



# **Valtakunnallisen säteilyvalvonnan kehittyminen Suomessa**

Jussi Paatero (Toim.)



Suojelu, pelastus ja turvallisuus ry

Kannen kuva: Laskeumakeräin ja sen takana oikealla aerosolikeräin Ivalon lentoaseman säähavaintokentällä toukokuun alussa 1962 (Kuva: Ilmatieteen laitos)

# **Valtakunnallisen säteilyvalvonnan kehittyminen Suomessa**

Jussi Paatero (Toim.)

ISBN 978-952-69028-3-8 (pehmeäkantinen)

ISBN 978-952-69028-4-5 (PDF)

Picaset Oy  
Helsinki 2023



## SISÄLLYSLUETTELO

*Esipuhe*

<i>Sisäministeriön säteilyvalvontaverkko</i> Janne Koivukoski .....	9
<i>Säteilyvalvonnan ja sitä tukevan tutkimuksen alkutaival Suomessa</i> Anneli Salo .....	17
<i>Ilmatieteellinen keskuslaitos ja ilmakehän radioaktiivisuus - tästä se alkoi</i> Rolf Mattsson .....	31
<i>Menetelmien kehitys ilmakehään tapahtuvien radioaktiivisten päästöjen leviämisen arvioimiseksi</i> Göran Nordlund .....	38
<i>Säteilyvalvonnan alkutaival puolustusvoimissa - Säteily ja sen valvonta 1945–1965</i> Mikko Elo .....	57
<i>Suomalainen säteilymittarisaaga</i> Tuomo Saarinen .....	92
<i>Aihepiiriin liittyvää kirjallisuutta</i> .....	122

Artikkelien sisällöstä vastaavat niiden kirjoittajat.

## ESIPUHE

Vuoden 2012 tienoilla keskustelimme silloisen Säteilyturvakeskuksen toimistopäällikön Olli Vilkamon kanssa, että pitäisi vielä kerran saada koolle henkilöt, jotka olivat mukana 1950-luvun lopulta lähtien kehittämässä valtakunnallista säteilyvalvontaa Suomessa. Lopulta Suojelu, pelastus ja turvallisuus ry sitten järjesti seminaarin ”Säteilyvalvonnan kehittyminen Suomessa” Vaisala Oyj:n tiloissa Vantaalla 22.10.2014. Seminaarin aikana heräsi jo ajatus, että seminaarissa pidetyt esitelmät pitäisi saada kirjalliseen muotoon. Kuten talkootöinä tehdyillä historiikeilla on usein pahana tapana, tämäkin kooste on ottanut oman aikansa tullakseen lopulliseen muotoonsa.

Säteilyvalvonnan kehittäminen 1950-luvun lopulta alkaen tehtiin alusta lähtien niin hyvin, että järjestelmä on pääpiirteissään säilynyt ennallaan nykypäiviin asti. Jälkikäteen katsoen hämmästyttävän nopeasti, vain muutamassa vuodessa, Suomeen luotiin käytännössä tyhjästä kokonainen ympäristövalvonnan ja -tutkimuksen ala. Varsinaisten säteilymittausten lisäksi työ vaati laiteinvestointeja ja osaamisen kehittämistä mm. näytteenotto- ja mittaustekniikan, geofysiikan, meteorologian, seismologian, radioekologian ja säteilybiologian alalla. Kiitos ja kunnia alan pioneereille, joiden luomalta perustalta meidän nuorempien on ollut hyvä jatkaa!

Säteilyvalvonnan käynnistämisen kanssa samaan aikaan Suomessa aloitettiin ydinenergian käytön tutkimus- ja kehitystoiminta koereaktoreineen ja pilottivaiheen uraani-kaivoksineen kaikkineen. Tälläkin saralla Suomi on nykyisin maailman kärjessä mm. käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen suhteen.

Viranomaistoiminnan ja tiedeyhteisön tarpeet ovat synnyttäneet myös teollista toimintaa Suomessa. Jäljempänä kuvataan tarkemmin Wallac Oy:n tarina. Muita toimijoita oli ja on mm. Senya Oy, jonka aerosoli- ja laskeumakeräimiä on ympäri maailmaa Etelämantereelta Huippuvuorille. Kata-Electronics Oy Pohjois-Karjalassa on tuottanut kannettavia säteilymittareita lisävarusteineen. Suomen Kaapelitehdas Osakeyhtiö aloitti 1960-luvun alussa monikanava-analysaattorien tuotannon, joka jatkui yritysjärjestelyjen jälkeen Oy Nokia Ab:n ja sittemmin Afora Oy:n nimissä aina 1990-luvun alkuun Neuvostoliiton clearing-kaupan loppumiseen asti. Vaisala Oyj toi markkinoille yläilma-kehän säteilyvalvontamenetelmäksi radioaktiivisuusluotaimet jo 1960-luvun alkupuolella. Onpa Suomessa kehitetty säteilyilmaisin, RADMON, ollut maata kiertävällä radallakin Aalto-1 -satelliitin kyydissä.

Kirjoittajista Janne Koivukoski on toiminut sisäministeriössä säteilyvalvonnan operatiivisissa ja johtotehtävissä. Anneli Salo työskenteli Säteilyturvakeskuksen ympäristövalvonnan asiantuntija- ja johtotehtävissä sekä Kansainvälisessä Atomienergiajärjestössä (IAEA). Rolf Mattsson oli asiantuntija- ja johtotehtävissä Ilmatieteen laitoksen radioaktiivisuuden ja ilmanlaadun seurannassa. Göran Nordlund toimi asiantuntija- ja johtotehtävissä Ilmatieteen laitoksella leviämismallimenetelmien ja ilmanlaadun parissa. Mikko Elo työskenteli Puolustusvoimissa CBRN-suojeluun liittyvissä tehtävissä. Tuomo Saarinen puolestaan toimi myyntitehtävissä Mirion Oy:ssä.

Kiitän Vaisala Oyj:tä seminaarin isännöimisestä, seminaarin osallistujia mielenkiinnosta aihepiiriä kohtaan ja etenkin esitelmöitsijöitä ja kirjoittajia heidän panoksestaan tämän katsauksen koostamisessa.

Helsingissä joulukuussa 2022

Jussi Paatero



## Sisäministeriön säteilyvalvontaverkko

Janne Koivukoski

### Tiivistelmä

Ulkoisen säteilyn valvonta aloitettiin Suomessa 1950-luvun loppupuolella. Ensimmäiset raportoidut radioaktiivisuushavainnot sadevedestä tehtiin syksyllä 1955. Ulkoisen annosnopeuden valvontaa on tehty säännöllisesti Suomessa 1960-luvun alkupuoliskosta lähtien. Valtakunnallinen säteilyvalvontaverkko rakennettiin alussa väestönsuojelutarkoituksiin. Perusteet säteilyvalvontaverkon kehittämistä asetettiin säteilyvalvontatoimikunnan mietinnössä (Loppuraportti, 1965).

