

Katsaus tutkateknillisen tiedustelun ja häirinnän sekä näiden torjuntatoimenpiteiden menetelmiin ja kehitykseen

Kirjoittanut yleisesikuntakapteeni Oiva K A r o

I JOHDANTO

Tutkaa on sanottu toisen maailmansodan salaiseksi aseeksi n:o 1 — välineeksi, joka lopullisesti kallisti voiton liittoutuneiden puolelle. Tämä voitto eetterissä olikin yksi sodan sotilaallisen ratkaisun tärkeimmistä edellytyksistä, mutta voittoa ei saavutettu yksinomaan tutkan avulla, vaan yhtä suuressa määrin tehokkailla häirintä- ja vastatoimenpiteillä, jotka sokaisivat vastustajan tutkat tai saattoivat sen häirintämenetelmät tehottomiksi. Tätä näkymätöntä kamppailua luonnehti sarja toisiinsa kytkeytyneitä toimintoja seuraavassa järjestyksessä:

- uusi tutkalaite otettiin käyttöön;
- vastustaja kehitti nopeasti häirintämenetelmän ja -laitteen, jolla tämä uusi tutka pyrittiin sokaisemaan;
- häirinnän torjumiseksi kehitettiin nopeasti laite tai menetelmä tahi tehtiin rakenteellisia muutoksia itse tutkaan;
- vastustaja tehosti ja kehitti häirintämenetelmäänsä vastaavasti; jne, aina siihen rajaan asti, jolloin kamppailun jatkaminen tällä tavoin osoittautui joko liian kalliiksi ja työlääksi tai ei tuottanut enää toivot-

tua tulosta. Silloin oli siirryttävä uuteen tutkatyyppiin, ja niin alkoi sama toimintasarja jälleen alusta.

Tällä tavoin molemmat liittoutumat joutuivat koko sodan ajan ponnistamaan sekä tieteelliset että aineelliset voimavaransa äärimmilleen — länsivallat säilyttääkseen tutkateknillisellä alalla saavuttamansa etumatkan ja akselimaat lyhentääkseen tätä kohtalokkaaksi osoittautunutta välimatkaa. Toiminta saavutti laajat strategiset mittasuhteet kaikilla sotänäyttämöillä, vei alan tieteellistä kehitystä huimaavan nopeasti eteenpäin ja on sodan jälkeen jatkunut vilkkaana tutkimustoimintana ja tuotantona kaikkialla maailmassa.

Vaikka nykyisin saadaan tietojä pääasiallisesti vain varsinaisesta tutkikalustosta, on selvää, että yhdistelmä: ase — vasta-ase on kaikkialla luonnollisena kokonaisuutena jatkuvan tutkimuksen kohteena. Häirintämenetelmiä ja -laitteita suunnittelevat samat tiedemiehet, joiden vastuulla on varsinainen tutkateknillinenkin kehitystyö.

Seuraavassa luodaan suppea katsaus tutka-alan eriasteisiin sekundäärisiin toimintoihin — tiedusteluun, häirintään ja niiden torjumiseen — niiden tietojen perusteella, joita alan ammattijulkaisuista on voitu saada. Toisen maailmansodan jälkeisen ajan kehityksestä tällä alalla ei ole toistaiseksi näkynyt paljonkaan tietoja julkisuudessa, mutta niistäkin voidaan summittaisia päätelmiä tehdä. Katsauksen rungon muodostavat alan sotakokemukset, joista selvästi käykin ilmi tutka-alan vastatoimenpiteiden ja niiden "kerrannaisten" laajuus, laatu ja merkitys sodan eri vaiheissa.

Vastatoimenpiteet jaetaan kolmeen suureen pääryhmään, jotka ovat:

- 1) vastustajan tutkatekniikkaan ja -toimintaan kohdistuva tiedustelu;
- 2) vastustajan tutkatoiminnan aktiivinen häiritseminen;
- 3) toimenpiteet vastustajan suorittaman tutkatiedustelun ja -häirinnän estämiseksi ja torjumiseksi sekä niiden vaikutusten lieventämiseksi.

Kaikki nämä toimintamuodot edellyttävät jo rauhan aikana rinnakkain tutkateknillisen kehittämistyön kanssa suoritettavaa jatkuvaa tutkimustyötä.

II TUTKATEKNILLINEN TUTKIMUS JA TIEDUSTELU

1. Tieteellinen tutkimustyö

Jokainen tutkan sotilaallisesta käytöstä kiinnostunut valtio seuraa jatkuvasti ja kiinteästi muissa maissa tapahtuvaa tutka-alan kehitystä. Varsinkin pienet maat joutuvat tällöin ottamaan oppipojan asenteen pysyäkseen kehityksen tasalla. On seurattava alan ammattijulkaisuja ja kerättävä eri tahoilta saatavat tiedot vertailu- ja yhdistelykelpoiksi. Erityisen tärkeitä ovat opinto- ja tutustumismatkat ulkomaiden teollisuus- ja tutkimuslaitoksiin, sillä havaintojen tekeminen käytännöllisestä toiminnasta ja keskustelut alan ammattimiesten kanssa voivat vasta tehdä teoreettisen kirjatiehon eläväksi ja toteuttamiskelpoiseksi. Maa ja armeija, jolta puuttuu välitön kosketus ulkomaiseen teollisuuteen ja tekniikkaan, joka on sen omaa kehittyneempää, jää pahasti jälkeen. Niin on asianlaita tutkateknikassakin, jossa vain suurvallan voimavaroilla saattaa olla mahdollista aikaansaada jotakin täysin omaperäistä, ulkolaisista vaikutteista vapaata.

Pienen maan on erityisesti pyrittävä pysymään selvillä niiden maiden tekniikasta, jotka ovat alalla johtavassa asemassa. Jotta tehokas puolustautuminen tutkatoimintaa ja -häirintää vastaan olisi mahdollista, on tunnettava ne laitteet, joita aiotaan häiritä, ja ne häirintälaitteet, joiden vaikutusta vastaan aiotaan taistella. Molemmat toiminnot edellyttävät rauhan aikana suoritettavaa, saatujen tietojen perusteella tapahtuvaa tutkimustyötä, tarvittavien laitteiden hankintaa sekä kokeiluja.

Mitä taas tulee kunkin omien tutkalaitteiden häirittävyys, on luonnollista, että samalla kun kalustoa hankitaan, sen häirittävyys tutkitaan ja pyritään luomaan jo ennakolta keinoja häirinnän torjumiseksi tai lieventämiseksi. Varoittavana esimerkkinä on saksalaisten ilmatorjuntatykistön tulenjohtotutka "Würzburg Dora" joka toisen maailmansodan puolivälistä lähtien joutui niin pahasti häirityksi, että Saksan erinomaisen ilmatorjuntatykistön tehon on laskettu alentuneen 25 %:iin entisestään. Kun pudotusluvut sodan loppuvuosina tästä huolimatta olivat suuret voidaan vain aavistella, millaista tuhoa Saksan

ilmatorjuntatykistö olisikaan liittoutuneiden lentäjille aiheuttanut, jos tutkat olisivat saaneet toimia häiriöittä. Mainittuja tutkia oli valmistettu yli 4.000 kpl ilman, että oli ryhdytty riittäviin toimenpiteisiin häirinnän varalta. Raskaan it-tykistön jättiläisinvestointi (yli tuhat miljardia dollaria) meni täten osaksi hukkaan ja katkeroitti ilmatorjunnasta vastuussa olevien saksalaisten mieliä. Niinpä heidän taholtaan kuultiin jopa lausuntoja, että koko ilmatorjuntatykistö on vanhanaikainen torjunta-ase, koska tutkakaan ei voi olla sille riittävästi avuksi. Liiallinen itsevarmuus ja voiton usko johti tällaiseen varomattomuuteen.

