntaa mitatun pysyvän muodonmuutoksen maksimipaineeksi ottaen huomioon kuparin todellisen muodonmuutos- ja muokkauslujittumiskäyttäytymisen sekä paineen (jännityksen) että muodonmuutosnopeuden funktiona. Jotta tämä tavoite voitaisiin saavuttaa, on tunnettava sekä crusher-elementeissä käytettävän kuparin muodonmuutoskäyttäytyminen eri muodonmuutosnopeuksilla että muodonmuutosnopeus elementissä laukauksen aikana.

Eri muodonmuutosnopeuksilla tapahtuvaa plastista muodonmuutosta on tässä työssä tutkittu sekä hydraulisilla aineenkoetuslaitteilla että erityisesti ns. Hopkinson Split Bar -laitteiston (HSB) avulla. Suorittamalla kokeita eri jännityksillä (paineilla) sekä eri muodonmuutosnopeuksilla on kartoitettu koko se paine/muodonmuutosnopeusalue, joka asepainoiden mittauksessa esiintyy. Koetulosten pohjalta on kehitetty matemaattinen malli, joka muuntaa mitatun pysyvän muodonmuutoksen maksimipaineeksi. Mallin muuttujina ovat laukauksessa syntyneen muodonmuutoksen määrä sekä crusher-elementin keskimääräinen muodonmuutosnopeus.

Muodonmuutos mitataan tavalliseen tapaan suoraan crusher-elementistä. Muodonmuutosnopeus sen sijaan riippuu sekä muodonmuutoksen määrästä että maksimipaineen saavuttamiseen kuluneesta ajasta, jonka määrittämisessä käytetään hyväksi koe-ammunnoissa tehtyjä kidepaine vs. aika -mittauksia. Crusher-elementtien valmistajien toimittamista kalibrointikäyristä laskettujen painearvojen, kidepainemittausten sekä kehityksen mallin avulla määritettyjen painearvojen vertailu osoittaa, että uudella menetelmällä mittausten tarkkuutta voidaan merkittävästi parantaa erityisesti ns. staattisilla kalibrointikäyrillä saatuihin arvoihin verrattuna.

Raportin (29 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

620 Ennakkohuollon vaikutus vikaantumisen todennäköisyyteen tuotteen elinjakson aikana

Johtaja: Professori Seppo Virtanen

Tutkijat: Tutkija Teemu Yli-Kovero
TkT Per-Erik Hagmark

Tutkimuspaikka: Tampereen teknillinen yliopisto,
Konesuunnittelun laitos

Tarkasteltavana laitteena case-tutkimuksessa oli F-18-torjuntahävittäjän suihkumoottorin käynnistys-venttiili. Lentotekniikan laitos luovutti tutkimusta varten melko kattavat historiatiedot, joista käy ilmi kunkin venttiiliyksilön lentotunnit vikaantumiseen asti sekä viimeisen huollon jälkeen vikaantumatta lennetyt lentotunnit. Tutkimustyössä mallinnettiin ko. venttiili-tyyppin käyttöprofiili ja tarkasteltiin vikaantumista sekä varalaitetarvetta nykyisen huolto- ja kunnossapitostrategian vallitessa.

Vikaantumisen mallinnukseen ja analysointiin on sovellettu yleisesti käytettyjä tilastomatemattisia menetelmiä, mm. Kaplan-Meier luotettavuusestimaatti sensuroidulle datalle luottamusrajoineen. Analysointi osoittaa, että vikaantuminen ei tähän mennessä kertyneen historiatiedon perusteella ole ikäriippuvainen, kun iällä tarkoitetaan venttiilille kertyneitä käyttökertoja. Tämä viittaa samalla siihen, että laite on korjauksen jälkeen kuin uusi.

Uuden tai korjatun venttiilin käyttökertojen lukumäärä ennen seuraavaa vikaa osoittautui eksponentiaalisesti jakautuneeksi vikaseurannan tässä vaiheessa. Tämän takia ja koska venttiilin vikaantuminen ei aiheuta ylimää-

räistä vaaraa, venttiilille ei ole tarpeellista määritellä kiinteää huoltoväliä eikä luotettavalle käyttöiälle kannata tehdä arviota.

Laitteen käyttöprofiiliin kuuluu tietty määrä varalaitteita, joiden riittävyttä arvioitiin vikataipumuksen ja suunniteltujen lentomäärien perusteella. Varalaitemäärän arviointiin käytettiin Tekes-projektin (nro 720/02) yhteydessä kehitettyä yleistä varaston laskenta- ja simulointimallia. Tuloksena havaittiin, että nykyinen varalaittekanta on hyvin mitoitettu. Saman laskentamallin avulla voidaan myös arvioida mahdollisia uusia huolto- ja kunnossapitostrategioita, sekä laskea syntyviä kustannuksia.

Raportin (16+32 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

627 Komposiittirakenteisen ilmatyynyaluksen mitoituskriteerien perusteet

Johtaja: DI Gunnar Holm

Tutkijat: Tekn yo Sebastian Segercrantz
DI Timo Riipi
DI Markku Hentinen
DI Jukka-Pekka Karjalainen

Tutkimuspaikka: VTT Laiva- ja konetekniikka

Työn tarkoituksena oli selvittää hyvin erilaisten perusmateriaalien lujuus- ja paino-ominaisuuksia kevyissä rakenteissa. Tulokset eivät ole spesifisiä ilmatyynyalukselle vaikka vertailut rakennekomponentit onkin valittu laivanrakennuksen kannalta mielenkiintoisiksi. Alumiinia ja hiilikuituepoksilaminaattia on vertailtu yksinkertaisin, analyttisin menetelmin. Hiilikuituepoksia on vertailtu sekä umpilaminaattina että PVC-ytimellisen kerroslevyn pintalevyinä. Vertailtavien rakenteiden geometriat on pidetty samoina eri materiaalivaihtoehdoilla. Vertailussa on käytetty lujuus- ja jäykkyysskriteereitä. Käsitellyt tapaukset ovat olleet staattisia kuormituksia.

Analyttinen laskenta perustuu sauva-, palkki- ja laattateorioihin. Mekaanista liittämistä on käsitelty reunapuristuslujuuden osalta. Paikallislujuutta ja monimutkaisempia liitoksia ei ole käsitelty. Tulokset on esitelty taulukoina ja kuvaajina. Tuloksia voidaan käyttää eri materiaalivaihtoehtojen suorituskyvyn ja painotaloudellisuuden vertailuun.

Hiilikuituepoksipintalevyiset kerroslevyrakenteet osoittautuivat useimmissa tapauksissa painotaloudellisimmiksi vaihtoehdoiksi. Tietyissä tapauksissa, globaalissa jäykkyydessä ja joissain mekaanisissa liitoksissa alumiinirakenne on painotaloudellisempi.

Projektin tulokset on raportoitu VTT:n raportissa TUO36-033283 "Lujitemuovi-, kerroslevy- ja alumiinirakenteiden lujuus-, jäykkyys- ja paino-ominaisuuksien vertailu".

634 Yliäänipamauksen vaikutus rakenteisiin

Johtaja: Tutkimuspäällikkö Pekka Pajakkala

Tutkijat: DI Hannu Kääriäinen
DI Kari Kolari
TkT Tuomo Kärnä
TkL Jouko Rantamäki
Ryhmäpäällikkö Kauko Tulla

Tutkimuspaikka: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Rakennusta ja sen rakenteita rasittaa useita eri kuormituksia ja jännitysvoimia. Tyypillisimpiä ovat lämpötilan ja kosteuden sekä kuormitusten muutosten aiheuttamat jännitykset ja muodonmuutokset, materiaalien normaalit kutistumiset, perustusten painumiset ja routimiset. Näiden aiheuttamia vaurioita ovat näkyvät halkeamat ja näkymättömät pienet hiushalkeamat. Joissakin tapauksissa materiaalin jännitystila ei ole vielä ylittänyt materiaalin lujuusominaisuuksia, jolloin näkyviä vaurioita ei ole havaittavissa. Näissä tapauksissa näkyvät vauriot tulevat esille hyvin pienen kuormituslisän johdosta. Varsinainen kuormituslisä ei tarvitse olla kovinkaan suuri, ainoastaan aiheuttamaan vaurioon johtavan jännityksen ylityksen. Kuormituslisä saattaa olla niin pieni, että se ei yksin johda vaurioon. Yliäänipamaus saattaa olla laukaiseva tekijä, jos jännitystila on valmiiksi muodostunut ja tarvitaan vain pieni kuormituslisä.

Yli 10000 metrin korkeudessa tapahtuvan äänivallin ylittäminen aiheuttaa maan pinnassa noin 50-100 Pa:in paineen. Kun tähän lisätään lentokoneen tai koneiden manöövereistä, ilmakehän laadusta ja maastosta johtuvat paineen fokuosinnit, jää ylipaine tällöin käytännössä alle 500 Pa:in, teoreettisen maksimin ollessa noin 1600 Pa. Yliäänilennon yli 10000 metrin korkeudessa aiheuttama heilahdusnopeus maassa jää normaalisti alle 1 mm/s, vaikka otettaisiin huomioon kaikki fokuosintia ilmassa aiheuttavat tekijät, jolloin se todennäköisesti ei aiheuta vaurioita rakennuksille. Joissakin tapauksissa on kuitenkin otettava huomioon mahdollisuus, että pinta-aallon nopeus maaperässä on sama kuin maahan tulevan äänirintaman nopeus. Tällöin saattaa syntyä joillakin maalajeilla resonanssivaikutus, joka kasvattaa maan heilahdusnopeuksia.

Yliäänilennon aiheuttamia vaikutuksia rakennuksiin selittää osaksi maan kautta siirtyvät värähtelyt. Värähtelyt siirtyvät pääasiassa maassa kolmella eri tyyppisellä aaltomuodolla, puristusaaltona (P-aalto), leikkausaaltona (S-aalto) ja pinta-aaltona (R-aalto). Kun ilmasta maahan tulevan äänirintaman nopeus on sama kuin R-aaltojen nopeus, syntyy maassa resonanssia ja heilahdusnopeus kasvaa. R-aallon voimistumiseen vaikuttaa löyhä hiekka- ja hiekkamoreenimaa, maaston avonaisuus, matala perustus ja kallion syvyys maanpinnasta. Maan kautta tulevat aallot saattavat aiheuttaa halkeamia runkorakenteisiin, kuten perustuksiin, lattioihin, palkkeihin, seiniin.

Tutkimuksessa on koottu niitä tekijöitä, jotka vähentävät ja lisäävät rakenteiden vaurioita. Dynaamisen vahvistuskertoimen ja rakenteen ominaisuuden funktio ilmaisee shokkispektrin. Yliäänilennoista saatujen mittaus-

tulosten perusteella teoreettisesti lasketut karakteristiset vahvistuskertoimet ovat noin 3,1..3,8 välillä rakenteen ominaistajuuden ollessa noin 10 Hz. Samaan tulokseen päädytään myös teoreettisesti ja kokeellisesti ikkunalasin jännitystarkasteluissa. Näin ollen mikäli ylääänipamauksen aiheuttama paine olisi noin 500 Pa, vastaisi pamaus teoreettisen tarkastelun perusteella noin 1000...1900 Pa:in staattista kuormitusta. Paine saattaa siten ylittää 1800 Pa:in paineen, joka on vaatimuksena SFS-hyväksynnän saamiselle.