Koko maan kattavan verkon rakentaminen aloitettiin ilmakehässä tehtyjen Novaja Zemljan ydinasekokeiden aikoihin vuosina 1961-1962. Three Mile Islandin ydinvoimalaonnettomuuden (1979) jälkeen käsitykset ulkoisen säteilyvalvonnan tarpeista ja perusteista muuttuivat jonkin verran, mutta Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuus muutti jyrkästi kehityksen suuntaan. Tšernobylin onnettomuuden (1986) jälkeen vaadittiin tarkempaa ja reaaliaikaisempaa tiedottamista väestölle säteilyonnettomuuksista sekä ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista. Tšernobylin onnettomuus nopeutti säteilyvalvontaverkkojen ja verkon automatisoinnin sekä tietojenkäsittelyn kehittämistä.

Tšernobylin onnettomuuden jälkeen Suomen ulkoisen gammasäteilyn valvontaverkko oli uudistettava ja uuden sukupolven mittaustietojen automaattinen tietojenkäsittelykokeilu käynnistettiin. Aikaisemmin lähinnä ydinsodan jälkeisten laskeumien mittaamiseen tarkoitettujen epäherkkien mittateiden tilalle tarvittiin uudet, normaalia taustasäteilyä ja hiukan sen yläpuolella olevia arvoja mittaavia mittareita. Suomen säteilyvalvontaverkko uusittiin ja automatisoitiin ja säteilyä on valvottu jatkuvasti reaaliaikaisesti vuodesta 1990 alkaen. Mittaustietojen siirto tietokantaan on lähes reaaliaikaista ja tiedot ovat kaikkien tarvitsijoiden käytettävänä.

Avainsanat: säteilyvalvonta, tietojenkäsittely, ydinonnettomuus

### 1 Johdanto

Ensimmäiset säteilyvalvontakokeilut tehtiin Suomessa 1950-luvun puolivälissä. Säteilyvalvonta aloitettiin Suomessa 1950-luvun loppupuolella. Säteilymittauslaitteita kehitettiin yksittäisten säteilyvalvontaan osallistuneiden viranomaisten hankkeissa sekä näiden viranomaisten yhteistyössä. Työssä oli mukana myös suomalaisten mittalaitteiden valmistajia.

Ydinenergian tutkimus ja siihen oleellisesti liittyvä säteilyvalvontatyö sai maailmanlaajuisen piristysruiskeen Genevessä 8.–20. elokuuta 1955 järjestetystä YK:n kansainvälisestä tieteellisestä atomienergiakonferenssista (Ahosenmaa A., 2004).

Säännöllinen ulkoisen annosnopeuden valvonta aloitettiin Suomessa 1960-luvun alkupuolella. Alun perin valtakunnallinen säteilyvalvontaverkko rakennettiin sisäministeriön ja puolustusvoimien toimesta väestönsuojelutarkoituksiin (Blomqvist L., 1981).

Säteilyvalvontaverkon rakentaminen aloitettiin Novaja Zemljalla tehdyn ydinkoesarjan aikoihin vuosina 1961-1962. Sisäministeriö perusti Säteilyvalvontatoimikunnan 27. tammikuuta 1962. Toimikunta ehdotti päätösasiakirjassaan (16. heinäkuuta 1965) valtakunnallista säteilyvalvontajärjestelmää, joka koostuisi valtakunnallisesta säteilyvalvontakeskuksesta ja koko maan kattavasta valvontaverkosta sekä laboratoriojärjestelmästä. Säteilyvalvontatoimikunta ehdotti, että valtakunnallinen valvontaverkko olisi ollut tiheämpi kuin se oli toimikunnan työn aikana. Tavoitteena oli, että jokaisessa kunnassa (Suomessa oli 549 kuntaa tuolloin) olisi kyky tunnistaa säteilyvaaratilanne. Toimikunta arvio, että tämän tavoitteen täyttämiseksi tarvittaisiin 625 säteilyvalvontasemaa. Lapin ja Pohjois-Suomen säteilytilanne pystyttiin kartoittamaan tuolloisella verkolla. Myöhemmin suunnitelmia muutettiin siten, että tavoitteena oli noin 500 aseman valvontaverkko ulkoisen säteilyn annosnopeuden valvontaan. Tavoitteena oli yksi asema 40 km x 40 km ruudussa Pohjois-Suomessa ja yksi asema 20 km x 20 km ruudussa Etelä-Suomessa (Blomqvist L., 1981).

Ennen Tšernobylin onnettomuutta suunnitelmissa oli kehittää valvontaverkkoa antamaan tarkempi ja reaaliaikaisempi kuva ulkoisen säteilyn tilanteesta. Tšernobylin onnettomuuden jälkeen ulkoisen säteilyn valvontaverkon mittarit uudistettiin nopeasti ja valvontaverkon tietojenkäsittelyominaisuuksia parannettiin. Verkon tiheyttä eli asemien lukumäärää ei ollut tarkoitus oleellisesti lisätä. Samassa yhteydessä pyrittiin karsimaan valvonnan päällekkäisyyksiä, joka johti kokonaisuutensa pienentämiseen. Verkossa olevien aukkokohtien kattamiseen oli tarkoitus käyttää pelastuslaitoksien käytössä olevia kannettavia säteilymittareita.

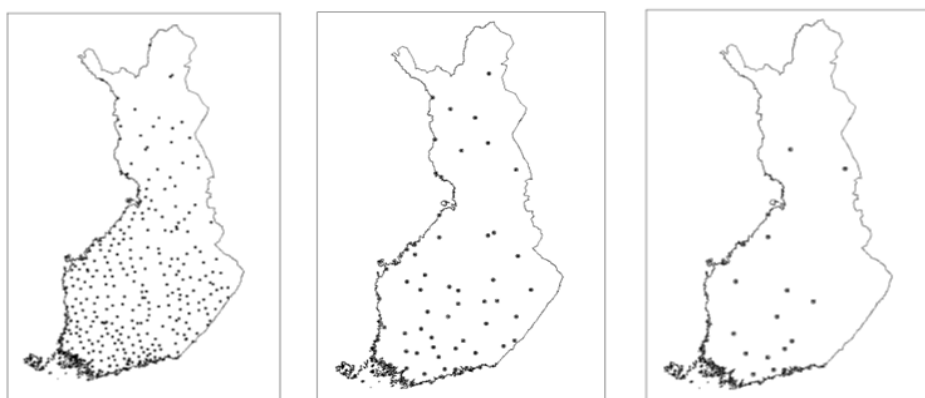
## **2 Suomen säteilyvalvontaverkkoja**

Sisäministeriö vastaa Suomessa pelastustoimen ja väestönsuojelun tarvitseman säteilyvalvonnan johtamisesta. Säteilyvalvontajärjestelmään kuuluvat erilaiset valvontaverkot, laboratorio- ja näytteenottojärjestelmän sekä asiantuntijapalvelut, joiden toteutuksesta vastaavat useat viranomaiset.