Toisenlaisena esimerkkinä mainittakoon brittien tutka-alan kehitystyö vuosina 1935—40. Samalla kun he loivat valvontatutkaverkkoa, he aloittivat jo kesällä 1937 häirintätutkimukset. Vajaata vuotta myöhemmin he kokeilivat omien häirintälähettimeensä vaikutusta valvontatutkiinsa. Näin saatujen kokemusten perusteella he ryhtyivät toisaalta kehittämään häiriönpoistomenetelmiä ja toisaalta häirintälähettimiä ja muita tämän alan laitteita aktiivista käyttöä silmälläpitäen. Näin tekivät aluksi myös saksalaiset, mutta britit pääsivät ratkaisevan askeleen edelle kun saksalaiset tyytyväisinä runsaaseen, standardisoituun tutkikalustoonsa, joka valmistui vuoteen 1940 mennessä, kutsuivat alan tiedemiehet normaaliin asepalvelukseen ja keskeyttivät tutkimustyön. Vasta vuonna 1943 nämä miehet kiireesti koottiin suunnittelemaan vastatoimenpiteitä brittien tutkahäirinnälle ja tutkimaan näiltä kaapattua 10 sm:n H2S-tutkaa, jollaisesta Saksassa ei ollut uneksittukaan. Siihen mennessä liittoutuneet, joiden tutkimustyö jatkui täydellä teholla keskeytymättömästi, olivat kuitenkin saavuttaneet alalla niin pitkän etumatkan, ettei saksalaisilla ollut enää mitään mahdollisuuksia sitä lyhentää, vaikka he kiinnittivät yksinomaan yli 4000 erikoismiestä (n 90 % alan tiedemiehistä) tutkimaan keinoja "Würzburg"-tutkaan kohdistetun häirinnän estämiseksi ja loput jäljentämään englantilaisten H2S-tutkaa tuotantoa varten. Saatuaan mainitun tutkan vuoden 1944 alussa tuotantoasteelle saksalaisten oli koettava jälleen uusi järkytys, kun briteiltä saatiin kaapatuksi 3 sm:n tutka H2X. Nyt saksalaisille kävi lopullisesti selväksi, että he olivat auttamattomasti hävinneet sodan eetterissä, varsinkin kun he saivat vielä salaisen tie-

dustelunsa kautta tietää, että liittoutuneet tutkivat jo 1 cm:n aaltö-
aluetta ja olivat varautuneet häirintään sekä 10 että 3 sm:n alueilla.

Edellä kerrottu osoittanee, että on kohtalokas erehdys jättää tutka-
alan häirintä- ja torjuntakäsymykset keskeneräisiksi tai kokonaan tut-
kimatta ja ratkaisematta samanaikaisesti itse tutkakalustohankintojen
kanssa. Se olisi suunnilleen samaa kuin valmistaa sota-alus, jolla voi
purjehtia vain tyynellä säällä.

2. Teknilliset tiedustelumenetelmät

a. Tutkatyyppin ja sen teknillisten ominaisuuksien määrittäminen

Kun vihollistutkasta ryhdytään ottamaan selvää, ensimmäisenä toi-
menpiteenä on yrittää päästä selville sen jaksoluvusta ja muista teknil-
lisistä ominaisuuksista, joiden perusteella on pääteltävissä tutkan tyyppi.

Tutkan jaksoluku saadaan selville tiedusteluvastaanottimella, yh-
dellä tai useammalla rinnakkain käytettyinä. Tällaisia vastaanottimia
kehitettiin toisen maailmansodan aikana useita eri tyyppisiä, joista kui-
tenkin ns. panoramaavastaanotin lienee käyttäjän kannalta tehokkain.
Laite on itse asiassa eräänlainen oskilloskooppi, joka peittää esim. 10
MHz:n kaistan kerrallaan ja jota viritysmoottori siirtelee tiedustelta-
valla jaksolukualueella edestakaisin, kunnes lähtävä tutka löytyy ja
antaa merkin oskilloskoopin kuvaputkelle. Laitteeseen voidaan liittää
automaattinen taltioidisjärjestelmä, joka merkitsee muistiin vastaan-
otetun jaksoluvun. Kutakin tunnettua tutkan jaksolukualuetta varten
on oltava oma tarkkailunsa. Toisessa maailmansodassa käytettiin tie-
dusteluvastaanottimia, jotka peittivät mm. seuraavat alueet:

40—3400 MHz (7,5 m—9 sm)

100—1000 MHz (3 m—30 sm)

1000—12.000 MHz (30 sm—2,5 sm)

Näitä käyttivät sekä ilmavoimat että laivasto. Nykyisin lienee ole-
massa tiedusteluvastaanottimia aina 10 metristä 1 senttimetriin saakka.

Toistojaksoluku, pulssin pituus ja muoto sekä suhteellinen amplitudi saadaan selville pulssianalysaattorilla. Kun nämä seikat on saatu tutkasta selville, voidaan sen tyyppistä tehdä jokseenkin varmat johtopäätökset, koska nyt voidaan laskea mm tutkan erottelukyky, joka on eri tyypeillä erilainen. On erityisesti huomattava, että tiedusteluvastaanotinta käyttävä vastustaja on erinomaisen edullisessa asemassa tutkan käyttäjään verrattuna. Kun tutkan huipputehon täytyy olla huomattavan suuri, jotta havaintoetäisyys saataisiin käyttökelpoiseksi, tämä primääriteho esiintyy varsin voimakkaana kenttänä vielä kaukana tutkan havaintoetäisyyden ulkopuolellakin. Sehän vaimenee suoraan verrannollisesti etäisyyden neliöön, kun taas maalista heijastunut teho vaimenee suoraan verrannollisesti maalin etäisyyden neljänteen potenssiin. Näin ollen esim tiedusteluvastaanottimilla varustettu lentokone voi turvallisesti lentää tutkan toimintasäteen ulkopuolella ja saada silti erinomaiset tiedustelutulokset.

b. Tutka-aseman paikantaminen

Kiinteän tutka-aseman suuntiminen voidaan suorittaa tavalliseen tapaan ristisuuntimisella (kaksi tai useampia suuntimisasemia "leikkaa" tutkan paikan) tahi myös nopeasti pyörivää suuntima-antennia ja kapeaa keilaa hyväksikäyttäen yhdelläkin tiedusteluvastaanottimella. Siinä polaaraisella pyyhkäisyllä varustettu kuvaputki osoittaa vastaanotetun merkin voimakkuuden ja piirtää kuvaputkelle polaaridiagramman, jonka maksimi osoittaa tarkkailtavana olevan tutkan suunnan. Kokemus on osoittanut, että suunnittaessa sisämaassa olevaa tutkaa esim lentokoneesta, joka lentää rannikon yläpuolella, keskimääräisenä tarkkuutena voidaan pitää $0,5^{\circ}$ — 1° , jos oma paikka vastaavasti pystytään määrittämään 1—2 km²:n tarkkuudella. Kiinteä, maassa sijaitseva suuntimopiste antaa vastaavasti vielä tarkemman tuloksen, mutta ei useinkaan voi suuntia riittävän kauaksi.