Sen toteaminen, että vauriot johtuvat juuri ylääänilennosta, on vaikeaa. Menetelminä voidaan pääosin käyttää tavanomaisia rakennevaurioiden tutkimusmenetelmiä. Rakennuksen painumiset ja routimiset voidaan todeta maaperätutkimusten ja korkeusliikkeiden seurantamittausten perusteella. Halkeamien tutkiminen mahdollisten likaantumisten ja betonin karbonatisoitumisen perusteella tulisi tehdä mahdollisimman pian halkeaman toteamisen jälkeen. Puumateriaalien ja puukuituja sisältävien materiaalien kosteusmuodonmuutokset ja halkeamat tulevat esille talviaikana, jolloin sisäilman kosteus on pienimmillään ja halkeamat suurimmillaan. Paalutus- ja räjäytystöiden yhteydessä yleisesti käytettyä ennakkotarkastusmenetelmää on vaikea ylääänilentojen yhteydessä toteuttaa, koska tarkastettavien kohteiden määrät nousevat liian suuriksi.

Raportin (44 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

2.3 Luonnontieteet, matematiikka ja tietojenkäsittely

606 Säteilytiedustelulaitteiston toteutus Ranger-tiedustelulennokkiin

Johtaja: FT Roy Pöllänen

Tutkijat: FK Kari Kurvinen
Fil yo Petri Smolander
DI Jari Lyytinen
FM Markku Kettunen

Tutkimuspaikka: Säteilyturvakeskus, tutkimus ja ympäristövalvonta
Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan os.
PvTT, räjähd- ja suojelutekniikka

Ympäristön säteilymittauksia on Suomessa jo yli vuosikymmenen ajan tehty lentokoneista, helikoptereista ja maa-ajoneuvoista. Laitteistoja on rakennettu radioaktiivisten aineiden laskeuman mittaukseen, pistemäisten erittäin aktiivisten säteilylähteiden paikantamiseen ja näytteenottoon sekä ilmasta että muusta ympäristöstä. Myös radioaktiivisia aineita sisältävän pilven paikallistaminen on mahdollista tehdä liikkuvilta alustoilta, mutta mittaajan säteilyaltistusten sekä alustan ja laitteiston kontaminaation minimoimiseksi saatetaan toiminta joutua rajoittamaan lyhytaikaiseen näytteenottoon pilvestä. Miehitettävättömiä ilma-aluksia voidaan tietysti edellytyksin käyttää kaikkiin yllämainittuihin tehtäviin. Lennokkien muita alustoja pienempi hyötykuormatila ja -paino sekä käyttöön liittyvät erityispiirteet tulee kuitenkin ottaa huomioon arvioitaessa niiden soveltuvuutta säteilytiedusteluun.

Työssä suunniteltiin, rakennettiin ja testattiin säteilytiedustelulaitteiston prototyyppi Ranger-tiedustelulennokkia varten. Laitteistoa voidaan käyttää radioaktiivisia aineita sisältävän pilven kartoitukseen ja näytteenottoon pilvestä, laskeumakartoitukseen sekä pistelähteiden etsimiseen. Ulkoisen säteilyn annosnopeutta havainnoidaan Geiger-ilmaisimella. NaI(Tl)-tuikeilmaisinta sekä näytteenottoyksikön sisään sijoitettua CZT-puolijohdeilmaisinta käytetään radioaktiivisten aineiden tunnistamiseen. Näytteenottoyksikössä on sekä hiukkas- että kaasu-suodatin.

Laitteisto sisältää kameran, GPS-paikantimen sekä ympäristön tilaa mittaavia antureita. Laitteiston toimintaa ohjaa moduuleista koostuva tiedonkeruuyksikkö. Mittaustiedot välitetään lennokista tosiaikaisesti käyttäen TETRA-standardiin perustuvaa Virve-verkkoa. Säteilyilmaisimet ja muu laitteisto on sijoitettu kuori- ja tukirakenteeseen, joka on suunniteltu kestämään lähdön, lennon ja laskeutumisen aikaiset rasitukset.

Säteilytiedusteluyksikkö sijoitetaan Rangerissa normaalin kamera-varustuksen sijaan. Laitteisto on toteutettu siten, että se tarvitsee alustaltaan ainoastaan sähköä. Niinpä sitä voidaan tarvittaessa käyttää myös muilla liikkuvilla alustoilla. Työssä toteutettiin ratkaisu, joka mahdollistaa säteilytiedustelun puolustusvoimien Piper Chieftain -lentokoneesta.

Säteilylaitteistossa tarvittavat säteilyilmaisimet riippuvat tiedustelutehtävän luonteesta. Nyt rakennettu laitteisto soveltuu radioaktiivisia aineita sisältävän pilven etsimiseen, pilvessä olevien aineiden tunnistamiseen sekä näytteenottoon. Sitä voidaan käyttää myös radioaktiivisten aineiden laskeuman kartoitukseen sekä (kadonneiden) säteilylähteiden etsimiseen. Nykyaikaisen laitteistokokonaisuuden etuna on se, että vaikka jokin säteilyilmaisimista hajoaisikin kesken tiedustelutehtävän, niin muilta ilmaisimilta saadaan kuitenkin käyttökelpoista tietoa. Laitteistolla voi toteuttaa samoja säteilytiedustelutehtäviä kuin puolustusvoimien nykyisillä järjestelmillä. Järjestelmien soveltuvuus, käyttö ja suorituskyky ovat kuitenkin niin erilaiset, että laitteistojen voidaan katsoa pikemminkin täydentävän toisiaan kuin kilpailevan keskenään.

Toteutettu laitteisto kykenee monipuoliseen säteilyn havainnointiin ja näytteen keräämiseen ulkoilman sisältämistä radioaktiivisista aineista. Varsin pienin modifikaatioin osaa laitteistosta voidaan käyttää pohjana N-aineiden tiedustelun (Nuclear) lisäksi myös B- ja C-aineiden (Biological and Chemical) tiedusteluun.

Rakennetulle säteilytiedustelulaitteiston prototyypille ei ole toteutettu laajoja kenttätestauksia. Vasta erilaisissa sääolosuhteissa suoritettavat kattavat testaukset osoittavat laitteiston sopivuuden operationaaliseen käyttöön. Tällaiset testit tulee suorittaa ennen kuin laitteiston mahdollinen sarjatuotanto voisi alkaa. Säteily-tiedustelusta saatavan tiedon käyttäminen ja visualisointi - esimerkiksi mahdollinen liittäminen Puolustusvoimien SUOLA-järjestelmään - tulee harkita erikseen. Nyt tehdyssä työssä on keskitytty laitteiston toiminnan ja toimintakyvyn osoittamiseen.

Tutkimuksesta valmistunut raportti

- Säteilytiedustelu miehittämättömästä Ranger -ilma-aluksesta (55+29 sivua).

624 **Kenttähuollon materiaalitoimintojen optimointi (KEHUMO)**

Johtaja: VTM Arto Nokelainen

Tutkija: Evtl Matti Paasivaara

Tutkimuspaikka: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Pääesikunnan huolto-osasto

Poikkeusoloissa puolustusvoimien kenttähuollon turvaamisessa materiaali-toimintojen sujuvuus on ehdoton edellytys. Asia voidaan kiteyttää myös kysymykseen: Minkälaista kehitystyötä tarvitaan kuljetusjärjestelmiin vaikuttavassa logistiikassa, kalustotekniikassa ja infrastruktuurissa, jotta huoltovarmuuden taso on mitoitettu mahdollisimman optimaalisesti.

Poikkeusoloissa puolustusvoimien kenttähuollon turvaamisessa kuljetusjärjestelmien taustalla oleva logistiikka sisältää mm. teollisuuden, kaupan ja joukkojen välisen toimintakentän. Kenttähuollon logistiset toiminnot käsittävät suuren määrän eri materiaaleja, terminaaleja/varikkoja/varastoja, materiaalien yhdistelyjä, kuljetuskalustoa ja tavaratiloja. Toiminnot voivat olla ennakoitavissa, mutta aihepiirin luonteen vuoksi satunnaisuus aiheuttaa epävarmuutta toimintoja suunniteltaessa.

Epävarmuutta voidaan minimoida mm. kasvattamalla resursseja, esimerkiksi materiaalin, varastojen, kuljetuskaluston kapasiteetilla. Ylimoitettut resurssit ovat kuitenkin taloudellinen rasite. Kriisitilanteessa, jolle on luonteenomaista myös yllättävien tapahtumien esiintyminen, materiaalin saata- vuus on joka tapauksessa turvattava. Paitsi resurssien niukkuuden sekä järjestelmän joustavan toimivuuden vuoksi huoltovarmuuden oikea mitoitus (mm. materiaalien optimaalinen varastointimäärä ja kohdentaminen) on järjestelmän keskeinen tehtävä.

Aiheen luonteen vuoksi oikeaa mitoitusta on käytännössä mahdoton testata todellisissa kriisioloissa. Eri vaihtoehtojen soveltuvuudesta voi saada kuitenkin tietoa simulointitekniikkaa hyödyntämällä. Vaihtoehtojen vaikutusta kenttähuollon tasoon voidaan täten kokeilla simuloinnilla laboratorio-olosuhteissa ilman taloudellisia riskejä.

Hankkeessa on kehitetty simulointia soveltava työkalu puolustusvoimien kenttähuollon strategisen suunnittelun tarpeisiin. Mallin avulla voidaan testata eri tekijöiden vaikutusta toiminta-ympäristössä, jonka keskeiset elementit ovat:

- elinkeinoelämän tukeutumispisteet
- varikkopisteet
- huoltokeskukset
- joukkojen kulutuspisteet ja

- resurssit (ensisijaisesti materiaalinimikkeet ja kuljetuskalusto)

Simulointimallia voidaan pitää vielä prototyypinä ja sitä on sovellettava vasta kuvitteellisilla lähtötiedoilla. Tarkoituksena on pääesikunnan huolto-osaston kanssa jatkossa laatia realistisempia vaihtoehtokokeiluja mallilla sovellettavaksi.

Raportin (17 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

654 Maastoanalyysin sisällöllinen ja metodinen kehittäminen soveltaen päästöanalyysiä, asiantuntijatietämystä ja epävarman tiedon mallinnusta

Johtaja: Professori Kirsi Virrantaus

Tutkijat: DI Pekka Horttanainen
Dos Eevaliisa Laine
FM Rami Immonen

Tutkimuspaikka: TKK Maanmittausosasto
TKK Materiaali- ja kalliitekniikan osasto
Pioneeri- ja suojelukoulu

Tutkimuksen tavoitteena oli sotilaallisen maastoanalyysin lopputuloksen epävarmuuden tarkastelu. Analyysin lähtöaineistoina käsiteltiin maalajikarttaa, puuston tilavuustietoja, lumen-paksuustietoja sekä roudan syvyystietoja. Maastoanalyysistä tarkasteltiin kulkukelpoisuuden laskentaa. Lähtöaineistojen puutteellisen metadatan takia sovellettiin epävarmuustarkastelussa stokastista simulointia. Simuloinnin suorittamiseksi ohjelmoitiin kulkukelpoisuuden laskentalogiikka Matlabiin. Simulointi suoritettiin kaikille aineistoille yhtäaikaan. Simuloinnissa käytettiin spatiaalista autoregressiivistä prosessia spatiaalisen autokorrelaation huomioimiseksi.