Aiemmin sisäministeriö ylläpiti omaa valtakunnallista ulkoisen säteilyn valvontaverkkoa. Valvonta-asetat oli sijoitettu kuntien paloasemille, Tie- ja vesilaitoksen toimipisteisiin sekä lentoasemille. Vuonna 1998 tämän verkoston ylläpitotehtävät siirrettiin tulossopimuksella Säteilyturvakeskukselle (STUK). Sisäministeriö sopi vuosittain STUKin kanssa valvontaverkon ylläpidosta. Järjestely oli välivaihe ja vuoden 2002 alusta koko verkko ja sen ylläpito siirrettiin STUKin hallintaan valtion budjetissa tehdyllä määrärahan siirrolla.

Tšernobylin ydinonnettomuusvuosi oli merkittävä käännekohta säteilyvalvonnan historiassa. Silloisten tapahtumien johdosta säteilyvalvonnan tilasta tehtiin tarkka analyysi ja katsottiin myös taaksepäin historiaan. Juuri ennen Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuutta valtiovarainministeriössä pohdittiin säteilyvalvontaverkon ylläpidon määrärahojen vähentämistä.

Vuonna 1986 verkossa oli yhteensä 320 ulkoisen säteilyn mittaukseen soveltuvaa mittausasemaa. 260 asemalla mitattiin annosnopeus yleensä kerran viikossa, tiistaisin. 60 asemalla säteilyn annosnopeutta seurattiin jatkuvasti. 20 asemalla oli erillinen DPR-82 -mittauslaite, joka laski digitaalisesti GM-putkelta tulevat pulssit ja näytti tuloksen digitaalisessa näytössä. Laite oli kehitetty STUKissa. Sisäministeriön asemien lisäksi Rovaniemen vesilaitokselle oli sijoitettu yksi erillinen DPR-yksikkö, jonka tulokset toimitettiin suoraan STUKille (Blomqvist L., 1986). 27 aseman mittaustaitteisto piirsi annosnopeustulokset reaaliaikaisesti paperikiekolle, joka vaihdettiin kerran kuukaudessa. Muilla asemilta tulokset kirjattiin mittauspäiväkirjaan kerran viikossa. Tulokset kerättiin silloisiin lääninhallituksiin. Jos tilanne edellytti, niin mittaustoimintaa oli mahdollista tehostaa erillisellä sisäministeriön päätöksellä, jolloin ohjeiden mukaan tulokset kirjattiin ja toimitettiin normaalia tiheämmässä tahdissa lääninhallitukselle.



*Kuva 1.1: Säteilyvalvontaverkot 1986. Vasemmalla kaikki asemat, keskellä jatkuvasti mittaavat asemat ja oikealla digitaalimittariasetat.*

## 2.1 Muita säteilyn valvontaverkkoja 1986

Puolustusvoimilla oli oma ulkoisen säteilyn valvontaverkko ja kyky kerätä ilmapölynäytteitä yläilmakehästä lentokoneilla. Puolustusvoimien verkossa oli 1986 noin 85 mittausasemaa ulkoisen annosnopeuden mittaukseen. Mittaustulokset kirjattiin mittauspäiväkirjaan joka toinen päivä. Mittauslaitteisto oli samantyyppinen kuin sisäministeriön verkossa.

Helsingin yliopiston Seismologian instituutin (aikaisemmalta nimeltään Seismologian laitos) seismistä valvontaa hyödynnettiin myös säteilynvalvonnassa. Vuonna 1986 Seismologian instituutilla oli 13 seismologista asemaa. Havainnot seismisistä tapahtumista voivat antaa ennakkovaroituksen tapahtumasta, jonka seurauksena voi syntyä radioaktiivinen laskeuma esimerkiksi tapauksissa, joissa tapahtuma-alueella on ydinlaitoksia.

Ilmatieteen laitos ylläpiti radioaktiivisten aerosolien mittaustverkkoa. Ilmatieteen laitoksen tehtävänä oli myös ylläpitää sääpalveluja sekä valmiutta arvioida ja ennustaa radioaktiivisten hiukkasten kulkeutumista ilmakehässä.

Vuonna 1986 Ilmatieteen laitoksella oli 14 asemaa, jotka mittasivat radioaktiivisia aerosoleja ilmassa. Mittauslaitteistona oli kaksikanavainen järjestelmä, jossa ilmaa

pumpattiin suodattimen läpi ja suodattimen annosnopeudesta voitiin päätellä, oliko ilmassa radioaktiivisuutta. Ilmatieteen laitoksen verkko pystyi löytämään vähintään kaksi kertaluokkaa pienempiä pitoisuuksia kuin ulkoisen annosnopeuden valvontaverkko.

Säteilyturvakeskus (STUK) on kansallinen ydinturvallisuus- ja säteilyvalvontaviranomainen ja vastaa ympäristön säteilyvalvonnasta, mittauksista ja laboratorio-tutkimuksista. STUK on keskeinen tutkimuslaitos säteilyvalvonnassa ja kerää ympäristön seurantanäytteitä ja tietoja säteilytilanteesta. STUK vastaa myös suojaus-toimenpiteistä annettavista suosituksista toimeenpanoviranomaisille.

### **3 Säteilyvalvontajärjestelmän kehitys vuoden 1986 jälkeen**

Ennen Tšernobylin onnettomuutta valvontaverkon tietojen keräys mittausasemilta keskushallintoon oli manuaalista. Seurantatiedot sisäministeriön asemilta kerättiin lääninhallitusten toimesta kerran kuukaudessa. Lääninhallitukset kokosivat läänin alueen tulokset yhteen ja lähettivät saamansa raportit sisäministeriöön. Sisäministeriöön kootuista raporteista tehtiin STUKissa aika-ajoin koontiraportteja, joita julkaistiin STUKin julkaisusarjoissa.