Suuntimisen alaan kuuluvat myös ne lentokoneisiin asennetut tiedusteluvastaanottimet, joiden avulla kone saattaa hakeutua tutkaa käyttävän vihollisen lentokoneen kimppuun. Niinpä englantilaisilla "Mosquito"-yöhävittäjillä oli ns "homing"-laite, joka oli viritetty saksalaisten yöhävittäjien "Lichtenstein"- ("Liisa") tutkan jaksoluvulle ja ilmaisi täten suunnan, mistä vihollisen kone oli löydettävissä.

Saksalaiset eivät olleet tällä alalla sen huonompia, sillä heillä oli useita eri suuntimisvastaanotintyyppisiä, joista kaksi saavutti erittäin hyviä tuloksia, nimittäin

— FuG 227 eli "Flensburg", joka suunti ne englantilaiset koneet, joilla oli tulenjohtotutkana "Monica", sekä

— FuG 350 eli "Nakos", joka oli nerokas, pyörivillä antennilla varustettu tutkagoniometri ja tarkoitettu 10 sm:n H2S-tutkalla varustettujen brittiläisten lentokoneiden paikantamiseen.

Saksalaiset käyttivät näitä laitteita menestyksellisesti, kunnes englantilaiset ottivat käyttöön uuden 3 sm:n tutkansa H2X, jolloin saksalaiset jäivät tekniikassa taas jälkeen.

c. Toimivan tutkan olemassaolon ilmaiseminen

Paitsi edellä esitettyjä tiedusteluvastaanottimia, tutkan olemassaolon ilmaisemiseen voidaan käyttää varsin yksinkertaisia laitteita, suoraan joka miehen välineitä, joiden ilmaisutapa on akustinen, kuuloon perustuva. Tutkan toistojaksoluku kuuluu, kuten tiedetään, korvin kuultavissa olevaan jaksolukualueeseen, ja kun pulssi lisäksi ilmenee eräänlaisena kanta-aallon ylimodulaationa, tämä pulssimodulointi voidaan ilmaista (esim kideilmaisimella) tavalliseen tapaan, vahvistaa pienjaksoasteessa ja syöttää kuulokkeisiin. Tutkan keilan osuessa kohdalle kuullaan vinkuva ääni. Jos äänen voima vaihtelee se on merkinä siitä, että tutka suorittaa hakua pyyhkäisten aika ajoin kuuntelupisteen ohi. Jos merkkiäni käy sen sijaan voimakkuudeltaan tasaiseksi, on ilmeistä, että tutka on ottanut kuuntelijan tarkastelunsa kohteeksi. Niinpä jos tällainen tutkailmaisimien on esimerkiksi tiedustelulentokoneissa, tällöin viimeistään on kaikin keinoin ryhdyttävä pyrkimään pois tutkan keilasta vihollisen torjunta-aseiden väistämiseksi.

Tutkailmaisimia käytettiin toisessa maailmansodassa molemmilla sotaikäyvillä puolilla. Näistä laitteista mainittakoon saksalaisten sukellusveneiden käyttämä FuMB 26 eli "Tunis"-laite, joka oli tärkeä väline sukellusveneiden pyrkiessä suojautumaan brittien tutkalla varustettujen torpedolentokoneiden hyökkäyksiltä. Laite oli yksinkertaisuudestaan huolimatta toimintavarma. Se käsitti kaksi eri jaksolukualueelle

tarkoitettua suunnattavaa antennia sekä kideilmaisimen vahvistimiseen ja kuulokkeineen. Laite pystyi ilmaisemaan ja summittaisesti suuntimaankin viholliskoneet, jotka käyttivät joko 10 sm:n H2S- tai 3 sm:n H2X-tutkaa, niin että sukellusveneelle jäi aikaa painua syvyyksiin suojaan. Keinosta ei kuitenkaan ollut pitemmälti apua, koska sukellusveneen oli aika ajoin noustava pintaan tyydyttämään hapen tarpeensa, ja silloin se oli avuton tutkalla varustettuja lentokoneita vastaan. "Schnorkel"-maston keksiminen oli seuraava askel tässä kamppailussa, mutta sekin vaati vielä omat lisälaitteensa tutkaa vastaan, kuten jäljempänä esitetään.

d. Tutkan peitto- ja kiintomerkkialueen sekä katveiden määrittäminen

Tutkan "peittoalue" eli siis keilan ulottuvuus ja muoto otetaan selville ns keilalenkoilla siten, että tutkavastaanottimella ja kenttävoimakkuusmittarilla varustettu lentokone lentää juuri sillä rajalla, jolta tutka vielä voi sen havaita, samalla kun koko ajan kuunnellaan tutka-aseman jaksoluvulla. Lentäen eri korkeuksissa ja käyttäen useita kursseja saadaan kenttävoimakkuusmittarin avulla selville tutkan peittoalueen rajat eli tutkan keilakuvio. Kuvion perusteella voidaan etukäteen ottaa huomioon mm katveet ja tutkan ominaisuuksista johtuvat peittoalueen epäsäännöllisyydet, jotka muodostuvat kyseisen tutkan heikoiksi kohdiksi.

Katveet ja kiintomerkkialueet voidaan selvittää myös laatimalla kulloinkin kyseessä olevasta maastosta oikeassa mittakaavassa valmistettu korkokuva, jota tutkan paikalle sijoitettu pieni valonheitin valaisee. Tällä tavoin amerikkalaiset selvittivät itselleen Japanin maaston tutkausmahdollisuudet yksityiskohtaisesti. Menetelmä on kuitenkin sangen kallis ja aikaaviepä ja edellyttää, että alueesta on käytettävissä hyviä ilmakuva-arteja.

Katveja ja kiintomerkkialueita hyväksikäyttäen voivat lentokoneet päästä hyvinkin lähelle tavoitettua tutkan niitä havaitsematta, minkä vuoksi valvonnan tulee olla niin paljon "lomittainen", ettei kahdella vierekkäisellä tutkalla ole samoja kiintomerkkialueita tai katveja (vrt naapuritukikohtien keskeinen tulituki).