Tuloksena simuloinnista huomattiin yhtäaikaisen simuloinnin huonontavan tuloksen epävarmuutta verrattuna aiemmin suoritettuun yhden aineiston kerrallaan tapahtuvaan simulointiin. Maalajitietojen epävarmuus oli kaikkein pienintä ja vaikutus tuloksen epävarmuuteen myös pieni. Puuston tilavuuden epävarmuuden vaikutus tulokseen oli suuri. Lumen epävarmuudella ei ole myöskään paljon vaikutusta. Roudan epävarmuutta tutkittiin erikseen geostatistisin menetelmin. Lumeen verrattuna routa on vaikea lähtöaineisto, koska mittauspisteitä on varsin harvassa (vain 54 pistettä) ja toisaalta paikallisten tekijöiden sekä aikatekijöiden vaikutus routaan on voimakas. Roudan estimointia parannettiin lisäämällä maatutkahavaintoja. Routatutkimus valmistui vasta vuoden lopussa, joten simuloinnissa käytetyt tiedot olivat samoja kuin aiemmin (v. 2002). Puuston tilavuuden epävarmuustieto oli pikselikohtaista, lumenpaksuuden epävarmuuden spatiaalisesti vaihteleva estimaatti saadaan krigingin tuloksena. Maaperätietojen epävarmuus oli luokkakohtaista ja saatiin väärinluokittelumatriisista, joka oli kerätty aiemmin geologeja haastatteleamalla.

Epävarmuustarkastelun tuloksia yritettiin analysoida tilastollisesti regressioanalyysillä. Muuttujien keskinäiset vaikutukset ovat kuitenkin niin monimutkaisia, että paremman työkalun tulosten tarkasteluun antoi visuaalinen menetelmä. Havainnollisin värein tulostetut karttaotteet lähtöaineistojen epävarmuudesta sekä kulkukelpoisuustuloksen epävarmuudesta vaikuttivat erittäin tehokkailta menetelmiltä. Myös riskin tarkasteluun visuaalinen menetelmä sopii.

Analyysimallia pyrittiin kuvaamaan jollain päätösanalyysin menetelmällä ja kuvaustavalla. Tutkittiin mm. puolustusvoimissa muutoin paljon käytetyn AHP:n käyttökelpoisuutta. Tehtiin myös koetyö, jossa kulkukelpoisuusanalyysi mallinnettiin sumeana systeemimallina. Käytettiin hyväksi toisessa tutkimus-projektissa kehitettyä sumeaa maalajikartta-aineistoa ja tehtiin suunnitelmia sumean mallinnuksen ja indikaattorikrigingin käyttämisestä pikselikohtaisen jäsenyystiedon saamiseksi spatiaalisesti vaihtelevaan epävarmuusmalliin. Tätä mallia on tarkoitus kehittää edelleen.

Tutkimuksesta ovat valmistuneet raportit:

- Maastoanalyysin lähtöaineistojen epävarmuustarkastelu (58 sivua).
- Paikkatietojen epävarmuus - esimerkkinä sotilaallisen maastoanalyysin lähtöaineistot (15 sivua).
- Developing knowledge-based uncertainty model for spatial information (12 sivua).
- Evaluation of the reliability of military terrain analysis by simulation and visualization (2 sivua).
- Erityyppiset lähestymistapamahdollisuudet sotilaalliseen maastoanalyysiin (10 sivua).
- Routamittausten geostatistinen analyysi (6 sivua)
- Sumea laskentamalli maaston kulkukelpoisuusanalyysille (7+4 sivua).

2.4 Lääketiede ja biologia

547 Turvallinen savu -projekti: Savunäytteiden testaus in vitro

Johtaja: Erikoistutkija Kaija Linnainmaa-Jaakkola

Tutkijat: Lääket yo Leena Kujanpää
FM Matti Hemmilä
FM Maija Hihkiö
Prof Anna-Liisa Pasanen
FM Jukka-Pekka Kasanen
Fil yo Mari Turunen
FT Jonne Naarala
Dos Veli-Matti Kosma

Tutkimuspaikat: Työterveyslaitos
Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos
Kuopion yliopisto

Projektissa kartoitettiin Suomen puolustusvoimien käyttämien suojasavujen akuuttia ja perimämyrkyllisyyttä (DNA-vauriot) ihmisen keuhkoputkesta

eristettyjen epiteelisolujen viljelmissä koeolosuhteissa. Savuja testattiin sekä laboratorio- että kenttäolosuhteissa. Lisäksi tutkittiin suojasavujen ärsyttävyyttä hiirille altistamalla eläimet hengitysteitse ko. savuille.

Tarkoituksena oli pyrkiä löytämään vähemmän terveydelle haitallinen savu tähän asti käytössä olleelle trotyyliä sisältävälle harmaalle savulle (HC/Zn/NT). Myöhemmin solukokeisiin sisällytettiin myös merkkisavut (oranssi, keltainen, violetti ja punainen). Testattavia suojasavuja harmaan savun lisäksi olivat: Puolustusvoimien Teknillisessä Tutkimuslaitoksessa amerikkalaisen reseptin mukaan valmistettu tereftaalihappoa sisältävä savu (TPA I), TNO:n savu (HC/Mg), NICO:n KM-savu, fosforisavut (RPB Buck, P61), titaanidioksidia sisältävä harmaa savu (HC/TiO₂), savupoiju ja TNT:a sisältämätön harmaa savu (HC/Zn). Eläinkokeisiin sisällytettiin HC/Zn/TNT, HC/Zn, HC/Mg, KM, fosforisavu (Buck) ja savupoiju.

Näistä käytössä oleva harmaa savu osoittautui sekä voimakkaasti DNA-vaurioita aiheuttavaksi että ärsyttäväksi. Se aiheutti myös ainoana savuna hiirissä keuhkoärsytystä ylähengitystieärsytyksen lisäksi. Trotyyliä sisältämättömän harmaan savun vaikutukset olivat hieman vähäisemmät, mutta myös voimakkaat. Savupoiju ja TiO₂ olivat vaikutuksiltaan harmaan savun luokkaa. TPA I oli samoin suhteellisen potenti vaurioiden aiheuttaja. Fosforisavu oli lievästi sekä myrkyllinen että ärsyttävä, sen sijaan KM-savu oli täysin myrkytön, eikä ollut myöskään genotoksinen ja ainoastaan erittäin lievästi ärsyttävä.

Merkkisavujen vaikutukset olivat lieviä (verrattavissa fosforisavuun) lukuun ottamatta oranssia savua, jonka väripigmenti on potentiaalisti syöpävaaralliseksi luokiteltu. Laboratorio- ja kenttäkokeista saatiin samanlaiset tulokset, joten altistuskammioitesti tuntuisi sopivalta menetelmältä savujen testaamiseen. Eri polttokertojen välisissä toistoissa oli tulosten suhteen huomattavaa hajontaa, mutta trendit olivat samanlaiset. Näin ollen on tuloksia tulkittava yksittäisten polttokertojen perusteella.

Sekä solu- että koe-eläintulostemme perusteella sopii NICO:n KM-savu parhaiten harmaan savun vaihtoehdoksi. Fosforisavun vaikutukset olivat lieviä, joten se on myöskin varteenotettava vaihtoehto. Projektissa saavutettiin alkuperäinen päämäärä.

Tutkimuksen kuluessa on eläinkokeiden osalta valmistunut pro gradu -työ ja koko projektista oli valmisteilla väitöskirjatyö, joka tulee perustumaan neljään kansainväliseen julkaisuun.

Tutkimusraportin (5+49+6 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

566 Lääkintähelikopterilla kuljetettujen monivammapotilaiden sekundaariselviytyminen

Johtaja: Professori Seppo Alahuhta

Tutkijat: LT Matti Martikainen

Tutkimuspaikka: OYS Anestesiaklinikka

Vaikeasti loukkaantuneiden potilaiden määrä on lisääntymässä Suomessa. Samanaikaisesti ollaan kehittämässä sairaalan ulko-puolista hoitotoimintaa aiemmasta pelkästä sairaankuljetuksesta kohti portaittaista ensihoitojärjestelmää, jossa joka lenkki hälytysketjussa hätäilmoituksesta hälyttämiseen ja potilaan hoitamiseen kentällä, kuljetuksen aikana ja lopullisissa hoitolaitoksissa on tärkeää.

Monivammapotilaat ovat vain yksi osatekijä nykyaikaisessa ensihoitojärjestelmässä, jossa helikopterin merkitys nopeana ensihoidon viejänä ja kuljetusvälineenä on kasvanut voimakkaasti 1990-luvulla. Paineet yhä parempaan ja nykyaikaisempaan hoitoon ovat lisääntyneet, toisaalta kustannus-hyötysuhteen merkitys on korostunut jatkuvasti kohoavien sairaanhoitomenojen ja laskevien yhteiskunnan tulojen vuoksi. Monivammapotilaiden lopullinen hoito on yleensä kirurginen. Hoidon alkamisen nopeus on keskeistä pitkäaikaisennusteelle. Puhutaan ns. "kultaisesta tunnista", jonka aikana lopullisen, korjaavan hoidon tulisi alkaa.

Helikopterin hyöty haavoittuneiden evakuaatiossa havaittiin jo Korean sodan aikana. Siviilitoiminnassa helikopterit herättävät keskustelua lähinnä niiden kalliiden hankinta- ja ylläpito-kustannusten vuoksi. Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida helikopterilla kuljetettujen ja alkuhoidettujen monivammapotilaiden selviytymistä normaalielämään sekä arvioida helikopterikuljetuksen merkitystä tähän. Prospektiivisesti kartoitettiin tyyppipotilaita kahden vuoden ajalta, jotka ovat tarvinneet helikopterikuljetusta sekä sitä, millä kriteereillä hälyttäminen ja riskinarvio on tapahtunut. Hoitoon liittyvät mittaustiedot ja ajan-kohtatietojen parametrit kirjattiin SEPE-korttiin.

Vuonna 2000 lääkärijohtoisella ensihoidolla oli 1169 hälytystä, joista valtaosa oli ensihoitotehtäviä (pelastushelikopteri SEPE 95 % ja lääkäriyksikkö 99 %). Suurin osa ensihoitohälytyksistä oli A-tehtäviä, joskin B-kiireellisyysluokan hälytyksiä oli lääkäriyksiköllä enemmän kuin SEPE:llä. Tämä johtuu lääkäriyksikön käytöstä Oulun kaupungin alueella korvaavana yksikkönä, jos kaupungin palolaitoksen yksiköt ovat kaikki työtehtävissä.

Huonon lentosään vuoksi estyneet helikopterihälytykset pyrittiin korvaamaan lääkäriyksiköllä, mikäli se pitkät välimatkat huomioiden oli potilaan kannalta mielekäästä. Hälytykset painottuivat virka-ajan ulkopuolelle. Lähtöviivettä voitaisiin lyhentää sijoittamalla koko operatiivinen henkilöstö helikopterikentän viereen rakennettaviin tiloihin sekä virka-aikana sillä, ettei ensihoito-lääkäri työskentelisi OYS:n teho-osastolla, koska lääkäri ei välttämättä pääse heti irrottautumaan työtehtävistä sairaalassa ja lisäksi välimatka helikopterikentälle on kohtuullisen pitkä.