Sisäministeriössä oli poikkeusolojen säteilytilanteita varten kehitetty tietokoneavusteinen tietojärjestelmä SVO säteilymittaustietojen käsittelyä varten. Järjestelmä soveltui lähinnä ydinräjähdysten aiheuttaman laskeuman seurantaan. Säteilyvalvontaohjelmisto SVO oli APL-ohjelmointikielellä tehty keskustietokonepohjainen Valtion Tietokonekeskuksen (VTKK) tekemä tietojärjestelmä. Järjestelmää käytettiin synkronisen terminaalin tai asynkronisen TTY-terminaalin (PC-mikrotietokone modeemi) avulla etäkäytössä. Järjestelmällä voitiin suorittaa seuraavat tehtävät:

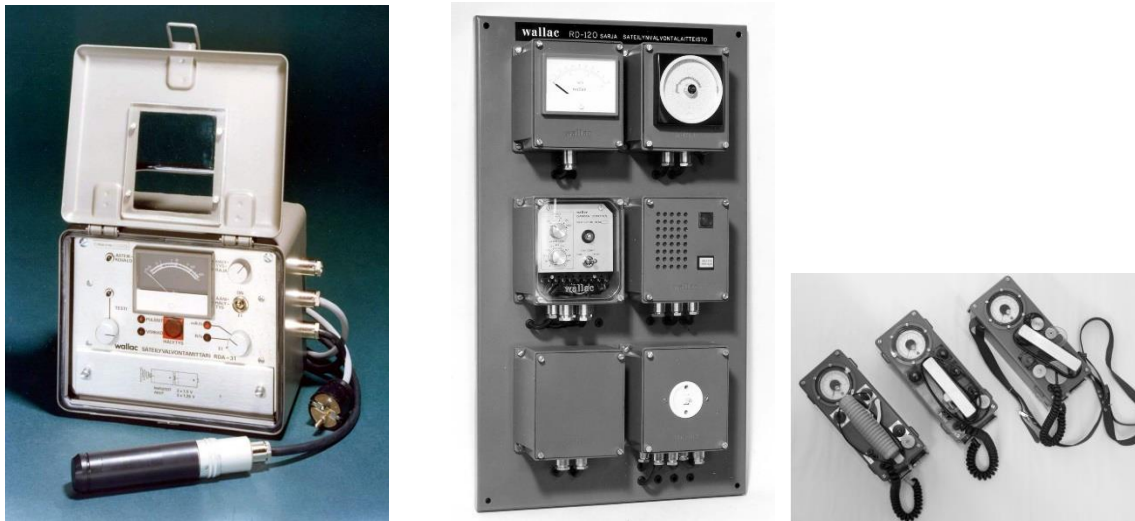
- Tallentaa ydinräjähdystiedot ja säteilyn mittaustiedot sekä välittää niitä kaikille järjestelmän käyttäjille.
- Määrittää alueet, joilla väestölle tulee antaa säteilyvaroitusta tai -hälytys.
- Laatia ennusteet säteilytilanteesta ydinräjähtyspaikan, säätietojen sekä säteilymittaustietojen perusteella.
- Säteilytilanteen seuranta ja siihen liittyvä tietojen välitys.

Järjestelmän laskeumaa koskevat laskentamallit perustuivat NATON ATP-45 malleihin sekä Glastonen & Dolanin kirjan "The Effects of Nuclear Weapons" tarkennettuihin ennustemalleihin. Kirjan mallit oli kehitetty USA:n ydinkokeiden perusteella ja niiden todellista soveltuvuutta meidän ilmasto- ja maaperäolosuhteisiin ei ollut koskaan testattu. NATON ATP-45 mallit olivat taistelukentän olosuhteisiin kehitettyjä nopeita helposti käytettäviä laskentamalleja. Mallit oli saatu NATO:lta käyttöön ja niiden sovitusta tehtiin suomalaisiin säätietomalleihin samalla kun SVO ohjelmisto laadittiin. Laskentamallien ensimmäiset käännökset suomeksi oli tehty 1970-luvulla, kun laadittiin ohje äkillisiin säteilyvaaratilanteisiin varautumisesta.

Olli Paakkola ja Pekka Myllyniemi kirjoittivat kirjan "Ydinaseet, vaikutukset ja suojaus" 1960 -luvun lopussa ja se painettiin kirjaksi vuonna 1973. Janne Koivukoski teki kirjasta uuden version vuonna 2003.

### 3.1 Ensimmäiset automaattijärjestelmän ohjelmistot 1987

Tšernobylin onnettomuuden jälkeen vuonna 1987 sisäministeriön toimesta testattiin ja simuloitiin tietojen siirtoa ja reaaliaikaista mittaustietojen seuranta SVO-ohjelmalla. Petri Kotiniemi rakensi sisäministeriön toimeksiannosta pilottijärjestelmän. Ohjelmalla testattiin mikrotietokoneen ja VAX/IBM-keskustietokoneen välistä tiedonsiirtoa. Pilottijärjestelmässä käytettiin olemassa olevia mittareita ja hyvin yksikertaista ohjelmistoa tietojen siirtoon. Pilottijärjestelmässä Alnor RDA-31S säteilyvalvonta-asema yhdistettiin IBM-PC tyyppiseen mikrotietokoneeseen. Mikrotietokoneella kerätyt säteilymittaustiedot siirrettiin keskustietokoneen (VAX) tietokantaan. Tiedonsiirtoon käytettiin Nokia V22-modeemia. Tietojen siirtoa varten tehtiin erillinen Pascal-ohjelmisto. Tämä pilottikokeilu osoitti, että automaattinen tiedonsiirto oli mahdollista puhelinverkon kautta. Kokeilu onnistui hyvin ja sen perusteella päätettiin edetä automaattisen järjestelmän kehitystyössä.



*Kuva 3.1: Kuvia säteilymittareista 1980-luvulta (RADOS Oy).*

### 3.2 Automaattinen verkko 1988

Onnistuneen pilottikokeilun perusteella päätettiin käynnistää automaattisen säteilyvalvontaverkon hankintaprojekti. Projektissa määriteltiin valvontamittareilta vaadittavat ominaisuudet. Muu osa järjestelmän määrittelystä jäi mahdollisten tarjoajien vastuulle. Sisäministeriö hankki vuonna 1987 kansainvälisen tarjouspyynnön perusteella ensimmäisen automaattisen säteilyvalvontajärjestelmän suomalaiselta RADOS Oy:lta. Tarjouskilpailuun osallistui kotimaisten säteilymittarinvalmistajien lisäksi yksi Itävaltalainen sekä Saksalainen toimittajakandidaatti. Valittu Suomalainen toimittaja oli kokonaishinnaltaan edullisin ja täytti mittarille asetetut suorituskykyvaatimukset. Ulkomaiset kandidaatit olivat selkeästi kalliimpia vaihtoehtoja. Toimittajien tarjoamien mittareiden suorituskyvyssä oli suuria eroja.

Tarjouskilpailun voittaneen Alnorin järjestelmään kuului GM-anturi RD-02 ja mikrotietokoneessa toimiva säteilyvalvontaohjelmisto (AAM-90), joka keräsi anturien mittaustiedot Windows 3.0-ohjelmistoon.

