

KATSAUS PUOLUSTUSVOIMIEN SÄHKÖTEKNILLISEEN TOIMIALAAN

Yleisesikuntaeversti P Kolehmainen — yleisesikuntakapteeni T Tuomi

JOHDANTO

Sähköteknillinen toimiala on pysynyt tietynlaisena mysteeriona puolustusvoimemme 1945 päättäneiden sotien jälkeisenä kautena. Se sai alkunsa keväällä 1943 maahamme saatujen ilmapuolustuksemme suorituskykyä lisäävien tutkikalustojen myötä. Erityisesti pääkaupunkiseudun ilmapuolustuksen tehokkuutta lisänneet saksalaisvalmisteiset ilmavalvonta- ja tulenjohtotutkajärjestelmät olivat lähtökohtana tällaiselle puolustusvalmiuttamme merkitsevästi tehostavalle toimialalle. Se ei ole muodostunut omaksi aselajikseen, sillä elektroniikan kehittyminen on muotouttanut siitä kaikkia puolustushaaroja ja aselajeja palvelevan monipuolisen työvälineen.

Sotatekniikan piiriin lukeutuvana aiheena tässä Tiede ja Ase -vuosijulkaisussa artikkeli edustaa katsaustyyppistä selontekoa sähköteknillisestä toimialasta. Taustana on tutkatekniikka, joka kuitenkin oheislaitteiden kehittymisen ja elektroniikan uusien aluevaltausten myötä on laajentunut teknillisesti erittäin monipuoliseksi kokonaisuudeksi.

Katsauksessa käsitellään sähköteknillisen alan varsin nuorekasta, noin 40 vuoden ikäistä historiaa Suomessa, nykyisiä toiminnan muotoja sekä arvioita tulevan teknologian kehityksen asettamista vaateista. Historiikin käsittely on laitesidonnaista. Perustana on suhteellisen hyvä arkisto- ja tietomateriaali. Sen kokoamista tehosti Tutka Suomessa 40 vuotta -teema, joka kiteytettiin 24. 3. 1983 Riihimäellä vietetyn juhlatilaisuuden muotoon. Tällöin esiteltiin tutka- ja sähkötekniikkaa näyttelyn ja päiväjuhlan esitelmien muodossa.

Sähköteknillisen toiminnan nykytilan kuvaus rajoittuu yleisesitykseen menemättä kalustojärjestelmien tai laitteiden yksityiskohtaiseen selostamiseen. Tähän on päädytty mm turvallisuusnäkökohtien vuoksi. Organisaation selonteon päämääränä on antaa lukijalle kuva sähköteknillisestä toimialasta puolustushaarojen ja aselajien kehittyvänä elektroniikka-alan palvelujen toimittajana.

Huomattavan suuri paino katsauksessa on asetettu tulevan noin kymmenvuotiskauden kehitysnäkymille. Sen vaikutus puolustusvoimemme organisaatio- ja resurssi-kehitystyöhön on sähköteknillisen alan arkipäivää.

1. HISTORIIKKI

1.1. Toiminnan alku

Sähköteknillinen ala puolustusvoimissa sai alkunsa tutkista. Ensimmäiset käyttöömmme tulleet laitteet, joita aluksi kutsuttiin radioluotaimiksi, olivat saksalaisvalmis-teisia. Maalis-huhtikuun vaihteessa 1943 purettiin maihin Porissa kaksi Raija-ilmavalvontatutkaa. Saman vuoden kesällä ilmatorjunta tuli yöammuntakykyiseksi saatuaan Irja-tulenjohtotutkia. Muita sodanaikaisia hankintoja olivat mm yöhävittäjien ohjaukseen Riitta (peitenimi), merivalvonta Maija, hävittäjätutka Liisa ja omatunnuslaite Etana.

Saksalaiset eivät toimittaneet kaikkia suomalaisten tilaamia tutkia ja niihin liittyviä välineitä. Ensin esteenä olivat pienet valmistus-sarjat, ja vuonna 1944 toimituksia jarruttivat huhut erillisrauhasta. Osa lähetetyistä tutkista upposi maattamme ympäröivien merien pohjaan.

Mainitut radioluotaimet eivät olleet ensimmäiset Suomessa, Lapissa, Suomenlahdella, Ahvenanmaalla ja eräillä lennonvarmennusasemilla tiedetään tutkia olleen jo talvella 1941—1942.

Tutkaperiaatteen tajuaminen ensimmäisenä suomalaisena ei kuulu yksityiselle henkilölle. Ajatus muotoutui keväällä 1942 majuri Simojoen johtamassa Ilmavoimien Esikunnan Ilmatorjuntaosaston toimistossa numero 3. Lopullisesti salaisuuden paljasti puolustusvoimien lippujuhlapäivän ja juhannuksen välisenä aikana 1942 suoritettu vakoilumatka. Tutka löytyi Alakurtista (löytäjänä luutnantit Sario ja Karhunen) ja tarvittavat tiedot irtosivat sopivalla voitelulla. Yleisesti tämä tapahtuma on ajoitettu syksyyn 1942 paikkana Saksa.

1.2 Ilmapuolustus

Ilmavoimien haltuun palautuivat sodanaikaisesta kalustosta Raijat. Riitat, Liisat sekä tietenkin ilmatorjunnan tutkat, kun posti- ja lennätinhallitus palautti paperisiirretyn materiaalin puolustusvoimille.

Vuonna 1951 aloitettiin koko maata kattavan ilmavalvontaverkon suunnittelu suuren sarjana tilatun VRRVIn (V = Viestiväline, R = Radio, R = Radar, V = Valvonta, I = Ilma) ominaisuuksien pohjalta. Osa tehtävistä hoidettiin Raijoilla vuoteen 1961 asti. Osalle asemista tuli yleisvalvontaan soveltuva VRRVY (V = Yleis). Kuvan toimintojen vaatimattomuudesta antaa henkilöluku. Vuonna 1961 ilmavoimien sähköteknillisen alan käyttö- ja huoltohenkilöstöä oli 31 asemanhoitajat mukaanlukien.

Parolan tutkatarhassa kokeiltiin useimmat ilmavoimien tutkat. Ulkomaiset hankinnat käynnistyivät 1954. Tuolloin saatiin mm ensimmäinen maalinosoitustutka AN/TPS-1E ja lähi-ilmavalvontaan suunniteltu RM-521. Viimemainittu hankittiin pariveritailuun Tepsun kanssa. Kalliimpi AN/TPS-1E oli ylivoimainen ominaisuuksiltaan ja sitä hankittiin lisää vuosien kuluessa.