Elvytystulokset lääkärijohtoisen ensihoidon toiminta-alueella ovat huonot. Tämä johtuu sekä liian pitkästä viiveestä hätäpuhelun alusta siihen, että ensimmäinen peruselvytykseen (myös defibrillointi) kykenevä yksikkö on kohteessa, että maallikoiden huonosta peruselvytystaidosta. Tilanne ei ole parempi Oulun kaupungin alueella, koska elvytykseen lähtevät yksiköt ovat sijoittuneet joko keskustan tuntumassa olevalle paloasemalle tai Tuiran pa-

loasemalle. Kaupungin laajentuminen on nostanut viivettä hätäpuhelun alusta siihen, että ensimmäinen yksikkö on kohteessa, reilusti yli kolmeen minuuttiin (jona aikana aivot vaurioituvat hapenpuutteen seurauksena). Oulun kaupungin ulkopuolella elvytyksestä selvinneet ovat joko menneet elottomiksi terveyskeskuksessa tai sairaankuljettajien ollessa kohteessa tai paikalle on sattunut peruselvytystaidon omaava ohikulkija.

Ensihoitolääkärin ympärivuorokautinen päivystys on luonut alalle uusia toimintatapoja. Esim. sairaankuljettajat yhä enenevässä määrin pyytävät ongelmatapauksissa helikopterin tuomana ensihoitolääkärinä kohteeseen tai ambulanssia vastaan. Sairaalsiirtojen määrää voitaisiin vähentää muuttamalla vamma- ja kallonsisäisten verenvuotopotilaiden hoitokäytäntöä niin, että potilas viedään suoraan lopulliseen hoitopaikkaan eikä lähimpään keskussairaalaan, jolloin potilaan hoitopäätösin viive kasvaa selkeästi.

Resurssipulan vuoksi kerätyn aineiston yhteenvedon tekeminen on toistaiseksi keskeytyksissä. Loppuraportissa on 15 sivua.

568 Sukeltajan paineilmalaitteen vaikutus hengitysmalliin

Johtaja: Dosentti Olli Kirvelä

Tutkijat: LL Elisa Nurmi
LT Turkka Kirjavainen

Tutkimuspaikka: HYKS/Silmä-korvasairaala
TYKS/Anestesiologian ja tehohoidon osasto

Suljetun kaasukierron järjestelmän käyttö sukeltajan paine-ilmalaitteissa on lisääntymässä sotilaallisissa sovellutuksissa. Syynä on mm. sukeltajan vaikeampi havaitseminen pinnalta. Sukelluslaitteiden vaikutusta hengitykseen on tutkittu kuitenkin hyvin rajallisesti. Sukelluslaitteiden hengityskappaleet häiritsevät spirometriaan perustuvia mittausmenetelmiä ja aiheuttavat tulokintavaikeuksia.

Suljetun kierron hengityslaite vaikuttaa hengitykseen monin tavoin. Kuollut tila lisääntyy suukappaleen verran. Läpät, hiili-dioksidia absorboiva aine ja hengityspussin liike aiheuttavat hengitysvastusta. Hengityspussin sisältämän kaasun määrä vaikuttaa oleellisesti hengityspaineisiin: liian täysi pussi aiheuttaa uloshengitysvastusta ja tyhjäksi litistytvä pussi rajoittaa sisäänhengitystä. Sukelluslaitteen sijainti suhteessa vartaloon (vatsa- tai selkäpuolella) muuttaa hengitysteihin vaikuttavia paineita vedessä. Hihnoilla ja laitteen painolla on rintakehän liikkeitä rajoittavaa vaikutusta.

Tutkimme suljetun kierron sukelluslaitteen vaikutusta hengitysmalliin hengitysenduktiivista pletysmografiaa käyttäen 20 kokoneella sukeltajalla. Laitteen eri osien vaikutus tutkittiin erikseen. Tutkimuksemme osoitti hengitysmallissa lukuisia muutoksia. Oleellisin muutos mielestämme oli hengitysvastuksen lisääntyminen absorberin takia. Tämä johtaa lisääntyneeseen hengitystyöhön, ja siten sukeltajan nopeampaan väsymiseen. Muutosten vaikutusta arvioitiin laitteen eri osien kehittelyn kannalta.

Tutkimuksesta valmistunut raportti:

- Sukeltajan suljetun kierron hengityslaitteen vaikutus hengitysmalliin, (8 sivua).

575 Forensic Archaeology postgraduate -kurssi Bournemouthin yliopistossa Englannissa

Tohtaja: HuK Niklas Söderholm

Tutkimuspaikka: University of Bournemouth

This dissertation will assess the damage done to the human skull by gunshots of different types. It will particularly concentrate on how the bones of the skull are damaged by bullets and how the bones are fragmented. It will seek to explain the mechanisms behind damage to the bones of the skull.

The topic of gunshot wounds is very broad and to a large extent very well documented. Most of the literature, though, is concerned with gunshot wounds on a general level and much is directly concerned with the treatment of injuries caused by projectiles or different areas, but a major part of the published literature is concerned with damage to the soft tissue, mainly the brain, and the treatment of head injuries. The specific topic for this dissertation, gunshot wounds and damages to the bones of the skull, is not as well documented as it might seem.

The literature has revealed a surprising number of gunshot wounds of different types and variations that so far have not been properly understood, and the interpretations of how they form vary:

- External bevelling at an entrance wound
- Internal bevelling at an exit wound
- Keyhole defects

Many of these atypical gunshot wounds are quite well documented in the literature, but the reasons behind the wounds are usually quite vaguely discussed; and in some cases no explanations at all are offered.

The vast area of ballistics is also mostly well studied and documented in the forensic literature. Tests of many kinds have been performed to try to understand the wounding mechanisms, and although the wounding mechanism is generally well understood, so many factors (eg. bullet size and construction, velocity, impacted bone) are involved that it can be difficult to give a precise interpretation to every case. For the forensic anthropologist, as well as the forensic pathologist, it is of utmost importance to have at least a basic understanding of ballistics. Otherwise there are great risks of misinterpretation and errors during the process of investigation, and in such cases it is advisable to seek advice from an expert in ballistics.

There is a lot of information that can be derived from gunshot wounds in the skull. Not only the most obvious facts, such as the distinguishing of en-

trance and exit wounds, but information about direction of fire and the sequence of multiple gunshot wounds can be very important for criminal investigators, and can be very relevant for the outcome of the legal process. Therefore, it is important to continue the research in such areas and try to find explanations for the so far not completely understood phenomena. To continue the ongoing research on different bullets and their wounding effects is highly useful also because new bullet types are continuously developed.

Tutkimuksesta on valmistunut raportti

- Different types of gunshot damages in the bones of the human skull. A study of the mechanism and factors causing the damage (76+7 sivua).

636 Ketamiinin vaikutukset aivojen verenvirtaukseen, aineen-vaihduntaan ja gabaergiseen neurotransmissioon

Johtaja: Professori Harry Scheinin

Tutkimuspaikka: TYKS, PE-keskus

Ketamiini hyväksyttiin yleiseen kliiniseen käyttöön 1970-luvun alussa. Sen verenkiertoelimistöä tukeva ja kipua lievittävä vaikutus ovat erityisen toivottavia ominaisuuksia anestesialääkkeellä. Tämän vuoksi ketamiini on haittavaikutuksistaan (mm. epämielilyttävät hallusinaatiot) huolimatta edelleenkin varteenotettava vaihtoehto huonokuntoisten potilaiden anesthesiologisessa hoidossa.

Ketamiini on glutamaatti-järjestelmään kuuluvan N-metyyli-D-aspartaatti (NMDA) reseptorin salpaaja. Glutamaatti on tärkein aivosolujen toimintaa lisäävä neurotransmitteri. Viime vuosina saatujen tutkimustulosten perusteella, aivojen hapenpuutteen aiheuttama solutuho aiheutuisi osin liiallisesta glutamaatin erittymisestä aivokudoksen soluvälitilaan ja tästä johtuvasta liiallisesta soluaktivaatiosta. On teorioitu, että NMDA-reseptorien salpaajat suojaisivat aivosoluja glutamaatin aiheuttamalta tuhoisalta yliaktivaatiolta. Lukuisissa tutkimuksissa onkin osoitettu, että ketamiinilla on aivosolutuhoa estävä, neuroprotektiivinen, vaikutus. Tosin, myös päinvastaista on esitetty. Ketamiinin mahdollinen neuroprotektiivinen vaikutus on uudelleen lisännyt mielenkiintoa sen keskushermostovaikutuksia kohtaan.

Tutkimus koostui kolmesta osiosta, joihin kuhunkin rekrytointiin 10 tervettä nuorta miespuolista koehenkilöä. Koetulosten mukaan subanestettinen ketamiini lisäsi aivojen glukoosinkulutusta. Glukoosimetabolian pienene mistä ei todettu missään aivojen osassa. Aivojen verenvirtaus lisääntyi ketamiini-konsentraation kasvaessa, mutta hapenkulutus ei muuttunut tilastollisesti merkittävästi millään konsentraatitasolla. Tämän seurauksena hapen ekstraktiofraktio pieneni. Selkeimmät verenvirtauksen nousut paikantuivat alueilla, joiden uskotaan osallistuvan kivun prosessointiin. Verivolyyymi kasvoi ainoastaan frontaalaisella aivokuorella.

Glukoosinkulutuksen suureneminen ilman hapenkulutuksessa tapahtuvaa muutosta viittaa subanesteettiseen ketamiini-infuusion aiheuttamaan anae-

robiseen metaboliaan ja laktaatin muodostumiseen. Tämä johtuu mahdollisesti ketamiinin laukaisemasta välittäjäaine glutamaatin lisääntyneestä vapautumisesta. Aivojen verenvirtaus näyttäisi seuraavan selkeämmin glukosiaineenvaihdunnan muutoksia. Verenvirtauksen ja metabolian kytkeytymishäiriöitä ei kuitenkaan voida näiden tutkimusten perusteella lopullisesti poissulkea. Aivojen metabolian ja verenvirtauksen lisääntymistä on josinäsä pidettävä epäedullisina vaikutuksina anestesia-aineelle, erityisesti tilanteissa, joissa aivojen homeostaasi on järkkynyt.

Lisätietoja tarvitaan erityisesti ketamiinin anesteettisten pitoisuuksien vaikutuksista em. suureisiin. Lisäksi ketamiinin vaikutukset aivojen erilaisissa patologisissa tiloissa ovat pääosin selvittämättä. Tutkimuksemme ja muun olemassa olevan tiedon perusteella aivovammapotilaan hoito ketamiinilla ilman asianmukaista aivopaineenmittausseurainta ei ole suositeltavaa. Muiden vammojen yhteydessä (esim. sokkipotilaat) ketamiinin edut näyttäisivät olevan sen haittoja suuremmat.

Raportin (5 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

644 Bioasemikrobeilla saastuneen pinnan puhdistamiseen soveltuva puhdistusemulsio

Johtaja: FT Tarmo Humppi

Tutkijat: Fil yo Lauri Polari
FM Tuuli Haataja

Tutkimuspaikka: Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos. Räjähde- ja suojelutekniikkaosasto

Tutkimuksessa selvitettiin Suomen oman dekontaminaatioemulsio E-2000:n mikrobeja tappavaa tehokkuutta käyttäen mallimikrobeina vegetatiivisia bakteerisoluja sekä bakteeri-itiöitä. Testimenetelminä sovellettiin eurooppalaisia standardeja ja Euroopan Standardikomitean (CEN) standardiluonnoksia jotka ovat tarkoitettuja desinfektioaineiden mikrobeja tappavan vaikutuksen määrittämiseen. Dekontaminaatioaineiden tutkimiseen valittiin alustavan mikrobeja tappavan aktiivisuuden osoittamiseen soveltuva suspensiotesti sekä varsinaista käyttöä mallintamaan pintatesti, jossa dekontaminaatioaine lisättiin metallipinnalle, johon mikrobisuspensiota oli kuivattu. Emulsion lisäksi vertailuun otettiin tunnettuja dekontaminaatioaineita, joiden testaamisessa voi soveltaa samoja menetelmiä E-2000:n kanssa. Näin voitiin arvioida E-2000 emulsion bakteereja tappavaa vaikutusta vertailuaineiden rinnalla. E-2000:n vaikutus-mekanismia tutkittiin tarkemmin vaihtelemalla käytettävän emulsion koostumusta. Tällä hetkellä tutkimuksella haluttiin mahdollista emulsion jatkokehitystä varten selvittää mihin emulsion mikrobeja tappava vaikutus perustuu siinä olevan hypokloriitin lisäksi.