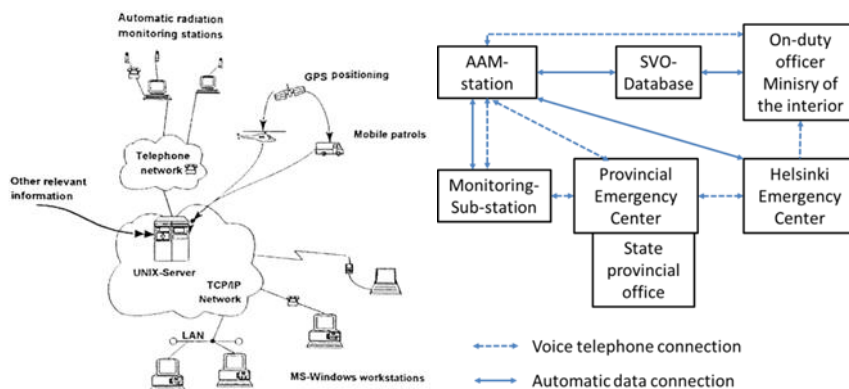


Kuva 3.2: AAM-90/95 mittausasema (RADOS Oy).

AAM-90 asemien mittaustiedot kerättiin modeemien ja kiinteän puhelinverkon kautta keskustietokantaan. AAM-90 asemalla oli yksinkertainen Windows 3.0 käyttöliittymä, jonka avulla antureilta saadut tulokset nähtiin graafisesti ja ne tallennettiin mikrotietokoneen kovalevylle. Myöhemmin järjestelmää uudistettiin ja seuraavalla ohjelmistoversiolla AAM-95 oli yksinkertainen GIS-käyttöliittymä, jossa tulokset nähtiin myös kartalla.

### 3.3 Toisen sukupolven mittausohjelmisto

Alkuperäinen keskustietokonejärjestelmä SVO muutettiin vuonna 1991 SVO+:ksi. SVO+ perustui asiakas-palvelinarkkitehtuuriin, jossa UNIX-palvelimessa oli SQL-tietokanta ja käyttöliittymänä oli Windows PC ja MapInfo-GIS sekä runtime SQL-tietokanta.



Kuva 3.3: Kaaviokuva kuva SVO + ja tiedonvälitysjärjestelmä.

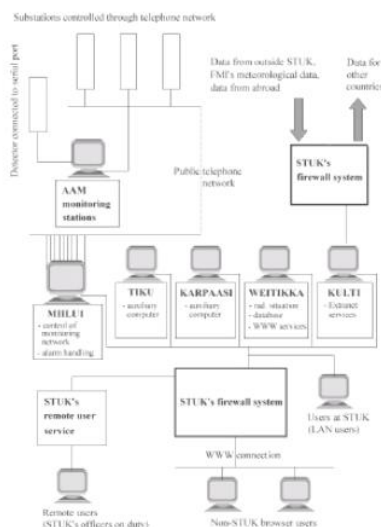
1990-luvulla kehitettiin myös Pohjoismaiden ydinalan turvallisuuden yhteistyössä (NKS) malli, joka mahdollisti säteilymittaustietojen vaihdon Pohjoismaiden välillä säännöllisesti. Saman järjestelmän avulla voitiin myös kerätä venäläisten Leningradin ja Polyarny Zorin ydinvoimalaitosten ympärille rakennettujen säteilymittausasemien tiedot.

### 3.4 Kolmannen sukupolven tietojenkäsittelyä 1999

Sisäministeriö siirsi valtakunnallisen ulkoisen säteilyvalvontaverkon mittaustoiminnan STUKille 1998. Silloin automaattisessa valtakunnallisessa valvontaverkossa oli noin 290

mittausasemaa. Vuosituhannen vaihteessa esillä ollut y2k-ongelman uhka edellytti uuden tietojärjestelmän kehittämistä säteilyvalvontaan. Silloinen ohjelmistotoimittaja Tieto tarjosi uutta ohjelmistoversion kehityshanketta, joka olisi poistanut mahdollisen ongelman sekä ollut askel eteenpäin ohjelmistokehityksessä, mutta esitetty hanke oli hankintahinnaltaan sekä ylläpitokustannuksiltaan liian kallis viranomaisille. STUK ehdotti uuden ohjelmiston tekemistä viranomaisyhteistyönä omana hankkeena. Käytyjen keskustelujen perusteella laadittiin suunnitelma uuden ohjelmiston kehittämiseksi USVA-konsortion puitteissa. USVA oli lyhennys uudelle säteilyvalvontaohjelmistolle. Viranomaiset tekivät aiesopimuksen tietojärjestelmän totuttamisesta vuonna 1998 ja tekivät konsortiosopimukseen USVA-hankkeesta ja kustannusten jaosta konsortion puitteissa vuonna 1999. STUK aloitti uuden reaaliaikaisen säteilyvalvonnan tietojärjestelmän USVAn kehittämisen.

USVA on STUKin kehittämä säteilyvalvontatietojärjestelmä. Se korvasi y2k-yhteensopimattoman SVO+ ohjelmiston. STUK kehitti uuden järjestelmän käyttäen avoimen lähdekoodin ohjelmistoja. USVA järjestelmän avulla säteilytilannetiedot voidaan esittää www-tekniikan avulla. Järjestelmän avulla voidaan välittää ja esittää myös muita tietoja, kuten säätietoja, kulkeutumisenennusteita, tietoja säteilymittauspartioista jne.. Kaikki säteilyvalvontaan osallistuvat viranomaiset, laitokset sekä puolustusvoimat käyttävät USVAa. USVA hyödyntää web-tekniikan säteilyn ja muiden siihen liittyvien tietojen jakamisessa (Salomaa, Mustonen, 2000).



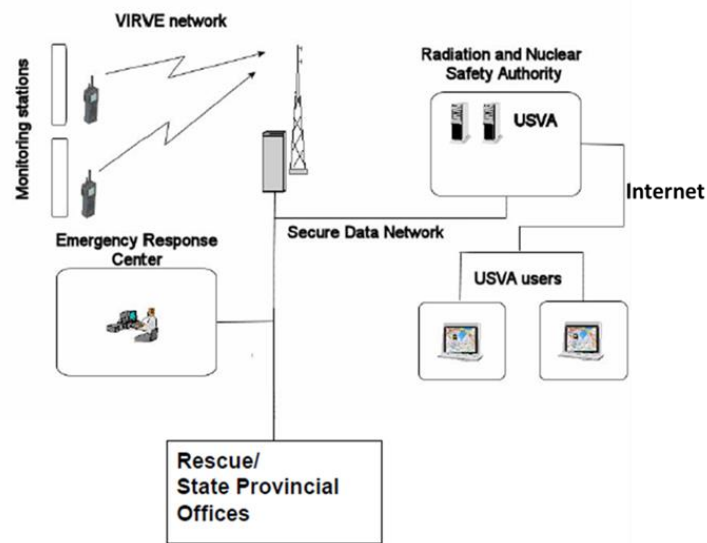
Kuva 3.4: Kaavamainen esitys USVA-järjestelmästä (NKS-28, 2001).