3. Tutkatiedustelun estäminen

Tutkan sijaintipaikkaa muutettaessa on hämäämismielessä otettava huomioon, että suuri muutos rauhan- ja sodanaikaisten sijoituspaikkojen välillä käy helposti ilmi suuntimalla. Jos sen sijaan paikat valitaan melko lähekkäin ($0,5^{\circ}$ — 1° :n suuntimiskeilan rajoista, mikä esim 100 km:n etäisyydeltä suunnittaessa merkitsee 1—2 km) ja rauhanaikaiseen paikkaan sijoitetaan valetutka, saattaa olla mahdollista, että vihollinen luulee tutkan pysyneen entisessä paikassaan. Vihollisen ”ballistiset vastatoimenpiteet” voivat tällöin kohdistua valetutkaan. Tutkan paikantamista vaikeuttavana seikkana on edelleen mainittava, että jos kaksi lähekkäistä tutkaa toimii yhtäaikaan samalla jaksoluvulla, suuntiva vihollinen ei saa niistä kahta eri suuntaa vaan yhden, joka puolittaa näitä tutka-asemia yhdistävän janan. Tulos antaa siten väärän kuvan asemien lukumäärästä ja sijainnista, mutta virhe voi helposti paljastua, kun toinen tutka vaikennee ja toinen toimii!

Erityisen tehokkaina hämäysvälineinä on pidettävä ns houkutuslähettimiä, joita voidaan sijoitella tutka-asemien välimaastoon ja tarpeen tullen käynnistää. Niiden antama pulssikuva on erehdyttävästi tutkan pulssin näköinen ja houkuttelee siten kohdistamaan huomiota väärin suuntiin.

Varsinaisena passiivisena, tiedustelua ehkäisevänä menetelmänä, jota erityisesti saksalaiset tutkivat ja kehittivät toisen maailmansodan aikana, on vielä mainittava säteilyä imevien peiteaineiden ja suojusten käyttäminen.

Peiteaineina käytettiin erilaisia seoksia, joiden sähköisiä ominaisuuksia luonnehtii yhtälö $\epsilon = \mu$, toisin sanoen aineen dielektriseiteettivakio ϵ on yhtä suuri kuin sen magneettinen permeabiliteetti μ . Sähkömagneettisen säteilyn heijastuminen tästä aineesta on, kerroksen paksuuden ollessa $\frac{1}{4}$ tai $\frac{1}{2}$ aallonpituutta, jokseenkin vähäistä. Useita eri seoksia kokeiltiin vaihtelevalla menestyksellä. Näistä mainittakoon dielektriseen massaan sekoitettu sopiva jauhe, kuten grafiitti, magneetti ja ferriitti.

Suurimpana vaikeutena oli saada aine paksuhkona kerroksena pysymään kiinni esim sukellusveneen ilmamaston karkiosassa, sillä me-

rivesi ja liike pyrkivät liuottamaan ja irrottamaan sen. Myöskin tiedustelulentokoneisiin tätä ainetta siveltiin, mutta raskaana ja suhteellisen paksuna kerroksena se vähensi tuntuvasti koneen nopeutta ja vaikutti haitallisesti aerodynaamiseen tasapainoon. Ennen sodan päättymistä saksalaiset saavuttivat kuitenkin varsin lupaavia tuloksia, sillä 75 %, jopa 90 % tehosta saatiin imeytymään esim Schnorkelin pintaan. Sodan päätyttyä on näitä tutkimuksia tiettävästi jatkettu. Niinpä ainakin Ranskan laivasto on suorittanut kokeiluja sekä sukellusveneillä että tiedustelulentokoneilla.

Sivelemällä tapahtuvan naamiointin sijasta käytettiin esim sukellusveneen ilmapiston huipussa myös erityistä metalli(verkko)-suojusta, joka oli kokoonpantu yhdensuuntaisista poimutetuista levyistä (dipolimatoista), jotka olivat neljännes- tai puoliallon etäisyydellä toisistaan. Interferenssi-ilmiön vaikutuksesta ovat täten suojatusta kohteesta heijastuvien ja siihen saapuvien aaltojen vaiheet päinvastaiset, joten resultantti lähenee nollaa eikä tutka saa maalimerkkiä. Tällainen suojuus, joka on hankala pitää "vireessä" merellä, aallokon ja veden paineen pyrkiessä sitä taivuttelemaan, on tehokas vain tietyllä aallonpituudella ja joillakin sille harmonisilla. Saksalaiset saattoivat kuitenkin todeta, että näiden hämäämismenetelmien ansiosta kaukotoiminta-sukellusveneidän elämisen mahdollisuudet selvästi paranivat.

Vielä voidaan mainita, että tutkan säteilyä läpäiseviäkin naamiointi-aineita on kokeiltu, mutta tulokset eivät ole olleet tyydyttäviä.

Ennen varsinaisen, tutkaan kohdistuvan tahallisen häirinnän ja sen torjuntatoimenpiteiden käsittelyä tehtäköön lyhyt yhdistelmä edelläolevasta.

4. Päätelmiä

Tutkaan kohdistuvien vastatoimenpiteiden ja niiden torjumisen teollista tutkimista viedään eteenpäin rinnakkain varsinaisen tutkateknillisen tutkimuksen kanssa.

Tutkateknillisen tiedustelun tulee olla sekä henkilöstön että välineiden puolesta sellaisessa toimintavalmiudessa, että rauhan aikana voi-

daan kouluttaa runkohenkilöstö ja saada kokemuksia eri välineiden ja menetelmien käytöstä ja käyttöarvosta.

Rauhan aikana käytetyn tutkakaluston summittaiset sijoituspaikat, laitteiden aallonpituus, pulssin muoto ym teknilliset seikat tulevat tunnetuiksi alueella, jonka säde on huomattavasti tutkan havaintoetäisyyttä suurempi.

Edelläoleva merkitsee sitä, että rauhanajan tutkakalusto, jota käytetään koulutuksessa, ei ole sodanajan käyttöön tarkoitettua, koska se on naapurimaiden toimesta varmasti analysoitu ja luetteloitu tarkkoine teknillisine tietoineen.

III TUTKAN HÄIRIÖT JA HÄIRINTÄ

Edellä esitetystä on jo käynyt selville, että toista maailmansotaa edeltäneinä tutkan kehitysvuosina myös häirintäkysymys otettiin tutkimuksen kohteeksi. Näin tapahtui sekä brittien että saksalaisten taholla. Niinpä on todettava, että ensimmäisten häirintätoimenpiteiden aloittaminen sattui molemmilla osapuolilla vuoteen 1940. Tämän jälkeisinä kahtena vuonna (1941—42) brittiläiset ja amerikkalaiset työskentelivät häirintäprobleemien kimpussa yhä kasvavin tutkijavoimin ja runsain määrärahoihin, kun taas saksalaiset tyytyivät käyttämään vuoteen 1941 mennessä valmistuneita häirintävälineitensä. Vuodesta 1943 muodostui sitten käännekohta tutkasodan kulussa. Tällöin sekä englantilaiset että varsinkin amerikkalaiset toivat näyttämölle ratkaisevat häirintävälineensä niin suurina massoina ja niin yllättäen, että saksalaiset eivät tästä iskusta koko sodan loppuaikana enää kyenneet toimimaan. Ehkä ratkaisevinta liittoutuneiden toiminnassa oli sen äkillisyys ja yllättävyys, johon hyväuskoiset saksalaiset eivät enää yli kolmen sotavuoden jälkeen olleet osanneet varautua. Aloitteen näin luisuttua vastustajalle saksalaisten oli pakko tyytyä puolustautujan osaan, ja tällä alalla he saavuttivat varsin merkittäviä tuloksia. Näistä huomattavimpia lienee jatkuvasti käytössä ja tutkimuksen kohteena oleva liikkuvan maalin ilmaisin: saksalaisten "Laus"- ("Täi"-)laite, nykyisin M.T.I. = moving target indicator, jonka periaatteen voittajavallat sodan aikana myös olivat ratkaisseet.