Emulsio E-2000 osoittautui tehokkaaksi tutkimuksessa käytettyjä mikrobeja vastaan. Kasvullisilla bakteerisolulla tehdyissä suspensiotesteissä E-2000 vähensi elinkelpoisten solujen määrää suspensioissa 10^5 -kertaisesti 1 mi-

nuutin vaikutusajan kuluttua. Pintatesteissä kasvullisten bakteerisolujen vähentämiseen 10^5 -kertaisesti vaadittiin 30 minuutin vaikutusaika. Elin-kelpoisten bakteri-itiöiden määrän vähentämiseen 10^4 -kertaisesti vaadittiin sekä suspensio- että pintatesteissä 60 minuutin vaikutus-aika. Emulsion vaikutusmekanismia tutkittaessa havaittiin emulsion mikrobeja tappavan vaikutuksen perustuvan suurelta osin emulsion korkeaan suolapitoisuuteen ja liuotinvaiikutukseen. Testeissä käytetyistä vertailuaineista havaittiin vesi-pohjaisten aineiden (esim. pelkkä hypokloriittiliuos) olevan tehokkaampia pintatesteissä kuin liuotinpohjaisten aineiden (esim. E-2000).

Tutkimuksesta on valmistunut raportti:

- Biologisten taisteluaineiden dekontaminaatiomenetelmiä.
E-2000 -puhdistusemulsion bakteereja ja itiöitä tappava tehokkuus (39 sivua).

650 Kriisiajan isorokkorokotteen laatu

Johtaja: Professori Pauli Leinikki

Tutkijat: FT Irja Davidkin

Tutkimuspaikka: Kansanterveyslaitos

Suomalainen isorokkorokote on valmistettu ja kylmäkuivatettu Kansanterveyslaitoksessa 1970-luvulla. Rokotteet, kaikkiaan 48 erää, koottiin varmuusvarastoksi vuonna 1980. Rokote on varastoituna 2-8°C lämpötilassa. Vuoden 2001 loppupuolella rokotevarasto tarkastettiin visuaalisesti ja tyhjiön menettäneet ampullit poistettiin. Varmuusvaraston isorokkorokote-erien teho tutkittiin vuoden 2003 aikana.

Perinteiselle CAM (Chorio-Allantoic Membrane) -menetelmällä tutkittiin 12 suomalaista rokote-erää. Kaikkien tällä menetelmällä tutkittujen erien teho oli pysynyt keskimäärin samalla tasolla kuin rokotteen valmistuksen yhteydessä mitattu teho. Lisäksi kaikkien isorokkorokote-eriemme teho määriteltiin soluviljelymenetelmällä WHO:n yhteistyöprojektista saamamme kokemuksen perusteella. Projektin osana olleesta omasta rokotteestamme soluviljelymenetelmällä (plaque assay) tehdyissä tutkimuksissa saatu tulos, n. $10^{8.5}$ pfu/ml (pfu/ml = plaque forming units/ml), vastaa CAM testillä saatua 10^8 PFU (pock forming units)/ml-tulosta. Kaikista isorokkorokote-eristämme (48 erää) soluviljelymenetelmällä tehdyissä tutkimuksissa saatiin virusmäärän keskiarvoksi $10^{8.70}$ pfu/ml, joka siis em. vertailun perusteella arvoimme vastaavan CAM-tiitteriä $> 10^8$ PFU/ml.

Tulokset osoittavat, että isorokkorokotteemme teho on säilynyt hyvin ja että rokotteen sisältävät edelleen vaadittavan määrän elävää vaccinia-virusta.

Kansanterveyslaitoksen virusrokotelaboratorio osallistui kansainväliseen yhteistyöprojektiin *WHO Collaborative study to assess the relative sensitivity of different assay techniques for potency determination of smallpox vaccines and to assess the suitability of candidate(s) for a new International*

Standard for smallpox vaccine, jonka osana testattiin yksi erä suomalaista isorokkorokotetta.

Eri tehomääritysmenetelmät eivät olennaisesti poikenneet herkkyydeltään, mutta useiden rokotteiden kohdalla (5/7, suomalainen rokote mukaan luki-en) uusi menetelmä antoi korkeamman tuloksen tehomäärityksessä kuin vanha menetelmä. Oman rokotteemme teho kansainväliseen standardiin verrattuna oli hyväksyttävällä tasolla.

Toisena tavoitteena oli löytää uusi kansainvälinen standardi käytettäväksi rokotteiden tehonmäärityksessä. Tämän tutkimuksen tulokset yhdistetään menossa oleviin säilyvyystutkimuksiin ja näiden perusteella valinta kahden ehdokkaan välillä tehdään vuoden 2004 aikana.

Osallistumalla tähän projektiin saimme kokemusta sekä mahdollisten uusien rokotteiden tehon määrittämiseen rokotus-valmiuden ylläpitämiseksi että oman rokotehuoltomme edelleen kehittämiseen kriisiaikojen tarpeita silmällä pitäen. Loimme myös valmiuksia osallistua kansainväliseen yhteistyöhön rokottaen valmistukseen ja laatuun liittyvissä kysymyksissä.

Tutkimuksesta on valmistunut WHO:n tutkimuksen raportti (37 sivua).

2.5 Hallinto- ja taloustieteet

618 Astmapotilaan varusmiespalveluksen kustannus-hyötyanalyysi ja kustannus-vaikuttavuusanalyysi

Johtaja: LKT, lääkevl Heikki Kiukaanniemi

Tutkijat: Opisk Pirita Uutela
Erikoislääkäri Jari Latvala

Tutkimuspaikka: Kainuun Prikaati, Varuskuntasairaala
Oulun yliopisto
Oulun Alueyöterveyslaitos

Noin 20-vuotiaista suomalaisista allergisia on 20-25 %. Allergian ilmenemismuodot tulevat yleensä näkyvästi esiin varusmiespalveluksessa, jonka käy läpi vajaa puolet vuosittaisesta ikäluokasta. Puolustusvoimien kannalta merkittävin ja eniten tutkimusvoimavaroja kuluttava allergiatyhmään kuuluva sairaus on astma. Varusmiespalveluksen erityisolosuhteet, kuten esim. kylmä ja rasitus, lisäävät yleensä oireita astmaatikoilla sekä yleistä sairastuvuutta astmaan. Jokaisen uuden palveluskauden alussa astmaatikoille on määritettävä mahdollisuus suorittaa asevelvollisuus, suunniteltava yksilöllinen tutkimus- ja hoito-ohjelma, seurattava astmaatikon selviytymistä sekä tarvittaessa puututtava hoitoon. Palveluksen lyhentynyt kesto asettaa kuitenkin omat rajoituksensa sille, kuinka paljon sairaanhoidon resursseja kannattaa käyttää astmaatikon palveluksen läpiviemiseksi. Pitkittyneet tutkimus- ja hoitajaksot ovat myös poissa varusmiespalveluksen koulutusajasta.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää astman kustannuksia varusmiespalveluksessa. Palveluksen alussa varusmiehet jaettiin oireettomien ja astmaoireisten ryhmiin. Tutkimuksessa mitattiin ryhmittäin sairaanhoitopalvelujen käyttöä, astmalääkkeiden käyttöä sekä vapautuksia ja poissaoloja palveluksesta. Lisäksi varusmiesten elämänlaatua tutkittiin palveluksen alku- ja loppuvaiheessa tehdyillä kyselyillä.

Astmaatikkojen palvelusaikana terveydentilassaan kokemat muutokset olivat suunnilleen samansuuruisia kuin oireettomilla. Kaikki muutokset olivat positiivisia. Oireettomiin verrattuna astmaoireisten palveluksesta aiheutui Puolustusvoimille jonkin verran enemmän kustannuksia. Suuremmat kustannukset aiheutuivat lääkekustannuksista sekä suuremmasta sairaanhoitopalvelujen käytöstä. Lisäksi astmaoireisilla oli osittaisia poissaoloja palveluksesta enemmän kuin oireettomilla. Tässä tutkimuksessa palveluksen aikana tapahtunutta terveydentilan parantumista ei arvioitu rahamääräiseksi. Mahdollista kuitenkin on, että saavutettu hyöty oli niin suuri, että kokonaisyödyn kannalta se kompensoisi astmasta aiheutuneet kustannukset.

Tutkimuksesta on valmistunut raportti:

- Taloudellinen arviointi astman kustannuksista puolustusvoimille (82 sivua).

633 Varuskuntien taloudelliset vaikutukset

Johtaja: Professori Paavo Okko

Tutkijat: KTM Elias Oikarinen

Tutkimuspaikka: Turun kauppakorkeakoulu

Tukitoimintojen ulkoistaminen on ajankohtainen aihe yritysten lisäksi myös julkisella sektorilla. Suomen puolustushallinnossakin on ryhdytty selvittämään tukitoimintojen ulkoistamisen mahdollisuuksia ja kannattavuutta.

Tässä tutkimuksessa arvioidaan varuskuntien toimintojen ulkoistamiseen liittyviä seikkoja talusteorian valossa. Tarkastelu tapahtuu lähinnä liiketoimikustannusteorian näkökulmasta. Muita esiin tuotavia teorioita ovat kyvykkyysteoria ja omistusoikeudellinen näkökulma.

Talusteorian pohjalta useimmat varuskuntien tukitoiminnot on mahdollista ulkoistaa. Puolustushallinnon erityispiirteiden seurauksena tukitoimintojen ulkoistamisesta päätettäessä on kuitenkin huomioitava seikkoja, jotka aiheuttavat ylimääräisiä liike-toimikustannuksia ja rajoittavat ulkoistamisen mahdollisuuksia verrattuna yksityisiin yrityksiin. Teorian pohjalta ei monessa tilanteessa pystytä suoralta kädeltä sanomaan, mikä olisi edullisin tapa järjestää tietty varuskunnan tukitoiminto. Ulkoistamista käsittelevä talusteoria on kuitenkin tarpeen tuntea tietyn toiminnon ulkoistamisesta tai sisäyttämistä päätettäessä. Teoria antaa pohjan ulkoistamiseen liittyvien hyötyjen ja mahdollisuuksien sekä haittojen ja uhkien syvälliselle ymmärtämiselle ja analyyttiselle arvioimiselle. Lopulliseen kannattavuusarviointiin tarvitaan myös empiiristä tutkimusta.