### 3.4 Neljäs sukupolvi säteilytietojen käsittelyssä 2008 alkaen

STUK toteutti vuoden 2007 loppuun mennessä automaattisen ulkoisen annosnopeuden valvontaverkon uudistamisen. Ulkoisen säteilyn valvontaverkko koostuu noin 250 asemasta, jotka sijaitsevat ympäri Suomea. Lisäksi ydinvoimaloiden ympärillä on yhteensä 27 asemaa. Verkon nimi on ULJAS (ULkoisen säteilyn JAtkuva Säteilyvalvonta).

Valvontaverkolla on kaksi päätarkoitusta. Se tuottaa reaaliaikaisen valtakunnallisen säteilytilannekuvan. Verkko hälyttää STUK asiantuntijan, jos ennalta määrätty hälytysraja ylittyy jollakin valvonta-asemalla. Säteilyvalvonta verkko helpottaa viranomaisyhteistyötä normaalista poikkeavissa säteilytilanteissa. ULJAS käyttää

asemien mittausdatan tietojensiirtoon VIRVE-radioverkkoa (TETRA-radio). Asema lähettää automaattisesti kymmenen minuutin välein mittaustiedot tietokantaan.



Kuva 3.4: Verkkoratkaisu USVA-järjestelmässä (Kaj Vesterbacka, 2007).

## 2.4 Viitteet

- [1] Ahosniemi Arno 2004. Jotta Suomessa voitaisiin huoletta kulkea. Ydinaseiden ja ydinpolttoainekysymyksen seuranta Suomessa kylmän sodan aikana. STUK-YTO-TR201, Helsinki.
- [2] Säteilyvalvontatoimikunnan mietintö 1965. Sisäministeriö, Helsinki. [Englanniksi]
- [3] Blomqvist L 1981. Väestönsuojelun säteilyvalvontaverkon mittaustulokset vv. 1962-1978. [Seuranta tulokset väestönsuojelun säteilyvalvonta verkon 1962-1978] STL-B 33, Helsinki.
- [4] Blomqvist L 1986. Pulssirekisterillä varustettujen säteilyvalvonta-asemien mittaustulokset v. 1985. STUK-B- 42. STUK, Helsinki.
- [5] Salomaa Sisko, Mustonen Raimo (eds.). Research activities of STUK 1995 - 1999. STUK-A180. Helsinki 2000, 215 pp.
- [6] NKS-28: Radiological Emergency Monitoring Systems in the Nordic and Baltic Sea Countries, Lennart Devell, Bent Lauritzen, NKS, 2001, Roskilde
- [7] The New Dose Rate Monitoring Network in Finland, Kaj Vesterbacka, STUK, Presentation in Nordisk hälsoberedskapskonferens, 2007, Johannesburg



## Säteilyvalvonnan ja sitä tukevan tutkimuksen alkutaival Suomessa

Anneli Salo

Painopiste vuonna 1957 säädetyssä säteilysuojauslainsäädännössä oli ionisoivaa säteilyä tuottavien tai käyttävien laitteiden valvonnan järjestämisessä, samoin kuin uuden valvontaviranomaisen, Säteilyfysiikan laitoksen toiminnassa. Ennen 1950-luvun loppupuolta suurvaltojen suorittamat ydinasekokeet eivät olleet herättäneet sanottavaa huomiota koska niistä ei tiedotettu julkisuuteen. Säteilysuojauslainsäädäntöä luotaessa oli kuitenkin jo, erityisesti Novaja Zemljalla ilmakehässä ja maan pinnalla suoritettujen ydinkokeiden vuoksi, tiedostettu ympäristön säteilyvalvonnan tarve. Radioaktiivisten aineiden mittauksia osattiin tehdä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa, Helsingin yliopistossa ja Teknillisessä korkeakoulussa, mutta valvontaverkkoa ei ollut. Puolustusvoimat ja Säteilysuojausasiain neuvottelukunta veivät aktiivisesti säteilyvalvonnan järjestämistä eteenpäin ja tuloksena oli yhteistoimintaorganisaatio, johon kuuluivat Puolustusvoimat, Helsingin yliopiston Seismologian laitos, Hydrografinen toimisto, Ilmatieteen laitos, Merentutkimuslaitos ja Säteilyfysiikan laitos (SFL) tehden mittauksia tai ottaen näytteitä sovituilta asemilta. Säteilyvalvonta on pysynyt yhteistoimintaorganisaationa osallistujien vaihtuessa jonkin verran ajan mittaan. Päätökset tarvittavista toimenpiteistä tekevät kunkin alan normaalit viranomaiset, suojaustoimenpiteistä väestönsuojelutilanteessa yleisvastuu on Sisäasiainministeriöllä. Vuonna 1972 vahvistettiin ensimmäinen sisäasiainministeriön ohje säteilyvalvonnan organisaatiosta. Säteilyvalvontaverkon toiminta saatiin kuitenkin vähitellen käyntiin jo 1959 vuoden lopulla ja 1960 vuoden aikana. Vuodesta 1961 alkaen Säteilyfysiikan laitos sai myös alalle koulutettua henkilökuntaa.

Lääkintöhallitus määräsi 1970-luvun alkupuolella myös eri elintarvikevalvontaa ja terveysoloja koskevien lakien perusteella n. 50 kunnallista laboratoriota säteilyvalvonnan paikallislaboratorioiksi. Ne toimittivat pyydettyinä näytteitä Säteilyfysiikan laitokselle, jolla oli myös velvollisuus järjestää paikallislaboratorioille mittausohjelmia valmiuden aikaansaamiseksi ja ylläpitämiseksi. Mikä tapahtuikin. Myöhemmin poikkeusolojen ABC-laboratoriotoiminnan suunnittelun yhteydessä katsottiin tarvittavan kolme aluelaboratoriota, joista yksi A-toiminnan osalta olisi säteilyfysiikan laitokselle 1970 perustettu Pohjois-Suomen laboratorio. 1980-luvulla Säteilyfysiikan laitokselle A-keskuslaboratoriona rakennettiin jopa Keski-Suomeen B- ja C-laboratorioiden kanssa yhteinen laboratorioluola. Näitä ei enää ole.

Vuonna 1963 tuli voimaan ydinkokeet ilmakehässä, ulkoavaruudessa ja veden alla kieltävä sopimus, Ranska ja Kiina eivät allekirjoittaneet sopimusta, ja Kiina tekikin 1970-luvulla useita kokeita ilmakehässä. Myös maanalaisten ydinasekokeiden vuodot olivat edelleen mahdollisia.

1960-luvun puolivälin jälkeen oli selvää, että Suomeenkin rakennettaisiin ydinvoimaloita, joista oli normaalikäytössä ja erityisesti onnettomuuksissa mahdollista päästä ympäristöön radioaktiivisia aineita. Nämä asiat vaikuttivat Säteilyfysiikan laitoksen valvontatoiminnan rakentamiseen.