1. Tutkan häiriöt

Omassa tutkassa saattaa esiintyä kipinöintiä ja kohinaa, jotka aiheuttavat kuvaputkelle epämääräisiä häiriömerkkejä haitaten tehokasta toimintaa tai tehden sen mahdottomaksi. Tutkan huoltohenkilöstö voi korjata vian ja poistaa häiriöt.

Toinen lähellä toimiva (tai hyvin voimakas kauempanakin oleva) **tutka** saattaa aiheuttaa näyttölaitteelle häiriömerkkejä ns "running rabbits" (juoksevia kaniineja), jotka siirtyvät edestakaisin pitkin A-putken aika-akselia ja muodostavat käyriä viivoja PPI-putkelle.

Häiriöiden ilmenemistavan perusteella voidaan häiritsevän tutkan toistojaksoluku likimain määrittää seuraavasti:

- häiriömerkit eivät liiku = sama toistojaksoluku kuin omalla tutkalla,
- häiriömerkit liikkuvat oikealle = pienempi toistojaksoluku kuin omalla,
- häiriömerkit liikkuvat vasemmalle = suurempi toistojaksoluku kuin omalla.

Nämä häiriöt eivät tee havainnoimista mahdottomaksi, mikäli häiritsevän tutkan toistojaksoluku ei kovin paljon poikkea omasta toistojaksoluvusta (häiriömerkin liike on hidas).

2. Aktiivinen häirintä ja sen ilmeneminen

Varsinainen tahallinen vastustajan tutkien häiritseminen erilaisin, tarkoitusta varten konstruoiduin laittein on se osa tutkan vastatoimienpiteitä, joka ansaitsee osakseen tutkan käyttäjän suurimman huomion.

a. Häirintälähettimet

Tutkan näyttölaitteen sokaisemiseksi voidaan käyttää lukuisia erilaisia häirintälähettimiä. Näistä mainittakoon päätyypit ja niiden vaikutuksen ilmenemismuodot kuvaputkella:

— **Jatkuvat aallot** antavat tasaisen valaisevan pinnan, joka ei kuitenkaan ole kovin laaja eikä siten estä havaintojen tekemistä häirityn sektorin ulkopuolelta.

— Moduloidut aallot

Lukuunottamatta kohinalla moduloituja aalloja voidaan häirinnästä huolimatta maali havaita suhteellisen helposti. Kaikki moduloidut aallot aikaansaavat oman luonteenomaisen häiriökuvionsa. Maalimerkit ovat useimmiten havaittavissa poikkeamina häiriökuvion muutoin säännöllisestä muodosta. Modulointitapoina voidaan käyttää kaikkia tunnettuja menetelmiä.

Pienjakoiset pulssit näkyvät ns valemaaleina, täplinä kuvaputken pinnalla häirinnän lähteen suunnassa.

Kohina sisältää kaikkia eri jaksolukuja ja on häirintälähetysistä tehokkain. Sen synnyttämiseksi voidaan käyttää esim kaasutäyteistä putkea. Se pimittää koko PPI-kuvaputken, mutta jos maalimerkki on voimakas, sen voi erottaa. Jos häiriö on heikko, maalimerkki näkyy A-putkella häirintäkuvion yläreunassa; jos taas voimakas, maalisyvennys näkyy häirintäkuvion alareunassa.

Häirintälähettimen tehoksi riittää murto-osa siitä huipputehosta, joka tutkan pulssilla on antennista lähtiessään. Niinpä voidaan mainita, että jos 500 kW:n huipputehon omaava tutka seuraa maalia 100 km:n päästä, tutkalle palanneen merkin (teoreettinen) teho ideaalisesta maalista heijastuneena vastaa muutaman kymmenen watin tehoisen häirintälähettimen kenttävoimakkuutta vastaavalta etäisyydeltä. Täten saksalaisten ja brittien ensimmäiset häirintälähtimet metriaaltoisia vanhoja valvontatutkia vastaan olivat vain 3—50 watin tehoisia ja kykenivät silti tehokkaasti sokaisemaan vastustajan valvonnan.

Häirintälähettimen on toimittava häiritävän tutkan aallolla siten, että poikkeama siitä on enintään tutkan vastaanottimen kaistaleveyden (2—5 MHz) luokkaa. Tämä merkitsee joko sitä, että häirintälähetin kiinteänä voi häiritä vain sitä tutkaa, jota silmälläpitäen se on rakennettu tai, jos lähettimen jaksolukua voidaan säätää, se ei voi pysytellä virityksen aikana toiminnassa. Tällöin häirintä ei muodostu tutkalle kovin haitalliseksi.

Häirintä nykyisillä senttimetriaalloilla edellyttää näköyhteyttä tutkan antenniin. Kun tämä etäisyys maa-asemien kesken rajoittuu melko pieneksi, on pidettävä normaalina käytäntönä, että häirintälähtimet sijoitetaan lentokoneisiin, kuten jo viime sodassakin yleensä oli asianlaita. Koneet osallistuvat ilmahyökkäyksiin häirintätehtävin.

Toisessa maailmansodassa käytetyistä häirintälaitteista tunnetuimpia oli englantilaisten sodan alkupuolella käyttämä 30 watin "Piccolo"-lähetin, joka peitti saksalaisten ilmavalvontatutkan "Freyan" ("Raijan") 120—128 MHz:n jaksolokuaalueen. Laite oli lentokoneeseen asennettu. Toinen kuuluisaksi tullut ja tuhansina kappaleina lentokoneisiin asennettu häirintälähetin oli amerikkalaisten valmistama desimetriaaltonen "Carpet" muunnoksineen. Sen tehtävänä oli sokaista saksalaisten "Würzburg Dora"-tutkan ("Irjan") näyttölaite yhdessä ns silppuhäirinnän kanssa.

Erikoinlaatuinen konstruktioiltaan oli amerikkalaisten Englantiin 1944 asentama "Tuba"-häirintälähetin. Laite toimi alueella 1 m — 40 cm ja oli tarkoitettu suuritehoiseksi saksalaisten hävittäjäutkien ("Liisa") sekä valvontatutkien "Würzburg" ja "Seetakt" häirintävälineeksi. Uusi Resnatron-putki antoi lähettimelle ainutlaatuisen 30 kW:n jatkuvan tehon, joka hetkellisesti voitiin nostaa jopa 100 kW:iin saakka. Tuban antennin muodosti rautalankaverkosta tehty 45 m:n pituinen vaakasuora sektorinmuotoinen torvi, ja aaltoputken mitat olivat myös valtavat: toinen 40×15 sm ja toinen 55×15 sm. Suunnattu keila ulottui kauas Saksan alueelle ja häiritsi saksalaisten yöhävittäjien tutkankäyttöä, mutta toiminta muodostui lyhytaikaiseksi saksalaisten vaihdettua samaan aikaan hävittäjäutkansa uuteen tyyppiin.