Ensimmäinen lennonvarmennusasemamme, joka itse asiassa oli matalavalvontatutka-asema, valmistui Santahaminaan vuonna 1954. Ilmavoimien valvontatutkista on käytetty lennonvarmennus -nimikettä aina 1970 luvulle asti. Nykyisin lennonvarmennus -käsite liittyy ilmailun jokapäiväiseen lentotoiminnan turvallisuuden mahdollistaviin laitteisiin. Kotimaisten hankintojen lisäksi ilmapuolustuksen kalustoa on hankittu Englannista, Ranskasta ja Italiasta. 1950-luvulla käynnistyivät myös lentokentätutkien hankinnat. Toimittajina ovat olleet mm ITT ja Thompson-Houston.

Sähköteknillisen alan mittavin projekti 1960-luvulla oli suurkantamatutkien ja niihin liittyvien viestikeskusten rakentaminen. Niistä johdetaan maamme ilmapuolustusta. Valvontakaluston toimitti Decca -Radar ja korkeudenmittaustutkat Marconi -Radar. 1970-luvulla käynnistetyn matalavalvontaprojektin myötä saatavat kotimaista valmistetta olevat tutkat täydentävät valvontakykyämme.

Vuodesta 1944 alkaen on suomalaislentäjiä johdettu tutkalta. Lentokonetutkien asennus koneisiimme oli kuitenkin kesken aselevon alkaessa. Ensimmäinen toimituserä nimittäin upposi Suomenlahden aaltoihin.

Ylijäämäkalustona 1940-luvun lopussa ostetut pommitustutkat kunnostettiin sääluotauksia varten. Radiokorkeusmittarit olivat ainoat tätä periaatetta käyttävät laitteet koneissamme 1950-luvulla. 1960-luvun alussa saaduissa Gnat -koneissa oli ranskalaisvalmisteinen tutka. Kehittyneempiä toimintoja oli myöhemmin ostettujen Draken — ja MiG -koneiden tutkissa ja tutkaohjuksissa. Niiden etsintäliikkeitä ja seurantoja ohjataan tietokoneilla. 1980-luvun kehittyneintä elektroniikkaa lentokoneissamme edustaa learjetkoneen varustus elektronisen sodankäynnin välineineen.

Ilmatorjunta sai ensimmäiset perushankintavaroin ostetut tutkansa vuonna 1954. Ne olivat vanhentuneita Severi -tulenjohtotutkia. Aivan 1950-luvun lopussa hankittiin kokeilukäyttöön sähköinen keskuslaskin Sveitsistä. Sitä seurasi nopeasti automaatti-ilmatorjuntajaaosten saaminen. Suomella oli tällöin maailman tehokkaimmaksi mainittu ilmatorjuntajaaos.

SF -tulenjohtolaitteita (SF= Super Fledermaus) on modifioitu vuosien varrella vastaamaan uusimpia vaatimuksia. Hankintoja on toteutettu vielä 1980 -luvulla. Sveitsistä on ostettu myös näihin laitteisiin liittyvä ammunnan tarkkailujärjestelmä.

Uusimpia ilmatorjunnan kalustohankintoja edustavat 1970-luvulla ostetut neuvostoliittolaiset automaatti-ilmatorjuntajaaokset. Niiden RPK IM1 -tulenjohtolaitteet on varustettu monipuolisin elektronisen sodankäynnin mahdollisuuksin ja tutkasimulaattorein.

Maalinosoitustoimintaan käytetään yhä edelleen nyt jo vanhentunutta AN/TPS-1E tutkakalustoa. Kehitystyö uuden järjestelmän hankkimiseksi on käynnissä.

1.3 Meripuolustus

Suomalaisiin sota -aluksiin ei saatu tutkia sodan kestäessä. Tammikuussa 1944 olivat toiminnassa merivoimien ensimmäiset valvontatutkat, tosin rannikkoprikaateille alistettuina.

Tulenjohtotutkia ei syyskuuhun 1944 mennessä saatu täysin toimintakuntoon. Pisin mittausetäisyys merimaaleihin kokeiluvaiheessa oli yli 40 km. Tutkatulenjohtoa päästiin harjoittelemaan kaksi kertaa.

Merivoimien tutkikalusto harveni pahoin aselevon aikaan. Osan siitä vievät saksalaiset, osan he räjäyttivät, ja osa luovutettiin. Laivastolehti kertoi syksyn 1944 numerossaan radioetäisyysmittarin käytöstä merisodankäyntiin. Edelle ja samalla ensimmäiseksi suomenkieliseksi julkaisuksi, jossa kerrottiin tutkasta, oli ehättänyt Hakka-peliitta-lehti.

Vuodesta 1947 alkaen merivoimien henkilöstöä harjoitteli tutkan käyttöä siviilialuksissa. Mm. ensimmäinen suomalainen tutkalla varustettu alus eli ma Aurora oli usein käytössä.

Merivoimien alusten siirtyminen tutkakauteen alkoi ylijäämätutkilla vuonna 1949. Tällöin tykkivene Uusimaahan asennettiin valvontaan käytetty SF-1. Cossor ja Decca saatiin vuonna 1950. 1960-luvun alkaessa valta-asemaan nousseita Decca-tutkia oli 9 eri tyyppiä (mm tosiliikenäytöllä varustettu). Muita olivat mm Raytheon, Kelvin & Hughes ja Thompson-Houston.

Laivoissa on yleensä useita eri tyyppisiä tutkia. Esimerkiksi saattajissa (1964) oli valvontaan (FUT-N), merenkulkuun (Neptun-M) ja tulenjohtoon (Yakor-M2) omat tutkansa sekä omatunnuslaite. Koululaiva Matti Kurjessa oli vastaavia tutkia, joista mm Typ 284 ja 286 olivat palveluskäytössä jo vuonna 1940.

1960-luvun lopulla valmistuneet, kotimaiset tykkiveneet muodostavat käännekohdan merivoimien elektroniikassa. Digitaalitekniikka syrjäytti analogiatekniikan, transistorit työnsivät tieltään putket, tietokone yhdisti tiedot ja teki ehdotuksen torjunnan suorittamisesta, toimintaa johdettiin taistelunjohtokeskuksesta. 1970-luvulla uuden haasteen muodostivat Tuima-luokan ohjusveneet ja 1980-luvulla Helsinki-luokan taistelutorneet.

Rannikkotykistön ensimmäiset omat tutkat olivat apuristeilijästä poistettu ylijäämäkalustona ostettu SA-3 (1950) ja merenkulikututkana palvellut Thompson-Houston TCA-2. Ne asennettiin palvelemaan sekä merivalvonnan että tulenjohton tarpeita. Suoritevaatimukset ovat erisuuntaisia, mutta ratkaisuun on pakko mennä nykyisinkin. Tähän ovat syynä lähinnä taloudelliset seikat. Tilanne voidaan korjata tietojenkäsittelyn avulla.

Rannikkotykistö (merivoimat) varusti kuorma-autoja ja perävaunuja tutkin 1950-luvulla. Liikkuvia valvonta-asemia olivat mm Stalino + Decca (sotasaalisvalontheitin-auto + merenkulikututka) vuonna 1951, Sisu + Decca 1952, Austin + Decca 1955.