Liiketoimikustannusteorian mukaan ihmisten opportunistinen käyttäytyminen ja rajoittunut rationaalisuus synnyttävät liiketoimikustannuksia, kun tuotantopanos hankitaan organisaation ulkopuolelta. Näiden, sopivan yhteistyökumppanin etsimisestä sekä sopimuksen laatimisesta ja yhteistyön toimivuuden ylläpidosta syntyvien kustannusten korkeuteen ja siten panostuotannon ulkoistamisen kannattavuuteen verrattuna sisäyttämiseen vaikuttavat erityisesti liiketoimien vaatimien resurssien erikoistuneisuuden aste sekä liiketoimien tiheys ja niihin liittyvä epävarmuuden aste. Liiketoimikustannusteorian mukaan itse tekemisen ja ulkoistamisen välinen valinta on sellainen kustannuskysymys, jossa arvioidaan edullisuus niin laajasti, että myös liiketoimikustannukset on otettu huomioon.

Markkinamekanismin hyväksikäyttöön liittyy kuitenkin myös useita etuja. Keskeiset markkinoilta ostamisen hyödyt suhteessa panostuotannon sisäiseen järjestämiseen ovat ne tosiasiat, että markkinat luovat voimakkaammat kannustimet kustannus- tehokkuuteen, ehkäisevät paremmin byrokratiasta aiheutuvia haittoja sekä pystyvät yleensä hyödyntämään paremmin mittakaavaetuja ja laaja-alaisuuden etuja. Markkinamekanismin kautta kyetään myös siirtämään tuotantoon liittyviä riskejä markkinoille. Innovatiivisuuden osalta puolestaan sekä sisäisellä tuotannolla että ulkoistamisella on omat etunsa. Markkinoiden etujen seurauksena tuotannon sisäyttäminen on yleensä kannattavaa vain niiden tuotantopanosten osalta, joiden kohdalla markkinoilta hankkimiseen liittyy erityisen suuria riskejä ja siten huomattavan suuria liiketoimikustannuksia. Keskeisin ulkoistamisen riskejä kasvattava tekijä on resurssien korkea erikoistuneisuuden aste.

Tutkimuksesta on valmistunut raportti:

- Varuskuntien toimintojen ulkoistaminen kustannusteorian valossa (117+1 sivua).

639 Tutkimus puolustusvoimien ulkoistamistoimintojen arviointi- ja seurantajärjestelmien optimaalisesta kehittämisestä

Johtaja: KTM Harri Talonen

Tutkijat: YTT, FM Lea Ahoniemi
Tkt Harri Kulmala
DI Olli Nuoranto

Tutkimuspaikka: Tampereen yliopisto, Liiketaloudellinen tutkimuskeskus

Selvitystyön tavoitteena on arvioida ja kehittää liikkeenjohdollisten menetelmien soveltamista puolustushallinnon erityistarpeisiin liittyen eri toimintojen ja toimintokokonaisuuksien ulkoistamisen toteutukseen.

Osatavoitteiksi määriteltiin yhdessä puolustusministeriön kanssa kumppanuusohjelmassa toteutettavien pilottihankkeiden evaluointi sekä osallistuminen potentiaalisten ulkoistamistoimintojen lähtökohtatilanteen analysointiin ja projektien seurantajärjestelmien kehittämistyöhön. Käytännös-

sä tutkimus kohdentui kunnossapitotoiminnan KULPI 2005-projektiin osallistuvien varuskuntakorjaamojen toiminnanohjauksen kehittämistarpeisiin ja nykytilan kustannusrakenteen analysointiin.

Kumppanuusyhteistyön edellytyksenä on tieto oman toiminnan todellisesta kustannustasosta. Selvitystyössä ilmeni korjaamotoimintojen tuotteistamisen ja sisäisen asiakkuuden kehittämistarve. Tietojärjestelmiä ei käytetä toiminnan tehokkuuden tai tuottavuuden seurantaan. Toimitilojen ja henkilöresurssien osalta tutkittujen toimipaikkojen kustannusrakennetta rasittavat ylikapasiteetin aiheuttamat kustannukset. Korjaustoimintojen keskittäminen toisi tuotantokustannuksia alentavaa volyyymiä. Varuskuntakorjaamojen toimitilojen hyödyntämistä tulisi pohtia kumppanuusyhteistyötä kehitettäessä.

Tutkimuksesta on valmistunut raportti:

- Kajaanin, Sodankylän ja Rovaniemen varuskuntakorjaamojen sekä Tervolan varikon nykytilan ja kehittämismahdollisuuksien liiketaloudellinen tarkastelu (1+13 sivua, viranomaiskäyttö).

655 Verkostoitumisen riskit ja puolustusvoimien hankinnat

Johtaja: Professori Erkki Uusi-Rauva

Tutkijat: DI Mika Ojala
TkT Jukka Hallikas

Tutkimuspaikka: Tampereen teknillinen yliopisto,
teollisuustalouden laitos
Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Tutkimuksen taustalla on puolustusvoimien kumppanuusohjelma. Verkostoitumisesta, kumppanuudesta ja toimintojen ulkoistamisesta on olemassa tutkimuksin tuotettua tietoa. Tutkimuksen tarkoituksena oli tässä yhteydessä selvittää puolustusvoimien verkostoitumiseen liittyviä riskejä, niiden erityispiirteitä kohdeympäristössä ja riskienhallintaa verkostoitumista käytännössä toteutettaessa.

Puolustusvoimien toiminnassa on kartoitettu mahdollisuuksia entistä laajempaan verkostoitumiseen. Ajatuksena on keskittyä omiin ydintoimintoihin ja ulkoistaa aiempaa enemmän erilaisia tukitoimintoja sellaisille kumppaneille, joille näistä muodostuu ydintoimintoja. Tavoitteena on näin tehostaa toimintaa teettämällä työt niillä, jotka sen parhaiten osaavat tehdä.

Verkostoituminen ja kumppanuuksien luominen puolustusvoimien toimintaympäristössä asettaa tiettyjä erityisvaatimuksia toiminnalle. Puolustusvoimien on kyettävä suoriutumaan tehtävistään myös kriisin olosuhteissa. Yksinomaan taloudelliset perusteet eivät ole riittäviä syitä toimintamallin muutokseen. Puolustusvoimien rooli on ja tehtävä kansallisen turvallisuuden ja maan puolustuksen kannalta on ensisijainen seikka ja tämän tehtävän toteuttamista ei voida uusilla toimintatavoilla heikentää.

Tutkimus tukeutuu aiempaan tietämykseen verkostoitumisesta ja sen riskeistä yritysmaailmassa. Puolustusvoimien erityispiirteet korostuvat selviytyksessä. Tämä on tapahtunut sitä kautta, että tutkijat ovat syventäneet ymmärrystään tutkimuskohteesta haastatteleamalla lukuisia asiantuntijoita ja toimijoita puolustushallinnon ja kumppanuusohjelman piiristä. Tutkimuksessa esitetään päätöksenteon systemaattiseen valmisteluun perustuva lähestymistapa verkostoitumisen riskien tunnistamiseksi, jotta niitä voidaan hallita.

Raportin (4+83 sivua) nimi on sama kuin hankkeen nimi.

2.6 Valtiotieteet (turvallisuuspolitiikka)

642 **Motivations of the International Community underlying Humanitarian Intervention**

Johtaja: Professori Kalevi Ruhala

Tutkija: LicScPol Marc-André Rytter

Tutkimuspaikka: Maanpuolustuskorkeakoulu. Strategian laitos

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää humanitaarisen väliintulon poliittista ja moraalista kontekstia keskittymällä kansainvälisen yhteisön vaikuttimiin toimia tai jättää toimimatta vakavissa ihmisoikeusloukkauksissa. Tutkimuksen lähestymistapa on kvalitatiivinen, ja se perustuu asiakirja- ja kirjallisuuslähteisiin sekä viranomaishaastatteluihin.

Tutkimus selvittää väliintulon käsitettä, teoreettisia perusteita ja oikeutusta sekä tarkastelee kylmän sodan aikaisia ja jälkeisiä väliintulon tapauksia. Näistä merkittävimmät ovat Pohjois-Irak 1991, Bosnia 1992, Somalia 1992, Ruanda 1994 ja Kosovo 1999. Tutkimus kiinnittää erityistä huomiota kiistanalaiseen kysymykseen sotilaallisen voiman käytöstä väliintulon tapauksissa. Tutkitut tapaukset osoittavat, että sekä moraaliset periaatteet että kansalliset etunäkökohdat vaikuttavat väliintulopäätöksen tekemiseen ja sen toteutukseen.

Kansainvälinen yhteisö on toistaiseksi kykenemätön luomaan sääntöjä ja sopimaan humanitaarisen väliintulon yleisistä edellytyksistä. Sen sijaan kansainvälinen yhteisö toimii tapaus-kohtaisesti. Suomen kannalta on tärkeätä, että sotilaallisen väliintulon laajamittaisten ihmisoikeusloukkausten lopettamiseksi tulee perustua YK:n turvallisuusneuvoston päätökseen. Vuoden 2001 valtioneuvoston selonteon mukaan on myös keskeistä, että rikoksiin ihmisyyttä vastaan, sotarikoksiin ja törkeisiin ihmisoikeusloukkauksiin syyllistyneet saatetaan vastuuseen teostaan.

Humanitaarista väliintuloa vaatineet kansainväliset kriisit ovat viime vuosina yleistyneet. Ongelman ratkaisemiseksi tarvitaan keskustelua, myös ottamen huomioon EU:n suunnitteilla olevan osallistumisen maailmanlaajuisiin kriisinhallintaoperaatioihin. Poliittisella valmiudella ja tuella olisi väistämättä myös sotilaallisia seuraamuksia. Mikäli eduskunta tulevaisuudessa

valtuuttaisi Suomen osallistumisen pakkokeinoin tapahtuvaan humanitaariseen väliintuloon, Suomen olisi hyväksyttävä joukkojen turvallisuuteen liittyvät riskit. Humanitaariseen väliintuloon osallistumisen vaatimukset olisi sen vuoksi tarpeen ottaa huomioon puolustusvoimien suunnittelussa ja valmistautumisessa rauhanturvaamisen uusiin haasteisiin.

Tutkimuksesta on valmistunut raportti:

- Motives for humanitarian interventions and the international community (66+2 sivua).

VUODEN 2003 ERILLIS- JA LOPPURAPORTIT

Tähdellä (*) on merkitty vuoden 2004 alussa saapuneet raportit.