Säteilyfysiikan laitoksen valvontatoiminnan tavoitteena oli havaita radioaktiiviset aineet riittävän herkästi mahdollistaen myös niiden alkuperän päättelyn ja erityisesti väestön

ulkoisen ja sisäisen säteilyannoksen määrittämisen maan eri osissa siten, että suojelutoimenpiteet osataan kohdistaa oikein. Alusta alkaen lähdettiin siitä, että tavoitteiden saavuttaminen vaati sekä säännöllistä valvontaa että tutkimusta. Näytteiden edustavuuden selvittäminen ja analyysi- ja mittausten menetelmien kehittäminen luotettaviksi ja myöhemmin niiden nopeuttaminen ja automatisointi olivat tärkeä osa toiminnasta. Valvontaan liittyvä tutkimus kohdistui radioaktiivisten aineiden kulkeutumiseen, rikastumiseen ja poistumiseen luonnossa, erityisesti ravintoketjuissa ja ihmisen toiminnassa, tavoitteena ihmiseen johtavien säteilyannosteiden selvittäminen ja annosten pienentäminen tarvittaessa. Ydinlaskeuman vähentyessä 1970-luvulta eteenpäin tuli se säteilyannoksen kannalta hyvin vähäiseksi. Kuitenkin näytteenottoverkostojen säilyttäminen ja tutkimuksen avulla tietotaidon kehittäminen ja ylläpito katsottiin onnettomuuksien varalta tärkeäksi. Tästä saatiin sitten vahvistus, kun Tshernobylin onnettomuus tapahtui, ja suuri osa Euroopan maista oli ajanut alas valvontaverkkonsa. Suomessa säteilyvalvontatoiminnan osalta tilanne oli hyvä. Ongelmia tuli poliittisella tasolla, joka ei ollut koskaan ollut mukana valmiusharjoituksissa. Tämä käynnisti laitoksella myös päätöksentekoprosessien tutkimisen, erityisesti missä muodossa valvonnan tulokset tulee esittää ylimmälle päätöksentekotasolle.

Valvonta- ja tutkimustoiminta sai uusia työntekijöitä, ja v. 1975 laitoksen nimi muuttui Säteilyturvallisuuslaitokseksi (STL). Vuonna 1984 laitos muutti taas nimeä Säteilyturvakeskukseksi (STUK). Uuden organisaation suunnittelussa todettiin, ettei valvonnan yhteydessä tehty tutkimus ollut tutkimusta vaan valvontaa. Henkilökunta piti kuitenkin myös luonnon prosessien tutkimista valvontatyön rinnalla tärkeänä sekä henkilökunnan että laitteistojen onnettomuusvalmiuden kannalta.

## **Ydinasekoekaudella rakennetut valvontaverkot**

### Laskeuma

Valvontatoiminnan alkaessa laskeuma oli pääasiassa stratosfääristä vähitellen tulevaa pitkäikäisten radionuklidien Sr-90- ja Cs-137- laskeumaa. Vuodesta 1961 alkaen Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemilla (alkujaan 17) kerättiin kuukausittain kuiva ja märkä laskeuma tuulisuojaan sijoitetun terässuppilon (pinta-ala 0,05 ja myöhemmin 0,07 m<sup>2</sup>) avulla muovipulloon. Suppiloa lämmitettiin talvella. Kahdelle asemalle ja ydinvoimalaitospaikoille Loviisaan v. 1976 ja Olkiluotoon v. 1977 laitettiin myös 1m<sup>2</sup> kerääjät. Strontium ja kesium mitattiin Säteilyfysiikan laitoksella alhaistaustaisella  $\beta$ -laskurilla sen jälkeen, kun ne oli eristetty kemiallisesti. Aluksi kaikki paikkakunnat analysoitiin erikseen; vuodesta 1965 Tshernobylin onnettomuuteen asti osa yhdistettiin, koska laskeumassa ei havaittu eroja eri alueiden välillä. Ennen v. 1963 oli yritetty kerätä näyte suppilolla ioninvaihtajaan, mutta se ei onnistunut kesiumille. Vuonna 1968 lisättiin analysoitaviin nuklideihin tritium, joka määritettiin rikastetusta näytteestä nestetuikespektrometrillä.

### Ilma

Ilmanäytteiden valvonta aloitettiin v. 1967 rakentaen ensin suurtehoilmankerääjä sekä testaten sopivat suodattimet, suodattimien puristaminen tabletiksi, ja niiden mittaaminen Ge(Li)-detektorilla ja monikanava-analysaattorilla. Näytteissä havaittiin tavallisesti kymmenkunta radionuklidia, jotka olivat peräisin suurista ilmakehässä suoritetuista

kokeista. Joistain näytteistä mitattiin myös Sr-90 kemiallisen erotuksen jälkeen alhaistaustaisella  $\beta$ -laskurilla. Aluksi oli vain yksi ilmanäytteenkeräysasema Helsingin lähellä. Myöhemmin asemia oli 9, kun kummankin ydinvoimalaitoksen ympäristöön, Loviisaan v. 1977 ja Olkiluotoon v. 1978, sijoitettiin ilmanäytteenkeräysasemat.

### Maito

Maidon käyttö *per capita* Suomessa oli maailman kärkiluokkaa, ja se on tärkeä elintarvikkeiden kautta ihmisen saaman säteilyannoksen kannalta. Erityisesti pitkäikäiset radionuklidit Cs-137 ja Sr-90 sekä vähän lyhytikäisempi Sr-89, ensimmäinen kaliumin ja jälkimmäiset kalsiumin kanssa kemiallisesti samankaltaisina, kulkeutuvat tehokkaasti maitoon. Valtakunnallisesti eri alueita edustavan näytteenkeräysverkon pohjaksi otettiin v. 1960 neljä kuivamaitotehdasta ja yksi meijeri. Näiden lisäksi analysoitiin ajoittain yksittäisten maatilojen maitoa ja lehmien ravintoa eri vuodenaikoina. Kuukauden aikana kerätyt kuivamaitonäytteet yhdistettiin analysointia varten. Meijeristä otettiin päivän tuotantoa vastaava näyte kaksi kertaa viikossa. Kuivamaitotehtaiden ja meijerin maidonkeräysalueet ja niiden keräämän maidon osuus koko maan maidontuotannosta tunnettiin. Cs-137 ja K-40 määritettiin  $\gamma$ -spektrometrisesti aluksi 450°C poltetusta kuivamaidosta ja myöhemmin suoraan kuivamaidosta. Tuhitetuista näytteistä Sr-90 eristettiin kemiallisesti ja mittaus suoritettiin alhaistaustaisella  $\beta$ -laskurilla. Näytteenkeräysverkkoon lisättiin 1966 kolme kuivamaitotehdasta. Vuosien mittaan maidontuotanto alkoi vähentyä merkittävästi. Näytteiden keräyspaikkoja vähennettiin ja muutettiin jonkin verran pitäen kuitenkin huolta, että maan eri osien tuotanto oli hyvin edustettuna siten, että mahdolliset alueelliset erot voitiin havaita ja kokonaisuomaidontuotannon Cs-137 ja Sr-90 pitoisuuden keskiarvot laskea. Viikoittaiset maitonäytteet tulevien ydinvoimalaitosten lähistöltä, Loviisan v. 1970 ja Rauman ja Porin meijereistä v. 1975 liitettiin verkkoon.