Myöhempää tutkakehitystä edustivat mm Marconin SNW, NR-505, erityyppiset Deccat, Terma, Algot ja FIKA. 1960-luvulta alkaen rannikkotykistön käytössä on ollut kotimaista suunnittelua edustava RAVAL-järjestelmä.

Rannikkotykistön laser-suuntimet ovat kotimaista valmistetta. Yhteistyö tutkalalla rannikolla toimivien viranomaisten kesken on monimuotoista.

1.4 Erityisalat

Vastakrhtutkaa käytettiin menestyksellisesti ensimmäisen kerran vuonna 1944 Italiassa. Kenttätykistöemme sai vastatykistötoiminnan kalustoa 1960-luvulla. Tuolloinkin oli tyydyttävä auttamattomasti vanhentuneisiin, tosin modifioituihin ilmatorjunnan tulenjohtotutkiin (Severi). Myöhemmin on hankittu Cymbeline-kalustoa vastatykistötoimintaan.

Tellurometrit kenttätykistö sai 1970-luvulla. Ammusten lähtönopeutta mitattiin aluksi yhden (Nerc) ja kahden pisteen menetelmillä. Nyt ollaan siirtymässä jatkuvaan mittaukseen kotimaisilla lähtönopeustutkilla (Ylinen).

Jalkaväen taistelututkien hankintaa kiirehdyttiin ja pidettiin erittäin tärkeänä jo vuonna 1945. 1950-luvulla vaadittiin maasto- ja vesistö linjojen valvontatutkaa ja 1962 hankittiin ensimmäine maastovalvontaan soveltuva RA-10.

Ohjaama-aseita (ohjukseset ja ohjautuvat pommit) koskevat tutkimukset ilmavoimien, merivoimien, rannikkotykistön, ilmatorjunnan ja panssarintorjunnan kehittämiseksi olivat sähköteknillisen toimiston salaisiksi luokiteltujen asioiden joukossa 1950-luvulla. Tutkaperiaatetta hyödyntävien ohjusten hankinta alkoi 1960-luvulla. Niitä on nykyisin kaikkien puolustushaarojen käytössä.

Ohjusjärjestelmä on eräs esimerkki vastuukysymyksen rajaamisesta. Ohjuksesta on vaikea sanoa mikä osa kuuluu minkin osaston tai toimiston vastuulle. Ohjushan on kokonaisuus. Pääesikunnan uudelleenjärjestelyssä 1968 suurimmat muutokset tulivatkin sotatalousesikunnan osalle. Sen ohjustoimisto vastaa nykyisin ohjuksien hankinnoista ja huoltamisesta kuitenkin siten, että sähköteknillinen materiaali (mm tutkat ja laskimet) on sähköteknillisen osaston hoidossa.

Tutkasytytin, läheissytytin ja herätinsytytin esiintyivät useasti tutkimus-, suunnittelu- ja kehityskysymyksinä. 1960-luvulla tällainen sytytin otettiin käyttöön eräissä ammuksissa ja ohjuksissa. Nykyään tutkasytytin on yleisesti käytössä, mutta hankintahinta on kallis.

1.5 Koulutus

Ensimmäiset suomalaiset tutkien käyttäjät ja huoltajat koulutettiin Saksassa ja Belgiassa. Vuoden 1943 syksyyn ajoittuvat ensimmäiset kotimaiset voimin mm. Lappeenrannassa järjestetyt tutkurssit. Ilmavoimissa koulutusta johtivat osaltaan Ilmavoimien Esikunnan viestiosasto ja ilmatorjuntaosasto sekä merivoimissa Helsingin Laivastoaseman viestiosasto.

Aselepo keskeytti tutkahenkilöstön koulutustoiminnan. Sotilaspoliittisin sopimuksin osa kouluttajista siirtyi syksyllä 1944 Ruotsiin opettamaan sikäläistä henkilöstöä.

Vuonna 1946 käynnistyi ensimmäinen sodanjälkeinen tutkurssi merivoimissa. Sotakorkeakoulussa otettiin samana vuonna opetusohjelmaan tutkataktiikka ja -tekniikka. Merisotakoulun tutkaluokan käyttöönotto tapahtui virallisin juhlallisuuksin 1950. Majuri Koskella oli merkittävä osuus merivoimien sähköteknillisen alan järjestelyissä.

Lennonvarmennusosastojen (muodollisesti Posti- ja Lennätinhallituksen haltuun siirretyt Irjat, Raijat, Riitat ja Maijat) tarpeita varten perustettiin tilapäinen koulu ja korjaamo vuonna 1948. Vuonna 1952 tämä Tutkakorjaamon nimellä kulkenut laitos lakkautettiin, perustettiin uudelleen ja alistettiin Pääesikunnan viestipäällikölle. Vuonna 1955 tilanne vakinaistettiin ja Sähköteknillinen Koulu virallistettiin.

Sähköteknillisen Koulun tehtävänä on mm. kouluttaa puolustusvoimien sähköteknillisen alan huoltohenkilöstö. Osa koulutusvastuusta on Ilmavoimien Viestikoululla. Puolustushaarat ja aselajit kouluttavat tutkien käyttäjät.

Taistelu tutkataajuuksilla (tutkan vastatoimenpiteet) käynnistyi heti toisen maailmansodan alkaessa. Nimeksi muotoutui vähitellen elektroninen sodankäynti. Koulutusohjelmissa se mainitaan erillisenä oppiaineena 1960-luvulla, hieman laitehankintojen alkamisen jälkeen. Elektronisen sodankäynnin koulutus sisältyy eräänä alueena puolustusvoimien nykyiseen koulutusjärjestelmään.

1.6 Huolto

Suomalaiset huoltajat saivat saksalaisvalmisteiset tutkansa toimimaan luotettavammin sekä mittaamaan kauemmas ja tarkemmin kuin valmistajamaassa toimivat virkaveljensä. Vuoteen 1948 saakka puolustushaarojen ja aselajien korjaamot vastasivat laitteiden kunnosta. Nimellisesti tosin puolustusvoimilla ei tutkia ollut.

Tutkakorjaamon perustaminen 1948 ei tilannetta paljon muuttanut. Ahtaissa tiloissa nykyisen Sotamuseon eräissä huoneissa, pienellä henkilökuntamäärällä (3—5 kpl) ja vajavaisin työkaluin varustettu opinahjo sitoutui koulutustoimintaan. Alistus-suhteen muuttuessa 1952 korjaamolla oli 44 nimikettä, joista suurin osa oli ruuvimeisseleitä ja poria. Joukossa oli tosin 3 tutkatyyppiä ja muutama mittari.