Sähkötekniikka ja elektroniikka

- 554 Janne Lehtomäki: Aalokepohjainen tiedonsiirto synkronisessa CDMA- ja CDM-järjestelmässä. Tutkimusraportti, 71+2 s.
- 554 Janne Lehtomäki; Johanna Vartiainen: On Wavelet Based Signature Sequences in Communications. Erillisraportti, 4 s.
- 592 Harri Kopola; Pentti Karioja: Kuituoptinen hydrofoni (HYDRO2&3) (Vuosien 2002-3 loppuraportti). Loppuraportti, 2+1 s.
- 592* Pentti Karioja: Kuituoptinen hydrofoni. Loppuraportti, 8 s.
- 592* Pavel Wierzba; Pentti Karioja: Multidisciplinary fiber optic sensor (guided by HYDRO project). Final Report. Tutkimusraportti, 55 s.
- 592* Pavel Wierzba; Pentti Karioja: Fibre Bragg Grating pressure transducer using a profiled membrane. Erillisraportti, 6 s.
- 592* Pavel Wierzba; Pentti Karioja: Coupled-field modelling of interferometric hydrophone with self-supported mandrel. Erillisraportti, 6 s.
- 592* Panu Maijala: Kuituoptisen hydrofonin mittaukset. Työraportti. Erillisraportti, 19 s. (luottamuksellinen).
- 593* Tapani Ristaniemi: Häirinnän vaikutuksesta hajaspektrijärjestelmän synkronoitumiseen. Sokea signaalien separointi hajaspektrijärjestelmän hajaspektrijärjestelmän antennijonovastaanottimissa. Loppuraportti, 4+3 s.
- 605 Harri Saarnisaari; Pentti Leppänen: Häirinnän ja tiedustelun teknologioiden, menetelmien ja komponenttien kehittyminen ja vaikutukset sotilastietoliikenteeseen 2001-2015. Loppuraportti 2001 - 2003. Loppuraportti, 4 s.
- 605 Harri Saarnisaari; Visa Tapio: Tietoliikenteen sotilasradiojärjestelmät, niiden elektroninen tiedustelu ja vaikuttaminen 2015. Tutkimusraportti, 97 s.
- 638 Arto Hujanen: Materiaalien sähköisten ominaisuuksien mallintaminen impedanssipinnan avulla. Loppuraportti, 4 s.
- 638 Arto Hujanen; Johan Sten; Mikko Kaunisto: Materiaalien sähköisten ominaisuuksien mallintaminen impedanssipinnan avulla. Tutkimusraportti, 28 s.

- 640 Jorma Jormakka; Ville Jussila: MATINE-tiivistelmä: Tietoverkkojen havaitseminen. Loppuraportti, 14 s.
- 640 Jorma Jormakka; Ville Jussila: MATINE-raportti: Tietoverkkojen havaitseminen. Erillisraportti, 8 s.
- 640 Ville Jussila: Part 1: Intrusion Detection Systems - Principles, Architecture and Measurements. Tutkimusraportti, 11+134 s.
- 640 Jorma Jormakka: Operational Analytic Modeling of Hacker Warfare. Erillisraportti, 12+8 s.
- 640 Jorma Jormakka: Hacking Warfare as a Game. Erillisraportti, 16 s.
- 640 Jorma Jormakka: Combinational Decision Theory with applications in Hacker Warfare Modeling. Erillisraportti, 46 s.
- 640 Jorma Jormakka: Combinational Decision Theory with applications in Hacker Warfare Modeling (Preprints). Erillisraportti, 85 s.
- 648* Olli P Rauhala; Lauri Hokkanen: Hajautetun tunkeutumisen ja palveluneston torjunta. Tutkimusraportti, 107 s.
- 648* Juha J Kari: DDoS-testiympäristön rakentaminen ja kehittäminen. Erillisraportti, 10 s.
- 656 Anssi Mäkynen; Sampo Backman: Fotonilaskentaan perustuva kenttäkelpoinen CMOS-kamera. Tutkimusraportti, 44 s.

Muut tekniset tieteet

- 532 Harri Soininen; Antti Rantanen: Työkalut broaching-vaaran vähentämiseksi - yhteenvetoraportti. Loppuraportti, 7 s.
- 532 Harri Soininen; Antti Rantanen: Tools for reducing broaching risk - Summary report Työkalut broaching-vaaran vähentämiseksi - yhteenvetoraportti. Tutkimusraportti, 46 s.
- 532 Harri Soininen; Antti Rantanen: Tools for reducing broaching risk - Appendices of Summary Report. Tutkimusraportti, 111 s.
- 557 Pertti Sarkomaa; Jussi Saari; Risto Partamies; Petri Kuisma: Rakenteelliset ratkaisut infrapunaherätteiden minimoimiseksi. Tutkimusraportti, 101 s.
- 565 Jari Rämö; Tuomo Tiainen: Pitkän kantaman kranaattikuoren sirpaloitumisen tehostuminen laser käsittelyn avulla. Tutkimusraportti, 30 s.
- 567 T Kololuoma: Preparation of multifunctional coating materials and their applications. Erillisraportti, 62+28 s.

- 586 Kallioväestönsuojien mitoitustarkastelu. Tutkimusraportti, 41 s.
- 600 Hannu Martikainen; Jari Larkiola: Luotisuojarakenteiden kestävyys-tarkastelu simuloimalla. Tutkimusraportti, 28 s.
- 601 Seppo Kivimaa; Antti Rantanen: T2000 Ilmatyynyaluksen liikkeiden, kuormitusten ja rakenteiden rasiusten monitorointijärjestelmän kartoi-tus. Loppuraportti, 4 s.
- 601 Antti Rantanen: T2000 Ilmatyynyaluksen liikkeiden, kuormitusten ja rakenteiden rasiusten monitorointijärjestelmä. Tutkimusraportti, 18+3 s.
- 601 Antti Rantanen: T2000 Ilmatyynyaluksen merikelpoisuuskokeet 15.10.2002. Tutkimusraportti, 41+3 s.
- 602 Pertti Broas: Ilmatyynyaluksen dynaaminen mallinnus. Loppuraportti, 3 s.
- 602 Ilmatyynyaluksen dynaaminen mallinnus. Tutkimusraportti, 14 s.
- 604 Arto Laine: RECO - Komposiittirakenteiden kunnonvalvonta kustan-nustehokkaalla ja kenttäkelpoisella menetelmällä. Tarkastelu lämpöku-vauksessa käytettävistä laitteistoista. Tutkimusraportti, 10+1 s. (viran-omaiskäyttö).
- 604 Eetta Saarimäki: Komposiittirakenteiden kunnonvalvonta kustannuste-hokkaalla ja kenttäkelpoisella menetelmällä. Loppuraportti, 11 s. (vi-ranomaiskäyttö).
- 604 Eetta Saarimäki: Komposiittirakenteiden kunnonvalvonta kustannuste-hokkaalla ja kenttäkelpoisella menetelmällä - Projektiraportti (v. 2002). Tutkimusraportti, 26 s. (viranomaiskäyttö).
- 604 Eetta Saarimäki: Komposiittirakenteiden kunnonvalvonta kustannuste-hokkaalla ja kenttäkelpoisella menetelmällä (2002). Matkakertomus - ThermoSense XXIV. Tutkimusraportti, 20 s. (viranomaiskäyttö).
- 616 Veli-Tapani Kuokkala; Jari Rämö: Korkeiden asepainneiden mittaus-menetelmän tarkkuuden parantaminen. Loppuraportti, 4+1 s.
- 616 Veli-Tapani Kuokkala; Jari Rämö; Aulis Järvinieniemi: Korkeiden asepai-nneiden mittausmenetelmän tarkkuuden parantaminen. Tutkimusraportti, 29 s.
- 620* Teemu Yli-Kovero; Per-Erik Hagmark: Ennakkohuollon vaikutus vi-kaantumisen todennäköisyyteen tuotteen elinjakson aikana. Ca-se-tutkimus ATSCV-venttiilin vikaantuminen ja varalaitekannan mitoi-tus. Tutkimusraportti, 16+32 s.
- 622 Mari Hellstén; Harriet Meinander; Hannu Anttonen: Älykkyyttä soti-laan kylmäsuojavaatetukseen. Tutkimusraportti, 45+8 s.

- 622 Mari Hellstén; Harriet Meinander; Hannu Anttonen: Älykkyyttä sotilaan kylmäsuojavaatetukseen. Tutkimusraportti, 56 s.
- 627 Sebastian Segercrantz: Lujitemuovi-, kerroslevy- ja alumiinirakenteiden lujuus-, jäykkyys- ja paino-ominaisuuksien vertailu. Tutkimusraportti, 51+24 s.
- 627 Gunnar Holm: Komposiittirakenteisen ilmatyynyaluksen mitoituskriteerien perusteet. Loppuraportti, 3 s.
- 634 Hannu Kääriäinen; Kari Kolari; Tuomo Kärnä; Jouko Rantamäki; Kauko Tulla: Yliäänipamauksen vaikutus rakenteisiin. Tutkimusraportti, 44 s.
- 653* Pekka Koskinen; Markku Juntunen: Miinantorjunta-aluksen shokinkesävyys. Loppuraportti, 3 s.
- 653* Juha Virtanen; Markku Juntunen: Vedenalaisen räjähdysvaikutuksen laskenta Abaqus FEM-ohjelmistolla. Tutkimusraportti, 36+31 s. (viranomaiskäyttö).

Luonnontieteet, matematiikka ja tietojenkäsittely

- 606 Kari Kurvinen; Petri Smolander; Roy Pöllänen; Jari Lyytinen; Markku Kettunen: Säteilytiedustelu miehittämättömästä Ranger ilma-aluksesta. Tutkimusraportti, 55+29 s.
- 606* Satu Kuukankorpi: Ranger ilma-alukseen sijoitettavan säteilytiedusteluyksikön lämpötilastabilointi. Tutkimusraportti, 25 s.
- 606* Kari Kurvinen: ECCOMAGS project. Workgroup 10 report: Other platforms. Tutkimusraportti, 14+9 s.
- 606* Petri Smolander; Roy Pöllänen; Kari Kurvinen: Summary report on development in UAV platform. Erillisraportti, 6 s.
- 606* Satu Kuukankorpi; Petri Smolander: Säteilytiedusteluyksikön keskeisimmät toiminnalliset testit syksyllä 2003. Tutkimusraportti, 12+9 s.
- 615 Juha Pikkarainen: Hyperspektrisen kaukokartoitusdatan analysointialgoritmeja. Loppuraportti, 1+2 s.
- 615 Juha Pikkarainen: Hyperspektrisen kaukokartoitusdatan analysointialgoritmejä. Tutkimusraportti, 89 s.
- 623 Jukka Sarvas: Normaalimoodien käyttö vedenalaisessa akustiikassa. Loppuraportti, 3 s.
- 623 Simopekka Vänskä; Jukka Sarvas: Normaalimoodien käyttö vedenalaisessa akustiikassa. Tutkimusraportti, 37 s.

- 624 Arto Nokelainen; Matti Paasivaara: Kenttähuollon materiaalityöimintöjen optimointi - Toimintöjen simulointimalli. Tutkimusraportti, 17 s.
- 625 Kirsi Virrantaus: Map overlay -tyyppisen maastoanalyysin tuloksen luotettavuus. Loppuraportti, 8 s.
- 625 Pekka Ahlajärvi: Maastoanalyysin tulosten luotettavuus. Erillisraportti, 48+2 s.
- 625 Kirsi Virrantaus: Analysis of the uncertainties of the source data sets for military terrain analysis revealed a need for definition of inexact geographical objects. Erillisraportti, 2 s.
- 625 Kirsi Virrantaus; Eevaliisa Laine: Paikkatietöjen epävarmuustarkastelu - esimerkkinä sotilaallisen maastoanalyysin lähtökohdat. Erillisraportti, 23 s.
- 625 Kirsi Virrantaus: Analysis of the uncertainty and imprecision of the source data sets for a military terrain analysis application. Erillisraportti, 10 s.
- 635 Miranda Saarentaus; Juha Hyyppä: Muutosseuranta ja karttojen ajantasaistaminen satelliittitutkakuvilta. Loppuraportti, 9 s.
- 635 Miranda Saarentaus; Juha Hyyppä: Muutosseuranta ja karttojen ajantasaistaminen satelliittitutkakuvilta. Tutkimusraportti, 52 s.
- 646 Jaakko Astola; Antti Eronen; Sami Kuja-Halkola; Juuso Penttilä: Automaattinen alusten tunnistaminen niiden synnyttämän ääni- ja värinäinformaation perustella. Tutkimusraportti, 5+69+2 s.
- 654* Kirsi Virrantaus: Maastoanalyysin kehittäminen soveltaen päätösanalyysiä, asiantuntijatietämystä ja epävarman tiedon mallinnusta. Tutkimusraportti, 3+10 s.
- 654* Pekka Horttanainen: Maastoanalyysin lähtöaineistöjen epävarmuustarkastelu. Erillisraportti, 58 s.
- 654* Kirsi Virrantaus; Eevaliisa Laine: Paikkatietöjen epävarmuus –esimerkkinä sotilaallisen maastoanalyysin lähtöaineistot. Erillisraportti, 15 s.
- 654* Kirsi Virrantaus; Pekka Horttanainen: Developing knowledge-based uncertainty model for spatial information. Erillisraportti, 12 s.
- 654* Pekka Horttanainen; Kirsi Virrantaus: Evaluation of the reliability of terrain analysis by simulation and visualisation. Erillisraportti, 2 s.
- 654* Rami Immonen: Erityyppiset lähestymistapamahdollisuudet sotilaalliseen maastoanalyysiin. Erillisraportti, 10 s.