Menestyksellisestä tutkahäirinnästä on esimerkkinä saksalaisten taistelulaivojen "Scharnhorstin" ja "Gneisenau" sekä raskaan risteilijän "Prinz Eugenin" kuuluisa kujanjuoksu läpi Kanaalin Brestistä Helgolantiin 12. 2. 1942 ilman että englantilaiset kykenivät saamaan niihin enempää kuin 3 nelituumaisen rannikkotykin osuaa. Saksalaisilla oli pitkin Kanaalin rannikkoa häirintäasemaketju, joka tarkoin vastasi englantilaisten tutkaketjua toisella rannalla. Tämä häirintäketju pantiin laivojen läpikulun ajaksi täydellä teholla toimintaan, ja niin englantilaiset saattoivat käyttää ainoastaan desimetri- ja senttimetriaaltoisia tutkia tapahtuman toteamiseen. Näitä vastaan ei saksalaisilla ollut häirintälähettämiä, mutta häiriöttömiä tutkia oli liian vähän ja lisäksi niiden toimintaanpano myöhästyi.

Tutkahäirintätaktiikan normaalina menettelytapana on sijoittaa häirintälähettimet ja etsintävastaanottimet lentokoneisiin, jotka seu-

raavat hyökkäävän lentomuodostelman mukana. Häirintä saadaan tällöin lähietäisyydeltä tehokkaaksi. Amerikkalaiset käyttivät tähän tarkoitukseen jopa 4-moottorisia pommikoneita, joissa saattoi olla yli 30:kin häirintälaitetta koneen ainoana lastina miehistön lisäksi. Ne olivat siis todellisia "häirintäpattereita". Laitteiden toiminta voidaan järjestää automaattiseksi siten, että tiedusteluvastaanotin kuuntelee tiettyä leveätä jaksolukukaistaa siirtyillen alueella edestakaisin, ja kun se toteaa toimivan vihollistutkan, se pysähtyy sille kohdalle ja käynnistää häirintälähettimen. Välillä lähetys keskeytyy muutamiksi mikrosekunneiksi ja vastaanotin tarkkailee, vieläkö vihollisen tutka on toiminnassa tällä jaksoluvulla. Ellei ole, häirintälähetys katkeaa automaattisesti ja vastaanotin ryhtyy jälleen hakemaan uhria. Tällaisen lähettimen tehoksi riittää 10—20 wattia.

Saksalaisilla oli puolestaan englantilaisten 10 sm:n H2S-tutkaa häiritsemään konstruoitu klystron-häirintälähetin, jossa oli suunta-antenni. Tämän 6°:n keilan teho oli hyvä aina 40 km:n etäisyydelle asti. Laitte oli lentokoneessa.

Kaiken kaikkiaan on todettava, että erilaisia häirintälähettämiä käytettiin jo toisessa maailmansodassa useita kymmeniä eri tyyppisiä ja niiden vaikutus tutkatuimintaan oli ratkaisevaa laatua. Tutkasta tuli niiden toiminnan takia kallis ase.

b. Väärien heijastusten aikaansaaminen

Aktiiviseen häirintään oleellisena osana liittyi toisessa maailmansodassa erityisesti ns häirintäsilpun (window, chaff, Düppel, maidens hair, flak) käyttö yhdessä häirintälähettimien kanssa. Tähän oli varauduttu niin saksalaisten kuin liittoutuneidenkin taholla. Ensimmäisinä tätä häirintää käyttivät englantilaiset 24—25. 7. 1943 Hampurin pommituksen yhteydessä. Saksalaiset olivat tosin kokeilleet menetelmää Itämerellä kaikessa salaisuudessa jo 1940—41, mutta luopuneet sen käytöstä peläten aseiden muodostuvan kaksiteräiseksi miekaksi. Syyskuussa 1943 hekin ryhtyivät sitä käyttämään.

Häirintäsilpun (alumiiniliuskojen) periaate on yleisesti tunnettu. Puolen aallon (+ 10 %) pituiseksi leikatut suikaleet, jotka suurina pilvinä pannaan leijaillemaan lähestyvän pommikonemuodostelman

eteen niiden reitille, antavat voimakkaita heijastuksia dipolin tapaan resonanssialueella, joka käsittää 8 % keskijaksoluvusta. Huomioonottaen saksalaisten valvontatutkakaluston jaksoluvut, näitä suikaleita oli kahta eri pituutta, 25 ja 29 sm. Tämän kirjoittajalla oli vuonna 1944 tilaisuus muutamia kertoja poimia näitä "joulukuusen koristeita" Berliinin Tiergartenista liittoutuneiden suurpommitusten jälkeen.

Silpun aiheuttama sakara A-putkella värisee enemmän kuin oikea maalisakara, kasvaa silpun hajaantuessa ja heikkenee vähitellen. Totutunut tutkaaja tuntee sen syntyneen häirintäkuvion takaosan perusteella silppuhäirinnäksi. Silpun sisällä olevat lentokoneet ovat katveessa, mutta kauempana tämän "pilven" takana olevat muodostelmat voidaan kyllä saada näkyviin.

Kulma- ja soppiheijastimilla voidaan niin ikään aikaansaada valemaleja tutkalle. Niitä voidaan joko lähettää kaasupallojen varassa ilmaan tai sirotella maastoon tarpeen mukaan.

IV HÄIRINNÄN TORJUNTAMENETELMÄT

Häiritsevän lähetyksen tai valemalemerkin saapuminen riittävän voimakkaana tutkan antenniin on riippuvainen monista, edellä jo tavalla tai toisella esille tulleista seikoista. Niinpä tutkan käyttäjällä on mahdollisuuksia taistella häirintää vastaan sekä itse tutkaan kuuluvien laittein että erikseen tarkoitusta varten valmistetuin teknillisin välinein.

1. Häirintävaikutusta rajoittavat tekijät ja keinot

Tutkan teknilliset ominaisuudet vaikuttavat huomattavasti häirinnän tehokkuusasteeseen. Tutkatyyppiä, jolla on kapea keila, lyhyt pulssi ja suuri erottelukyky, on vaikea saada niin pahasti häirityksi, että sitä voitaisiin pitää kokonaan toimintakyvyttömänä. Niinpä 3—10 sm:n tutkan antenni ei ota kovinkaan leveältä alueelta vastaan häirintälähetystä, ellei tämä ole poikkeuksellisen voimakasta (lähietäisyydeltä).

Edelleen voi olla mahdollista säätää, välittömästi häiriön alettua, tutkan jaksolukua niin paljon, että se poistuu häirityltä kanavalta. Tämä keino tehoaa sekä sähkömagneettista että silppuhäirintää vastaan, mutta lienee kenttäoloissa vaikea toteuttaa, tutkan viritys kun menee helposti sekaisin.