1950-luvulla Sähköteknillisen Koulun Koeasema ja Tutkakorjaamo laajenivat ja pystyivät mittaviin suorituksiin. Vuonna 1960 perustettiin Riihimäelle Viestikeskuskorjaamo, joka on myös sähköteknillisen alan keskuskorjaamo. Tilat se sai puolustusministeriöltä, henkilöstön ja materiaalin eri laitoksista. Mm henkilömäärä on kasvanut nopeasti ollen nyt yli 300. Koeasemakin siirtyi pois koulun organisaatiosta ja on nyt pääinsinöörin johdossa oleva Sähköteknillinen Tutkimuslaitos.

Sähköteknillisen alan ja siihen liittyvien toimintojen systemaattisen johtamisen ja koordinoinnin mahdollistamiseksi perustettiin Pääesikuntaan viestitarkastajan alaiseksi erilliseksi toimistoksi sähköteknillinen toimisto 1. 12. 1952. Halu välttää tutkasanaa antoi näin kehittyvälle toimialalle laajemman ja tulevaisuuden kokonaiskenttää hyvin kuvaavan nimen.

Sähköteknillinen toimisto, joka aloitti toimintansa kolmen henkilön voimin majuri E Verasen johdossa, laajeni vuonna 1960 jo noin 20 henkilöä käsittäväksi sähköteknilliseksi osastoksi. Vuonna 1968 Pääesikunnan uudelleenorganisoinnin yhteydessä sähköteknillinen osasto sisällytettiin sotatalousesikuntaan sotavarustepäällikön alaiseksi osastoksi käsittäen neljä toimistoa.

1.7 Kotimaista valmistusta ja tutkimusta

Aselevon jälkeinen levoton aika ja epävarmuuden tunne, aselevon asettamat myyntirajoitukset, kotimaisen teollisuuden toimitusvalmius, valmiusnäkökohdat ja ehkä sotilaiden halu muunnostöiden teettämiseen on luonut omavaraisuutta maahamme. Tutkat, antennit, tutkavaunut, mastot, harjoituslaitteet, sääsuojat, suuntimet jne sekä suunnittelu ovat usein kotimaista tuotantoa.

Valtion Sähköpaja, Mikroaaltojen Tutkimuslaitos ja Valmet Oy vastasivat aluksi tutkikaluston valmistuksesta ja suunnittelusta. Tehtävät perustuivat Puolustusministeriön ja Pääesikunnan toimeksiantoihin. Elektroniputket ja vastaava materiaali salakuljetettiin usein maahamme. Monet tunnetut tiedemiehet ovat vuodesta 1945 alkaen osallistuneet tutkien ja muiden sähköteknillisten laitteiden suunnitteluun. Tunnetuin heistä on professori Pohjanpalo. Hän sai huomattavan palkkion vuonna 1952 ideomastaan kolmen dimension ratkaisusta. Tämä ristikkäisantennilla varustettu tutka pystyi mittaamaan maalin suunnan, etäisyyden ja korkeuden.

Kriiseillä on aina ollut merkitystä suurten projektien alkamiseen tai vauhdittumiseen. Mm 1951 tilattiin koko VRRVI-sarja vaikkei prototyyppiäkään oltu valmistettu. Vastaanottotarkastukset ja -vaatimuksetkin ovat hieman muuttuneet. Kriisi nopeutti merkittävästi myös ilmavoimien suurtehoasemien hankintoja vuonna 1961.

Tutkimustoimintaa on rahoitettu myös erilaisista rahastoista. Mm SITRA on tukenut monia sähköteknillisen alan projekteja. Parhailtaan valmistumassa olevan malatalavalvontatutkaverkon eräiden osakohteiden tutkimiseen on esimerkiksi ohjattu varoja.

2. SÄHKÖTEKNILLINEN TOIMIALA NYKYPÄIVÄN PUOLUSTUSVOIMISSAMME

2.1 Toimialan kohteet ja tehtävät

Edellä esitetty historiikki osoittaa, että sähköteknillinen toimiala oli aina 1950 -luvun puoliväliin asti tutkakeskeinen. Elektroniikan sisällyttäminen asejärjestelmiin alkoi tuolloin laajentaa toimintakenttää. Myös sähkövoiman kehittäminen laitteineen kuuluu kiinteästi tehtäväkuvaan. Sähköteknillisiä laitteita ja järjestelmiä on sovellettu laitteistoihin, joita käytetään

- johtamistoimintoihin
- valvontaan
- tunnistamiseen
- taistelun- ja tulenjohtoon
- paikantamiseen ja mittaustoimintaan sekä
- tiedustelujärjestelmiin.

Esimerkkeinä mainittakoon

- tutkikalustot oheislaitteineen

- elektroniset laskimet ja laskinlaitteet (tietokoneet)
- elektronisen sodankäynnin laitteet
- elektroninen tiedustelu- ja mittauskalusto välineineen
- kaapelit (metalliset ja lasikuitu)
- optoelektroniset laitteet kuten laser, valonvahvistimet, lämpökuvauslaitteet
- sähkösuureiden mittauslaitteet
- sähkövoimakoneet ja jakeluverkostot
- akut varauslaitteineen.

Edellä olevassa luettelossa ei ole esitetty viestialan laitteita, koska vain niiden hankinta sisältyy sähköteknilliselle toimialalle huoltovastuun ollessa viestiaselajilla.

Sähköteknillisen alan tehtävät voidaan määrittää seuraavasti

- teknillinen suunnittelu ja kehittäminen
- hankintojen teknillinen valmistelu ja toteutus, johon sisältyvät
 - piirustuksien tuottaminen
 - teknillisten vaatimusten (spesifikaatioiden) määrittely
 - tuotantoprosessin valvonta sekä
 - luovutus käyttäjälle
- sähköteknillinen huolto, joka kohdistuu alussa lueteltuihin laitteistoihin
- sodanajan valmiuden kehittäminen
- sähköteknillisen huoltohenkilöstön koulutus
- alan henkilöstöasiat.

Sähköteknillinen toimiala ei ole varsinainen aselaji. Tehtäväkenttä on luonteeltaan palveluala ja se toteutetaan poikkiorganisaatorisesti puolushaarojen ja aselajien sisällä.

2.2 Organisaatio

Sähköteknillisen alan organisaatio on jossain määrin vaikeaselkoinen, koska se liittyy tietyillä tasoilla läheisesti viestialan organisaatioon. Tämä on luonnollista, huoltotoiminnassahan voidaan hyödyntää samoja huolto- ja korjauslaitteita sekä tiloja. Kyseessä ovat elektroniikkaa sisältävät laitteistot. Näiden organisaatioiden osittainen eriytyminen johtuu puolestaan siitä, että sähköteknillisen kaluston sovellutusalueet poikkeavat viestilaitteiden käyttöalueista ja niiden rakenteet sekä teknologia ovat monipuolisempia. Useimmiten on kyseessä laajat mekaniikkaa (mm hydraulikkaa ja pneumatiikkaa) sekä elektroniikkaa sisältävät laitekokonaisuudet. Pääsääntöisesti voidaan todeta niiden huollon vaativan erikoiskoulutetun henkilöstön. Vastaavasti viestihuollon henkilöstö on koulutettu omiin tehtäviinsä. Samaa henkilöstöä ei voida hyödyntää molempien alojen huoltotoiminnassa.