- 654* Eevaliisa Laine: Routa-mittausten geostaattinen analyysi. Erillisaraportti, 6 s.
- 654* Pekka Horttanainen: Sumea laskentamalli maaston kulkukelpoisuusanalyysille. Erillisaraportti, 7+4 s.

Lääketiede ja biologia

- 436* Kari Kuttila; Tapani Havia; Antti Hakkiluoto: Penetrating thoracic and abdominal wounds treated at the Turku University Central Hospital and the Satakunta Central Hospital in the years 1977 to 1996. Tutkimusraportti, 4 s.
- 441* Heikki Nieminen; Hannu Kuokkanen; Erkki Tukiainen: Free Flap Reconstructions of 100 Tibial Fractures. Tutkimusraportti, 8 s.
- 523 Sari Salminen; Harri Pihlajamäki; Tuomo Visuri; Ole M Böstman: Displaced Fatigue Fractures of the Femoral Shaft. Erillisaraportti, 10 s.
- 534 Jari Latvala; Veikko Kujala; Tuomo Pienimäki; Jouko Remes: Rasi-tusastma. Tutkimusraportti, 33+54 s.
- 535 Jari Latvala; Veikko Kujala; Tuomo Pienimäki; Jouko Remes: Seulontamenetelmä kylmäherkkien varusmiesten tunnistamiseksi. Tutkimusraportti, 30+11 s.
- 546 Janne Reitala: Hypertoninen suolaliuos vaikeasti vammautuneen ensihoidossa. Loppuraportti, 3+19 s.
- 547 Kaija Linnainmaa; Leena Kujanpää; Matti Hemmilä; Maija Hihkiö; Anna-Liisa Pasanen; Mari Turunen; Jonne Naarala; Veli-Matti Kosma: Turvallinen savu: Puolustusvoimien käyttämien savujen myrkyllisyys ja ärsyttävyys. Tutkimusraportti, 5+49+6 s.
- 563 Martti Silvanto; E Munsterhjelm; TT Niemi; H Scheinin; S Savolainen; KT Olkkola: Parasetamolin suuri kerta-annos ei hyödytä tonsillekto-miapotilasta. Erillisaraportti, 1 s.
- 563 Jaakko Långsjö; Kaike K Kaisti; Sargo Aalto; Susanna Hinkka; Riku Aantaa; Vesa Oikonen; Hannu Sipilä; Timo Kurki; Martti Silvanto; Harry Scheinin: Effects of subanesthetic doses of ketamine on regional cerebral blood flow, oxygen consumption, and blood volume in humans. Erillisaraportti, 10 s.
- 566 Matti Martikainen; Päivi Kaukoranta: Lääkintähelikopterilla kuljetettujen monivammapotilaiden sekundaariselviytyminen. Muu raportti, 15 s.
- 568 Elisa Nurmi; Turkka Kirjavainen; Olli Kirvelä: Sukeltajan suljetun kierron paineilmalaitteen vaikutus hengitysmalliin. Tutkimusraportti, 8 s.

- 568* Elisa Nurmi; Turkka Kirjavainen; Olli Kirvelä: Sukeltajan paineilmalaitteen vaikutus hengitysmalliin. Loppuraportti, 3 s.
- 568* Elisa Nurmi; Turkka Kirjavainen; Olli Kirvelä: Sukeltajan paineilmalaitteen vaikutus hengitysmalliin. Tutkimusraportti, 9 s.
- 571 Katja Lampi: Ampumatuloksen ennustaminen motorisilla testeillä: Vienna test system. Tutkimusraportti, 26 s.
- 571 Marika Salminen: Psykomotoristen testien mittaamien ominaisuuksien yhteys ammutataitioon. Tutkimusraportti, 27 s.
- 575 Niklas Söderholm: Different types of gunshot damage in the bones of the human skull. A study of the mechanisms and factors causing the damage. Tutkimusraportti, 76+7 s.
- 587* Ari Hörman: Pintavesien käyttö talousveden raakavetenä kenttäolosuhteissa. Mikrobiologiset riskit ja niiden hallinta. Määräaikaisraportti, 2 s.
- 587* Ari Hörman; Ruska Rimhanen-Finne; Leena Maunula; Carl-Henrik von Bonsdorff; Niina Torvela; Annamari Heikinheimo; Marja-Liisa Hänninen: *Campylobacter* spp., *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp., Noroviruses and indicator organisms in surface water in Southwestern Finland, 2000-2001. Erillisraportti, 9 s.
- 587* Ari Hörman; Ruska Rimhanen-Finne; Leena Maunula; Carl-Henrik von Bonsdorff; Jaakko Rapala; Kirsti Lahti; Marja-Liisa Hänninen: Evaluation of the purification capacity of nine portable, small-scale water purification devices. Erillisraportti, 5+2 s.
- 589* Kai Tuovinen; Osmo Hänninen: Organophosphate-induced convulsions and prevention of neuropathological damages. Erillisraportti, 9 s.
- 608 Kari Nieminen; Tarmo Humppi: Botuliinitoksiinin pikailmaisumenetelmien kehittäminen. Tutkimusraportti, 1+81 s.
- 608 Tuuli Haataja; Tarmo Humppi: Botuliinitoksiinit ja niiden osoitusmenetelmät. Tutkimusraportti, 34 s.
- 632 Ilkka Mäkitie; Harri Pihlajamäki: Fatal firearm injuries in Finland: a nationwide survey. Erillisraportti, 4 s.
- 636* Jaakko Långsjö; Kaike K Kaisti; Sargo Aalto; Susanna Hinkka; Riku Aantaa; Vesa Oikonen; Hannu Sipilä; Timo Kurki; Martti Silvanto; Harry Scheinin: Effects of subanesthetic doses of ketamine on regional cerebral blood flow, oxygen consumption, and blood volume in humans. Erillisraportti, 10 s.
- 636* Jaakko Långsjö; Elina Salmi; Kaike K Kaisti; Sargo Aalto; Susanna Hinkka; Riku Aantaa; Vesa Oikonen; Tapio Viljanen; Timo Kurki; Martti Silvanto; Harry Scheinin: Effects of subanesthetic ketamine on regional cerebral glucose metabolism in man. Erillisraportti, 26+7 s.

- 636* Harry Scheinin: Ketamiininvaikutukset aivojen verenvirtaukseen, aineenvaihduntaan ja gabaergiseen neurotransmissioon. Erillisraportti, 5 s.
- 644* Tarmo Humpi; Tuuli Haataja: E-2000-puhdistusemulsion bakteereja ja itiöitä tappava tehokkuus. Loppuraportti, 2 s.
- 644* L Polari; Tuuli Haataja: Biologisten taisteluaineiden dekontaminaatiomenetelmiä. E-2000-puhdistusemulsion bakteereja ja itiöitä tappava tehokkuus. Tutkimusraportti, 39 s.
- 650 Peter D Christian; Teresa Scoggins; Alan Heath; Phillip D Minor: Report on a collaborative study to assess the relative sensitivity of different assay techniques for potency determination of smallpox vaccines and .. the suitability of candidate(s) for a new international reference preparation for smallpox vaccine. Tutkimusraporttiluonnos, 37 s.
- 650* Pauli Leinikki: Kriisiajan isorokkorokotteen laatu. Suomalaisen isorokkorokotteen tehonmääritys. Vacciniarokotuksen antaminen aikaisemmin rokotetuille immuuniplasman tuottamista varten. Loppuraportti, 3 s.

Terveys- ja käyttäytymistieteet

- 630 Lauri Oksama; Juhani Sinivuo: Usean kohteen seuraaminen visuaalisessa ympäristössä. Loppuraportti, 2+5 s.
- 630* Lauri Oksama; Jukka Hyönä: Dynamic visual attention to multiple moving objects: object familiarity makes a difference. Tutkimusraportti, 86+1 s.

Hallinto- ja taloustieteet

- 626 Kari Alho; Ville Kaitila; Markku Kotilainen: Puolustusmenojen kansainvälinen vertailu. Tutkimusraportti, 124 s.
- 633* Elias Oikarinen: Varuskuntien toimintojen ulkoistaminen talousteorian valossa. Tutkimusraportti, 117+1 s.
- 639 Lea Ahoniemi: Tutkimus puolustusvoimien ulkoistamistoimintojen arviointi- ja seurantajärjestelmien optimaalisesta kehittämisestä. Loppuraportti, 2+5 s.
- 639 Lea Ahoniemi; Olli Nuoranto: Havaintoja KULPI 2005 -hankkeen toteutuksesta. Erillisraportti, 5 s.
- 639 Lea Ahoniemi; Harri Kulmala: Kajaanin, Sodankylän ja Rovaniemen varuskuntakorjaamojen sekä Tervolan varikon nykytilan ja kehittämis-

mahdollisuuksien liiketaloudellinen tarkastelu. Erillisraportti, 1+13 s. (viranomaiskäyttö).

- 639* Lea Ahoniemi; Harri Kulmala: Kajaanin, Sodankylän ja Rovaniemen varuskuntakorjaamojen sekä Tervolan varikon nykytilan ja kehittämismahdollisuuksien liiketaloudellinen tarkastelu. Tutkimusraportti (päivitetty), 1+13 s. (viranomaiskäyttö).
- 655* Mikko Ojala; Erkki Uusi-Rauva; Jukka Hallikas: Verkostoitumisen riskit ja puolustusvoimien hankinnat. Tutkimusraportti, 4+83 s.
- 655* Jukka Hallikas; Mikko Ojala; Erkki Uusi-Rauva: Outsourcing risk management - case defence forces. Erillisraportti, 13 s.

Muut tieteet

- 597 Mikael Salo: Varusmiespalveluksen sopeutumistekijät. Määräaikaisraportti, 4 s.
- 641 Paulus Maasalo: Introduction to track-two diplomacy. Tutkimusraportti, 26 s.
- 641 Pentti Kuokkanen: Unexpected effect - Bayes-method in anticipatory decisionmaking. Tutkimusraportti, 90 s.
- 642 Marc-André Rytter: Motives for humanitarian interventions and the international community. Tutkimusraportti, 66+2 s.
- 642 Pertti Salminen; Kalevi Ruhala: Motives for humanitarian interventions and the international community. Loppuraportti, 5 s.

Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta (MATINE)

PL 919
00131 Helsinki

www.mil.fi/matine