Yksinkertainen ja usein tehokas keino on vähentää vahvistusta ja etsiä sopiva vahvistuksen ja kirkkauden yhdistelmä, joka antaa parhaan kontrastin ja tekee mahdolliseksi maalien havaitsemisen. Yleensäkin tutkamittaajan taitavuudesta ja tarkkaavaisuudesta riippuu useasti hyvin paljon, saavuttaako häirintä tarkoituksensa vai muodostuuko se vain ohimeneväksi harmiksi. Mittaaminen häirinnän alaisena on tämän vuoksi useimpien maiden tutkamittaajien koulutuksessa tärkeällä sijalla.

2. Varsinaiset häirinnän torjuntamenetelmät

Häirintälaitteiden alkaessa toisen maailmansodan puolivälistä lähtien yhä pahemmin haitata varsinkin saksalaisten runsasta standardisoitua tutkakalustoa, suuret tiedemies- ja teknikkoryhmät (tuhansia henkilöitä molemmin puolin) asetettiin yksinomaan häirinnän torjuntatehtäviin. Luotiin monenlaisia laitteita ja menetelmiä — varsin kalliitakin — sillä suuria tutkamääriä ei käynyt hetkessä vaihtaminen uusiin, häiriöttömiin.

Menetelmistä mainittakoon mm seuraavat:

a. Polarisaation vaihtaminen

Häirinnän ja vastahäirinnän välisessä kamppailussa on otettava huomioon, että häirintälaitteen on toimittava samalla polarisaatiolla, jota häiritävä laite käyttää. Kun polarisaatio vaihdetaan, vastatoimenpiteet eivät enää onnistu. Esimerkkinä mainittakoon, että kun saksalaiset saivat valmiiksi häirintää estämään tarkoitetun lähettimensä, jonka polarisaatio oli valittu pystysuoraksi englantilaisten häirintälaitteen pystysuorasti polarisoidun stub-antennin mukaan, viimeksi mainitut vaihtoivat sen tilalle viipymättä vaakasuorasti polarisoidun "Fishhook"-antennin.

b. Pitkän jälkihohdon omaava kuvaputki

Tutkan kuvaputkeksi voidaan häirinnän torjuntaa silmälläpitäen valita mainitunlainen kuvaputki, johon varsinainen maali piirtyy muuttumattomana ja terävänä, kun taas kohinamoduloitu häirintä antaa epämääräisemmän merkin. Täten vakavina pysyvien ja hitaasti muuttuvien maalien kohinasuhde muodostuu paremmaksi. Sopivan värisuotimen käyttö kuvaputken päällä vähentää näyttöpinnan hehkua (punoitusta), jonka aiheuttavat häirintälähetysten "hakkelus"-merkit, ja saa aikaan sopivan kontrastin ja siten paremman tutkakuvan.

c. Rakenteelliset lisälaitteet ja kytkentäelimet

Tutkan vastaanottimeen voidaan lisätä useita erilaisia häirinnäntorjuntaelimiä. Välijakson kaistaleveyden säädöllä pyritään jossakin määrin rajoittamaan leveäkaistaista kohinamoduloitua häirintälähetystä.

Erilaiset rajoittajapiirit puolestaan katkaisevat häirintämerkkien huiput maalimerkkien tasalle ja ovat täten tehokkaita suojalaitteita kohina- ja pulssimoduloitua häirintää vastaan.

Ylipäästösuodattimet ja lyhyen aikavakion omaavat välipiirit, jotka voidaan kytkeä videovahvistinasteiden väliin, vähentävät jatkuvaaltoisten ja amplitudimoduloitujen häirintälähetysten vaikutusta. Lisäpiireinä voidaan käyttää erilaisia integroivia, differentioivia, automaattisesti voimakkuutta säätäviä tai muita analyysoivia piirejä, joilla on edullinen vaikutuksensa tutkan omaan pulssiin ja heikentävä vaikutus kohina- ja pulssimoduloitua häirintää vastaan. Muitakin tämän-
tapaisia keinoja on olemassa.

Häirinnän eksytyslaite estää vastustajan häirintäpulssin synkronoitumasta maalipulssiin ja siten pääsemästä kuvaputkelle asti. Tämä lisälaitte synnyttää mielivaltaisesti vaihtelevan "jitterbug"-pulssin, jolla tutkan kantoaalto saadaan häirintäpulssille mahdottomaksi jäljitellä.

Silppuhäirinnän eliminoimiseksi voidaan käyttää apuantennilaitetta, jolle on ominaista hyvin terävä keila. Yleensäkin on todettu, että kapeakeilainen tutka (korkeudennäyttölaitte) antaa silpun läpi selvimmän ja vähiten häirityn näytön.

d. Häirinnän vaientaminen

Viimeisenä keinona häirintää vastaan ovat luonnollisesti "ballistiset vastatoimenpiteet", vastustajan häirintäasemien tuhoaminen pommituksin tai tykistöllä. Tätä varten tutkaan voidaan liittää automaattinen häiritsijän etsijä, joka selvittää häirinnän lähteen suunnan ja jaksoluvun. Nämä tiedot ilmoitetaan pommituslennostolle, aluksille tai tykistölle, joiden varustukseen kuuluu samanlaiset automaattiset häirinnäetsintälaitteet, jotka ovat aikaisemmin mainitulla "homing"-periaatteella toimivia. Aseina voidaan käyttää esim tutkakärjellä varustettuja automaattisesti maaliinhakeutuvia raketteja tai liitopommeja, jotka tuhoavat häirintälähteen laitteineen. Näitä aseita voidaan käyttää myös itse tutkalaitteitakin vastaan, jolloin vihollistutka tahtomattaan toimii ammusta ohjaavana majakkana.

3. Esimerkkejä käytännön sovellutuksista toisessa maailmansodassa

Liittoutuneiden tehokkaan häirinnän takia saksalaisten oli pakko kehittää erilaisia lisälaitteita häirinnän tehokkuuden vähentämiseksi; näitä selostetaan seuraavassa lyhyesti.

- "Nürnberg"-menetelmän tarkoituksena oli lisävahvistimen avulla erottaa lentokoneen antama maalimerkki häirintäsilpun aiheuttamasta heijastuksesta; todellisen maalin antama merkki moduloitui tietyllä tavalla (matalajaksoisesti), kun taas häirintäsilpun heijastus ei niin tehnyt. Menetelmä oli altis sähköiselle häirinnälle eikä pystynyt silloin toimimaan.
- "Stendal"-menetelmä oli suuntimisjärjestelmä, jolla häirintälähteen sijainti ja suunta saatiin selville, joskin etäisyyden määrittämiseen tarvittiin kahden aseman leikkaustulos.
- "Goldammer"-menetelmän avulla voitiin kuvaputkia käyttää olosuhteissa, jolloin häirintä oli minimissään. Siinä käytettiin hyväksi maalin antaman ja häirintälähteen lähettämän pulssein polarisaatioeroa; keino menetti merkityksensä, kun häirintälähteen toimi vaihtuvalla polarisaatiolla.
- "Wisnar"-menetelmän ideana oli antaa kullekin tutkalle useita vaihdettavia jaksolukuja. Häirinnän alkaessa valittiin heti uusi

häiriötön aalto. Menetelmä sellaisenaan on tehokas, joskin hidas ja hankala, mutta se menettää merkityksensä, jos häirintä-asema on varustettu pyyhkäisevällä panoraamavastaanottimella ja häirintälähetin seuraa automaattisesti sen "löytöjä".