Edellä esitettyjen perusteiden pohjalta sähköteknillisen alan organisaatio on puolustusvoimissa muotoutunut seuraavanlaiseksi. Pääesikunnan sotatalousesikuntaan sijoitettu sähköteknillinen osasto toimii alansa tehtävien koordinaattorina puolustusvoimissa. Se hankkii kaikki maavoimien sekä osittain ilma- ja merivoimien sähkötek-

nillisen materiaalin. Ilma- ja merivoimien hoitaessa tämän alan hankintoja toimii Pääesikunnan sähköteknillinen osasto hankintojen teknillisenä valvojana. Tiettyjen lentokoneisiin, lennonvarmennukseen, navigointiin sekä merivoimien aluksiin ja merenkulkuun liittyvien sähköteknillisten laitteiden hankinta- ja huoltovastuu on ao johtoesikunnilla.

Vaikka teknillinen kehittämistyö, hankinnat ja koulutus muodostavat merkittävän työosan on sähköteknillistä huoltoa pidettävä painopistealueena. Pääesikunnan sähköteknillisen osaston päällikkö, jolle samalla kuuluvat sähköteknillisen tarkastajan tehtävät, johtaa sähköteknillistä huoltoa puolustusvoimissa. Hän myös vastaa huollon järjestelyistä ja toteuttamisesta sekä sähkölain täyttämisen valvonnasta sähköteknillisellä alalla. Todettakoon, että sähköteknillisen tarkastajan tehtävät siirrettiin Pääesikunnan viestitarkastajalta sähköteknillisen osaston päälliköille vuonna 1981.

Ilma- ja merivoimien esikunnissa samoinkuin sotilasläänien esikunnissa sähköteknillistä huoltoa johtaa viestiosaston (-toimiston) päällikkö.

Toimeenpaneevaan organisaatioon kuuluvat Viestikeskuskorjaamo (Riihimäellä), puolustushaarojen ja aselajien (joukko-osastojen) korjaamot sekä asematason huolto-aiikat. Puolustushaaroissa on alan erikoismateriaalia varten kehitetty keskuskorjaamoiksi Ilmavoimien Varikon Viestivarikko-osasto (Tikkakoskella) ja Turun Laivastoaseman Sähköteknillinen korjaamo.

Sähköteknillinen Koulu (Riihimäellä) hoitaa ensisijaisesti urakoulutuksen ja osittain myös erikoiskurssit. Puolustushaarat antavat oman erikoiskoulutuksensa Ilmavoimien Viestikoulussa (Tikkakoskella) ja Merisotakoulussa (Helsingissä).

Puolustusvoimien päänsinöörin alaisena toimiva Sähköteknillinen Tutkimuslaitos (Espoossa) on merkittävä alan laitekehittäjä sekä tiettyjen tietokoneohjelmistojen huoltaja.

Kaavio havainnollistaa pääpiirtein edellä esitettyä organisaatiota ja sen toimintaa kommentosuhteina, aseteinä sekä yhteistoimintatarpeina. Kaaviossa esitetty puolustusvoimien ulkopuoliset laitevalmistajat on varsin merkittävä tekijä paitsi laitteiden toimittajana niin myös sähköteknillisen huollon toteuttajana.

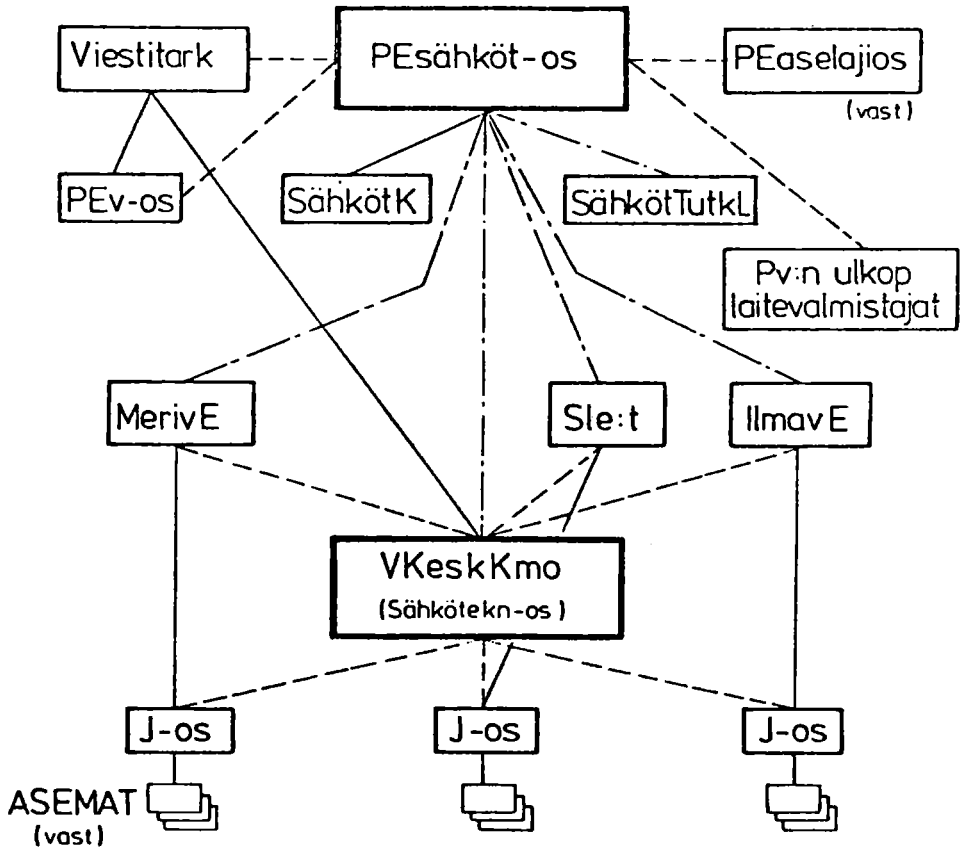
Rajavartiolaitos, vaikka ei esiinnykään kaaviossa, tukeutuu jossain määrin puolustusvoimien sähköteknilliseen huoltoon erikseen sovittavissa tapauksissa.

2.3 Toimintaan vaikuttavia tekijöitä

Sähköteknillisen materiaalin määrä ja nimikkeet ovat lisääntyneet huomattavasti, jopa räjähdysnomaisesti, viime vuosina. Uusien järjestelmien kehittäminen, niiden hankintavalmistelut, hankintojen loppuunsaattaminen, käyttöönotto, laaja-alainen koulutus sekä käytön vaatima huolto on mittava työkenttä. Kalusto on huomattavan kirjavaa johtuen monentyyppisistä sovellutuksista sekä myös elektroniikan valtavasta kehityksestä. Meillä on palveluskäytössä ns vanhaa elektroniputkitekniikkaa uusimpien laitteiden koostuessa mikroelektronikasta mikroproessoreineen. Nämä seikat vaikuttavat monitaitoisen ammattihenkilöstön laadulliseen ja määrälliseen tarpeeseen.

SÄHKÖTEKNILLISEN HUOLLON

JOHTOSUHTEET



SELITTEET: ————— komentotie
 - - - - - asetie
 - - - - - s-tekn huollon yhteistoiminta

Laitteiden käytön ja huollon dokumentointi on kasvanut omaksi paljon työtä vaativaksi lohkoksi. Varaosavarastot ovat monipuolistuneet ja koko huoltojärjestelmä vaatii jatkuvaa kehittämistä, mm. atk-sovellutuksia.

Elektroniikkateknologian huikea kehitys on johtanut siihen, että esimerkiksi automaattisen tietojenkäsittelyn laitteistot vanhenevat noin viidessä vuodessa. Näin tapahtuu myös esimerkiksi teollisuuden tuotantomenetelmien ja -koneiden kohdalla. Tämnäkaltaisia malleja kehityksestä löytyy lukuisasti.

Puolustusvoimissa sensijaan hankittavan uuden asejärjestelmän iäksi muodostuu pakostakin 15—25 vuoden ajanjakso. Tämä on merkinnyt vanhimman elektroniikkaa sisältävien laitteiden käyttökelpoisena pitämisessä huomattavia vaikeuksia. Alkuperäisten varaosien saannin tyrehtyessä on ollut pakko turvautua laitteiden muutostöihin, modifikaatioihin. Työn vaativuus, vaikka onkin toisaalta sitonut vähäisiä henkilöresurssejämme, on toisaalta kehittänyt sähköteknilliselle alalle erittäin ammattitaitoisen huoltohenkilöstön.

Sähköteknillisen alan palveluksessa oleva henkilöstö on siis ammattitaitoista. Ongelman muodostaakin henkilöstön vähälukuisuus. Tämä heijastuu paineena rekrytointiin ja koulutukseen. Organisaation käsittelyn yhteydessä mainittuja sotilasopetuslaitoksia ei ole saatu resursseiltaan riittäviksi. Erityisesti opettajahenkilöstön määrää sekä opetustiloja on lähivuosina lisättävä tuntuvasti.

Aivan oman lukunsa vaatisi modernisoituvien asejärjestelmien ohjaukseen ja käyttöön liittyvät atk-tyyppiset ohjelmat, niiden kehittäminen ja ylläpito. Ongelmia ovat mm tämän alan ammattitaitoisen henkilöstön puute sekä turvallisuusnäkökohdat. Viimeksimainitusta seikasta johtuen jääkin tämä alue maininnan varaan.

3. ELEKTRONIikkATEKNOLOGIA TULEVAISUUDESSA

3.1 Yleistä

Edellä esitetty sähköteknillisen (pääosin tutka-) alan historiikki sekä toiminnan nykytilan kartoitus on tuonut korostetusti esiin elektroniikan kehityssuunnan. Puolustusvoimien sähköteknillinen toimiala joutuu käytännön karussa elämässä vastaamaan tuon kehityksen asettamiin haasteisiin. Tämän luvun otsikon sisältämiä asiakokonaisuuksia pyritään valottamaan noin kymmenen vuoden ajanjakson aikaperspektiivillä puuttumatta yksityiskohtien arviointeihin. Keskeisinä asioina ovat komponenttitekniologia, mikroaalto- ja tutkatekniikka, automaattinen tietojenkäsittely, tiedustelu sekä valvonnan toimintoja palvelevat teknilliset kehitysnäkymät.

3.2 Komponenttielektronikka

Elektroniputkien kysyntä konventionaalisten putkityyppien kohdalla on laskenut jyrkästi (noin 85 %) viimeisten 10 vuoden aikana. Kysynnän laskun luonnollisena seurauksena on valmistuksen väheneminen. On selvää, että puolijohdetekniikan kehityksessä putkien käyttöalue supistuu käsittämään vain erikoisputkia. Niitä ovat mm. kuvaputket ja mikroaalto-lähetinputket. Esimerkiksi tutkalähetimiä varten kehitetään jatkuvasti tehokkaampia tyyppjejä. Lähetinputkien hyötyteho on joittenkin klystronien kohdalla saatu jopa 75 prosentiksi. Mikroaalto-putkista on kulkuaalto-putkien kehitystyö erityisen huomion kohteena. Ne soveltuvat parhaiten moderneihin, koodattua lähetystä käyttäviin tutkiin.

On nähtävissä, että mikroaalto-putkien kehitystä tulee tapahtumaan jatkuvasti sekä tehon ja hyötysuhteen kasvamisen että taajuusalueiden laajenemisen muodossa.

Puolijohdetekniikan kehitys tulee edelleen jatkumaan monipuolisena. Puolijohdetiden edut putkiin verrattuina ovat pieni koko, vähäinen sähköenergian kulutus ja suuri luotettavuus. Puolijohdetekniikan kehitykselle on ominaista

- tehon kasvaminen
- taajuuden kasvaminen ja kohinakertoimen pieneneminen
- aivan uusien toimintamekanismien ja valmistusmenetelmien käyttöönotto.

Uudet toimintamekanismit ja materiaalit tulevat edelleen parantamaan puolijohdetiden suoritusarvoja ja niiden käyttökelpoisuutta eri sovellutuksissa.

Omana kehityssuuntanaan on nähtävissä komponenttien koon pieneneminen. Tämä liittyy kiinteästi integroitujen piirien eli mikropiirien teknologiaan. Jo nyt voi yksityisenä puolijohdepalasena eli piisiruna olla integroitu piiri, joka toiminnallisesti sisältää esimerkiksi radiovastaanottimen pääosat tai 1 000—20 000 komponenttia. Erityisesti digitaalisten integroitujen piirien osalta on komponenttitiheyden kasvu ollut noin 100 % vuodessa. Tämän hetken yleisestä tasosta, 1 000—20 000 komponenttia mikropiirissä, käytetään nimitystä LSI-teknikka (L = Large, S = Scale, I = Integration). On oletettavissa, että seuraavan viiden vuoden aikana päästään tiheyteen 10 000—100 000 komponenttia mikropiirissä. Tällöin voidaan vastaavasti puhua VLSI-teknikasta (V = Very).