- "Laus"-menetelmä oli saksalaisten tämän alan keksinnöistä huomattavin ja se on elinkelpoinen tänäkin päivänä M.T.I:n nimisenä. Menetelmä perustuu toteamukseen, että lähettimen suhteen liikkeessä olevasta maalista heijastuneiden aaltojen jaksoluku muuttuu (Döppler-Fizeau-ilmiö). Laite liitettynä "Freyaan" oli nimeltään "Freyalaus" ja "Würzburgin" yhteydessä "Würzlaus", ja se teki mahdolliseksi erottaa nopean lentokoneen antaman heijastuksen suhteellisen liikkumattoman "window"-silpun heijastuksesta. Aktiiviselle häirinnälle se oli altis.

Nykyisin menetelmä on liitetty eräiden tutkatyyppien yhteyteen kiintomerkkialueen heijastusten eliminoimislaitteena.

Eräänä tärkeänä tutkailmaisinalitteena mainittakoon lopuksi I.F.F.-laite (omatunnuslaite), joka toisesta maailmansodasta alkaen on kuullut kaikkien maiden sotilaslentokaluston ja tutka-asemien vakiovarustukseen. Sen tarkoituksena on oman tutkan keilaan joutuessaan automaattisesti antaa tutkalle sovittu tunnusmerkki, joka ilmaisee, että kone on oma. Tätä varten on sekä tutka-asemalla että lentokoneessa lähetin-vastaanotinyhdistelmät, joista maassa oleva "kysyjä-kuunteleija" toimii tutkan pulssiin tahditettuna ja antaa lentokoneesta saamansa, vaihdettavissa olevan salaisen tunnuspulssin välittömästi tutkan kuvaputkelle. Laitteiden teho on 100 W tai vähemmän.

4. Päätelmiä

Tutkahäirinnän ja sen torjunnankin mahdollisuudet ovat moninaiset ja osaksi varsin yksinkertaiset toteuttaa. Tämän vuoksi alaa on kaikkialla jatkuvasti tutkittu ja kehitetty.

Tutkakaluston standardisointi on häirintää suosiva toimenpide, joten sitä on pyrittävä välttämään. Systemaattisen häirinnän uhriksi joutuminen tietää uuden tutkakaluston hankkimista, mikä on kallista ja aikaavieppää.

Mainittakoon, että britit arvioivat vielä v 1942, että 6 viholliskonetta muutamalla häirintälähettimellä varustettuna olisi tehnyt toimintakyvyttömiksi 70 % heidän tutkistaan. Amerikkalaiset puolestaan saivat kesällä 1943 Floridassa järjestetyssä näytöksessä todeta, että 3 lentokonetta, joissa oli kussakin 2 häirintälähetintä, sokaisi kaikki heidän silloiset tutkatyyppinsä. Mutta USA:n magnetronit olikin standardisoitu häirintää suosivalla tarkkuudella.

Koulutuksessa pidetään häirinnän alaisena toimimista oleellisena osana, jotta mittaaajat saisivat kuvan myös niistä olosuhteista, jotka häirinnän aikana tulevat kyseeseen.

V TULEVAISUUDEN NÄKÖALOJA

Radiosota tulee ilmeisesti entisestäänkin kiristymään. Ensinnäkin on tähän olettamukseen perusteluna yhä lisääntyvä radio- (tutka-) ohjauksen käyttö kaukoraketeissa ja robottilentokoneissa. Radiosyöttin tulee myös ilmeisesti saamaan vasta-aseen, joka aikaansaa ennenaikaisen syyttymisen.

Toisena perusteluna voidaan todeta, että radioteknisellä alalla ollaan todennäköisesti lähestymässä luonnonlakien asettamia fysikaalisia raja-aitoja, erityisesti mitä tulee aaltojen etenemiseen. Niinpä on ilmeistä, että meidän jo nyt tuntemillamme aloilla radiotekninen kamppailu tulee tapahtumaan nykyisen tyyppisillä välineillä, jolloin alan puuttuva laajeneminen on korvattava tehokkuudella ja parannetuilla menetelmillä. Joka tapauksessa on "ase — vasta-ase" kamppailussa päädyttävä lopuksi samaan, nimittäin että

tiettyyn paikkaan on saatava muodostumaan voimakkaampi sähkömagneettinen kenttä kuin mihin vastustaja siellä kykenee ja tämä samalla jaksoluvulla kuin millä vastustajan laite toimii. Kahdesta kilpailijasta se, joka nopeammin saa aikaan kilowattiylivoiman koko yhteisellä toiminta-alueella, tulee voittamaan kamppailun eetterissä.

Ratkaisevimpana tekijänä edellä sanotussa toiminnassa on maan tieteellis-teollinen potentiaali ja sen järkipäiväinen hyväksikäyttö soti-

lasjohdon antamiin tehtäviin. Niinpä tiedetään, että Yhdysvallat käytti vuosina 1941—45 noin 300 miljoonaa dollaria (100 miljardia markkaa) yksinomaan tutkahäirintätutkimuksiin ja että brittiläisillä oli tämän alan toimihenkilöitä toisen maailmansodan lopussa yli 10.000. Tutkaja sen vastatoimenpiteet ja niiden torjuminen tulee ilmeisesti vastaisuudessaakin vaatimaan huomattavia tutkijavoimia ja myös varoja, sillä mitään uutta tekniikkaa ei sotilaallisena sovellutuksena saada ilmaiseksi.

Lähdekirjallisuutta

- Ev V E Saura: Tutka toisessa maailmansodassa, WSOY, Porvoo 1950
 Luutn A Lausama: Tutkan vastatoimenpiteet, Viestimies n:o 3/1947, ss 28—32
 C G Suits ym: Science in World War II; Applied Physics: Electronics, Optics, Metallurgy
 James Phinnoy Baxter 3 rd: Scientists against time, Little, Brown and C°, Boston, 1950
 A P Rope: One story of Radar, Cambridge University Press, 1948
 Lt Colonel Poncet: Contremesures Radio dans la 2 éme Guerre Mondiale; Forces Aériennes Françaises, Paris, 1952
 Oblt Max Wildi: Die Verwendung von Radar in unseren Verhältnissen; Allg. Schweizerische Militär Zeitschrift, helmikuu 1951, liite
 Ted Powell: Radar countermeasures; Ordnance touko—kesäkuu 1951, ss 565 ja seurr

Aikakauslehtiä:

- Army Air Force, kesäkuu 1946, sivu 42 "Ferret Aircraft"
 Wireless World, maaliskuu 1952, ss 97 ja seur "Anti-jamming"
 Military Review n:o 10/1955, ss 83—87 "Electronic Countermeasures as a Weapon of War"
 Eräiden henkilöiden antamia tietoja