Tämän hetken komponenttitekniikan taso ei välittömästi heijastu meillä sotilaselektroniikkalaitteiden ja -järjestelmien teknisissä ratkaisuissa ja suoritusarvoissa. Kuluvalle vuosikymmenellä saamme kuitenkin palveluskäyttöön laitejärjestelmiä, joissa on täysin käytetty hyväksi komponenttitekniikan uusimpia saavutuksia. Sotateknillisesti merkittävien piirre on puolijohdekomponenttien monipuolisesta ja laaja-alaisesta käytöstä aiheutuva laitteiden koon, painon ja tehontarpeen pieneneminen. Toisaalta seurauksena on myös luotettavuuden, kenttäkelpoisuuden ja sähköisten suoritusarvojen parantuminen.

3.3 Mikroaaltotekniikka

Mikroaaltotekniikan sotilaalliset sovellutukset tulevat lisääntymään ja kehittymään. Tämä johtuu osittain sähkömagneettisen spektrin ahtaudesta alemmilla taajuusalueilla sekä osittain mikroaaltojen erinomaisesta soveltuvuudesta ase- ja valvontajärjestelmiin. Mikroaaltotekniikan oleellisena kehityspiirteenä on siirtyminen yhä korkeammille taajuuksille, kohti 200 GHz rajaa. Tähän asti on millimetriaaltoalueella sovellettu tavanomaisen mikroaaltotekniikan teknologiaa pienentämällä piirikomponentteja (aaltoputket, ontelot, elektroniputket jne.) aallonpituuden määräämässä suhteessa. Tämä johtaa kellosepäntyöhön verrattaviin suuriin mekaanisiin tarkkuuksiin ja sen mukana kasvaviin kustannuksiin. Tämä on ollut vakava este radioaaltojen kilpailulle valoaaltojen kanssa erilaisissa sovellutuksissa. Onkin esitetty ajatus lähestyä millimetrialuetta optisen teknologian suunnasta. Tällöin päästäisiin halvempiin komponentteihin ja sitä tietä millimetriaaltojen laajempaan soveltamiseen.

Mikroaaltoelektronisten komponenttien integroimisesta moduleiksi on sotilaalliselta kannalta huomattavaa etua. Laitteiden luotettavuus kasvaa ja huolto kentällä helpottuu käytettäessä kokonaisena vaihdettavia yksiköitä. Vikatapauksissa nämä korjataan erikoiskorjamoissa. Varsinkin lentokonelaitteissa on suuntauksena laitteistojen suorituskyvyn lisääminen suurentamalla toimintojen lukumäärää laitteistojen kokoa kasvattamatta.

3.4 Tutka tekniikka

Tutkalaitteiden kehitys on kulkenut komponenttien, kuten puolijohteiden mikropiirien ja mikroaaltoputkien kehityksen mukana. Komponenttien ansiosta on voitu suunnitella monimuotoisia signaalinkäsittelyjärjestelmiä, joissa käytetään esimerkiksi mikroprosessoreita digitaalisten tietojen käsittelyssä. Yleisiä ovat jo nykyään järjestelmät, joissa tutkamaalien korkeus-, etäisyys-, nopeus- ja identifiointitunnukset esitetään tutkakuva-putkella synteettisenä ja alfanumeerisena näyttönä. Myös moniväri-näyttölaitteita ko tarkoituksiin on kehitetty ja niitä tulee kasvavassa määrin myös käyttöön.

Tulevaisuudessa tutkajärjestelmissä käytetään yhä enemmän tietokoneita ja mikroprosessoreita, joita ohjelmoidaan tilanteen mukaan mm. torjumaan erilaista elektronista häirintää. Kasvava maalitiheys ja automaattiseurantakakanavien määrä pakottaa käyttämään suurimuistisia laitteita. Niiden koon kannalta merkitykselliset muistitiheydet onneksi myös suurenevät.

Lähtimien kehityksestä voidaan todeta, että suurteholähetinputkia kehitetään jatkuvasti muodostamaan yhä voimakkaampia ja puhtaampia lähetyspulsseja suurella taajuusalueella. Yleistymässä ovat pienet pulssikompressiotutkat, joissa lähetetään pitkiä, suurta keskimääräistä tehoa sisältäviä pulsseja. Vastaanottovaiheessa nämä pulssit puristetaan yhteen. Näin saavutetaan parempi erottelukyky ja suurempi kantama kuin samantehoisella koventionaalisella tutkalla. Myös hyppivätaajuuslähettimet ovat yleistymässä elektronisen häirintätekniikankehittymisen seurauksena.

Vaiheistettujen antennien teknologia on ollut tutka-antennien pääkehitysalue jo monia vuosia. Kustannustekijät ovat kuitenkin rajoittaneet tämän tekniikan yleistymistä. Ilmavalvonnassa uuden tekniikan käyttöönotto suurentaa mittaus- ja maalitietojen käsittelytehokkuutta korkeudenmittauksen sisältyessä osana valvontatutkien toimintaan.

Vaiheistettujen antennien tekniikkaan liittyy oleellisesti digitaalinen signaalinkäsittely. Tällaisessa tutkassa lähetin-vastaanotin samoin kuin antenni olisivat ominaisuuksiltaan tietyllä tavalla automaattisesti maalien lukumäärän ja häirinnän mukaan säätyviä.

Tutka tulee jatkuvasti pysymään suurimman kantaman ja informaation keräisykyvyn omaavana valvontavälilinjana. Sen toimintahan on varsin vähän riippuvainen säästä. Erityisesti meri- ja ilmavalvonnassa sillä tulee jatkuvasti olemaan merkittävä osuus. Käyttöä rajoittava tekijä sodan aikana on häirintämenetelmien ja muiden vas-

tatoimenpiteiden kehittyminen. Tutkavalvonnan suurimpana vaikeutena tulee edelleen olemaan matalalla lentävien nopeiden maalien havaitseminen. Matalalla lentämään pystyvät maastonseurantatutkalla varustetut risteilyohjukset samoin kuin lentokoneet ovat yleistymässä. Matalavalvonnan ratkaisuja ovat ilmavalvontalentokoneet ja tehokkaalla etsintätukalla varustetut torjuntahävittäjät.

Tutkaa tullaan käyttämään myös uusilla sovellutusalueilla. Pienet ja kevyet tutkalaitteet tulevat maasodankäynnin kuvaan esimerkiksi panssariaseen ja helikopterin välisessä taistelussa. On todennäköistä niinkään, että periaatetta tullaan käyttämään maahan tai muuhun väliaineeseen kätkeytyvien esineiden paikallistamiseen. Tällä hetkellä tutkitaan mahdollisuuksia ilmaista epälineaarisia elementtejä, esimerkiksi tiettyjä puolijohteita ja ns huonoja metalliliitoksia sisältäviä kohteita, maaliaineita. Kyseessä on harmonoinen tutka, jonka ideana on lähetystaajuuden kerrannaistaajuuksien hyödyntäminen. Eräänä sen sovellutuksena nähdään helikopterista tapahtuva miinojen tai vastaavien kohteiden etsintä.

Lasertutka on kehittynyt nopeasti viime vuosien aikana. Sen suurin etu mikroaalto-
tutkaan verrattuna on parempi kulma- ja dopplererottelu. Kuvanmuodostusominaisuudetkin ovat optisella alueella paremmat.

3.5. Automaattinen tietojenkäsittely

Tietojenkäsittelytekniikka on kehittynyt oleelliseksi osaksi erilaisia ohjaus-, suunnittelu-, toteuttamis- ja seurantatoimintoja niin hallinnollisissa tehtävissä kuin enenevässä määrin myös taistelutekniikan ja sen käytön yhteydessä.

Tietojenkäsittelytekniikkaa käytetään hyväksi melkein pä kaikilla inhimillisen elämän alueilla. Tietojenkäsittelytekniikan kehityksessä havaittavat yleiset kehityspiirteet määrittävät näinollen käyttömahdollisuuksia myös sotilaallisilla sovellutusalueilla. Sovellettaessa tätä tekniikkaa puolustusvoimissa voidaan sen perimmäisinä tehtävinä pitää

- ohjaus- ja johtamistoimintojen edistämistä sekä
- toimintavalmiuden ja toiminnan tehokkuuden lisäämistä.

Välittöminä atk:n osuuteen vaikuttavina tekijöinä pidetään taistelutekniikan automatisoinnin tarjoamia mahdollisuuksia mm. kiristyneiden aikavaateiden sävyttämiin tehtäviin ja suorituksiin. Isot tietokoneet ja minikoneet, joita jo pitkään on käytetty ase- ja valvontajärjestelmien prosessinohjaus- ja atk-tehtävissä, ovat saaneet tuekseen mikroprosessorit toimintojen monipuolistumista helpottavina ja täydentävinä osina. Mikroprosessorit ovat yleistymässä myös pienehköjen asejärjestelmien ja yksittäisten aseiden ohjaus- ja laskinkomponentteina. Tällä alueella kehittymismahdollisuudet ovat suuret.

3.6 Optroniset tiedustelu- ja valvontalaitteet

Optronisia valvonta- ja tiedusteluvälineitä ovat televisiojärjestelmät, vahvistinkameraputkella tai kameraputkella ja valvontavahvistimella varustetut matalan valon te-

levisiojärjestelmät (LLTV), valonvahvistimet, aktiiviset ja passiiviset infrapunajärjestelmät, laser-valvontajärjestelmät ja ultraviolettijärjestelmät sekä näiden yhdistelmät. Usein nämä liittyvät asejärjestelmiin tutkien rinnalla havaitsemis-, mittaus- ja seurantavälineinä.

Valonvahvistintekniikassa on kehitetty prototyyppi, jossa kuva näkyy kaksivärisenä. Elollinen kasvillisuus näkyy punaisena ja eloton materiaali, esimerkiksi panssari-vaunu, vihreänä. Jatkokehitys kohdistuu lähinnä välineiden kenttäkelvopoisuuden parantamiseen siten, että toiminta on varmaa kaikissa sääolosuhteissa. Vaikuttaa siltä, että valonvahvistimet ovat pääosin saavuttaneet teknisen tason, jollaisena ne pysyvät lähimmät kymmenen vuotta.

Optisten tiedustelu- ja valvontavälineiden kehittämiseen ja hankintoihin tällä hetkellä käytettävät rahamäärät osoittavat niihin tunnettavan kiinnostuksen kaikkialla erittäin suureksi ja viittaavat niiden merkityksen kenttäjoukkojen välineinä huomattavasti kasvavan.

Optronisilla valvonta- ja tiedusteluvälineillä sekä niiden häirintävälineillä tulee olemaan suuri merkitys seuraavan vuosikymmenen taistelukentällä. Pimeätaistelussa joukot, joilta nämä välineet puuttuvat, ovat selvästi alakynnessä optroniikkaa laajasti hyväksikäyttävään vastustajaan nähden.

Laseria soveltavista tiedustelu- ja valvontalaitteista on käytössä tai kehitteillä seuraavia sotilassovellutuksia

- lasertutka
- kohteen ilmaisu fluorisenssisäteilystä
- maalin paikantaminen
- televisio- ja tutkakuvan taltiointi
- maaston kuvaus
- valopuomi sekä
- ilman koostumuksen mittaus.

Maalla, maan alla ja ilmassa tapahtuvan akustisen valvonnan uusien kehitys on kohdistunut mm. infraäänien käyttöön. Infraäänillä tarkoitetaan ihmisen kuuloaluetta matalammilla taajuuksilla esiintyviä ilmakehän painevaihteluita. Nykyisen tekniikan avulla näyttää olevan täysin mahdollista kehittää infraäänikuunteluun perustuva, toimiva valvontajärjestelmä. Kohteen paikantamisen tulee tällöin perustua useasta mittauspisteestä saatuun suuntimaan ja sen mahdollisen äänispektrin analyysiin. Järjestelmä ei voi olla aukoton, sillä säävaihtelut aiheuttavat katvealueita ja -suuntia. Säätilasta saatavien tietojen avulla katveet voidaan kuitenkin ennustaa.

Vedenalaisen akustisen valvonnan osalta ei lähitulevaisuudessa voi odottaa minäkään järjestelmän osoittautuvan niin ylivoimaiseksi muihin verrattuna, että se yksin voisi hoitaa valvontatehtävän. Eri menetelmiä on käytettävä siten, että ne täydentävät toisiaan.

Katsauksen tämän vaiheen lopuksi voidaan todeta, että käsittelyn ulkopuolelle jäivät merkittävänä osa-alueina

- johtamis-, viesti- ja tietojensiirtojärjestelmät

- ammusten, ohjusten ja pommien ohjausjärjestelmät
- sähkövoimalähteet ja jakelulaitteet
- elektronisen sodankäynnin teknilliset järjestelmät sekä
- asejärjestelmien koulutukseen oleellisesti liittyvät simulaatiojärjestelmät.

4. PÄÄTÄNTÄ

Sähköteknillisen alan kehitys on edelleen erittäin mittavaa. Sen vaikutukset ulottuvat kaiken inhimillisen elämän alueille. Ei ole sellaista voimaa eikä varaustilannetta, joka johtaisi kehitystä hidastuvaan suuntaan. Me kertakaikkiaan olemme valtaviirrasa mukana. Tässä katsauksessa on puututtu varsin pintapuolisesti niihin toimintamalleihin, joiden avulla sähköteknillinen toimiala tulee selviämään kunnialla kasvavista haasteista. Usko ja luottamus omiin kykyihin on kuitenkin luja ja se perustuu tosiasioiden tiedostamiseen.

PÄÄLÄHTEET

Tutka Suomessa 40 vuotta -kirjan luonnos
Tutkamieskilta ry:n arkistot
Ilmavoimien Esikunnan arkistot
Merivoimien Esikunnan arkistot
Tutkaveteraanien haastattelut
Pääesikunnan sähköteknillisen osaston arkistot