### Vesistöt

Järvistä ja joista alettiin ottaa Sr-90 ja Cs-137 määrittämiseksi kahden litran vesinäytteitä neljä kertaa vuodessa 180 paikasta eri vesistöistä v.1964 alkaen. Ensimmäisenä vuotena otettiin myös 50 litran näytteitä analyysimenetelmien varmentamiseksi joistakin pisteistä. Lisäksi vuodesta 1965 alkaen otettiin näytteet kuukausittain kuuden suurimman Suomesta Itämereen laskevan joen suusta. Jokisuista otetut näytteet analysoitiin kuukausittain erillisinä samoin kuin suuret vesistönäytteet, mutta pienet vesistönäytteet yhdistettiin neljännesvuosittain suurten jokien valuma-alueittain. Pienten jokien valuma-alueet yhdistettiin sen mukaan, mihin merialueeseen ne laskivat. Näytteet konsentroititiin haihduttamalla ja Cs-137 ja Sr-90 keraostettiin lisättyjen kantajien avulla, eristettiin radiokemiallisesti ja mittaukset suoritettiin alhaistaustaisella  $\beta$ -laskurilla.

### Merivesi

Merentutkimuslaitos oli ottanut merivesinäytteitä vuodesta 1960 alkaen kerran vuodessa eri projektien yhteydessä merentutkimusalue Arandalla eri merialueilta, ja ne oli analysoitu Atomienergianeuvottelukunnan tutkijoiden toimesta. Näytteet analysoitiin vuodesta 1963 alkaen Säteilifysiikan laitoksella, jonne mainitut tutkijat olivat siirtyneet. Näytteistä analysoitiin Sr-90 ja Cs-137 säännöllisesti. Myöhemmin tiedot alettiin tallentaa Itämeren suojelukomission, HELCOMin, rekisteriin. Sr-90 ja Cs-137 keraostettiin lisättyjen kantajien avulla, eristettiin radiokemiallisesti ja mitattiin

alhaistaustaisella  $\beta$ -laskurilla. Avomerellä olevia näytteenottoaikoja täydennettiin näytteillä Loviisan voimalaitospaikan ympäristöstä v. 1972 ja Olkiluodosta v. 1977 lähtien. Plutonium-238 sekä Pu-239,240 liitettiin 1970-luvun puolivälin jälkeen merivesi- ja sedimentinäytteistä seurattaviin nuklideihin.

### Ihminen

Säteilyfysiikan laitokselle rakennettiin kokokehonmittauslaitteisto 1960 luvun alussa. Sitä tuli voida käyttää metabolisten ja kliinisten tutkimusten suorittamiseen sekä säteilysuojelumittauksiin. Laitteisto valmistui v. 1965, ja kokokehomittaukset referenssiryhmälle säteilyvalvontaa varten aloitettiin. Referenssiryhmän mittauksia tehtiin vuosittain ja muita valvontamittauksia tarvittaessa. Laitteisto käsitti neljä NaI(Tl)-kidedetektoria sekä monikanava-analysaattorin. Vastaava kuorma-autoon rakennettu mittausjärjestely tuoligeometrialla otettiin käyttöön v. 1976, kun ryhmä Loviisan voimalaitoksen ympäristöstä liitettiin mittausohjelmaan. Ryhmä Olkiluodon voimalaitoksen ympäristöstä liitettiin ohjelmaan 1978.

### Ulkoisen säteily

Säteilytysnopeusmittaukset liitettiin valvontaohjelmiin Loviisan osalta 1975 ja Olkiluodon osalta 1977. Mittaukset suoritetaan sekä TLD:llä että mobiililla Ge(Li) spektrometrillä.

Ydinvoima toi muitakin lisätarpeita valtakunnallisesti tehtävään valvontaan, ja voimayhtiöille määrättiin ympäristöohjelmat, joita tässä esityksessä ei ole esitetty.

## **Kehitys ja tutkimustoiminta**

### Laitteistot ja analyysimenetelmät

Lienee selvää, että uudenlaisen toiminnan kehittäminen vaati laitteistojen kehittämistä sekä näytteiden ottoon että mittaustoimintaan. Esimerkkeinä näistä jo mainittiin tehokas ilmanäytteenkerääjä ja kokokehonmittauslaitteisto. Erityyppisissä ympäristönäytteissä mahdollisten alfa-, beta- ja gammasäteilijöiden analyysimenetelmien kehittäminen ja kalibrointi ja myös interkalibrointi esim. IAEA:n, Pohjoismaiden ja Neuvostoliiton kanssa vei aikaa. Plutonium ja muut transuraanit tulivat ohjelmaan pääasiassa vasta 1980-luvun puolivälissä.

Aluksi menetelmät olivat ”manuaalisia”. Ajan mittaan analyysi- ja mittaustoimintaa pyrittiin nopeuttamaan ja mahdollisuuksien mukaan automatisoimaankin. Myös mobiilia mittaustoimintaa kehitettiin. Ydinvoimakaudella lyhytikäisiin radionuklideihin kiinnitettiin aikaisempaa enemmän huomiota. Tutkittiin myös, miten Sisäasiainministeriön ja Puolustusvoimien säteilyvalvontaverkon olemassa olevaa mittarikalustoa käyttäen on saavutettavissa parempi mittausherkyys siirtymällä automaattiseen pulssilaskentaan, ja samalla saataisiin verkko taustasäteilyn vaihtelun tutkimista varten.

## Ympäristötutkimukset

Alkuvuosina valvontaa tukevan tutkimuksen tavoitteena oli

- varmistaa säteilyaltistuksen mahdollisimman aikainen havaitseminen,
- laskeumatilanteessa maan eri alueiden luonnonolosuhteista johtuvat erot altistamisessa,
- selvittää ihmisen saaman säteilyannoksen kannalta keskeiset annostiet ja annosten laskentamenetelmät,
- mahdollisuudet tarvittaessa vähentää säteilyaltistusta vastatoimenpitein, sekä
- selvittää tärkeimpien pitkäikäisten radionuklidien ekologiset puoliintumisajat.

Jotta säteilyaltistuksen mahdollisuus havaittaisiin mahdollisimman varhain, etsittiin ravintoketjujen alkupäästä organismeja, jotka rikastavat voimakkaasti tärkeitä radionuklideja. Osviittana käytettiin niiden sisältämien stabiilien alkuaineiden tai radionuklidien kemiallisten sukulaisaineiden pitoisuuksia. Laboratoriokokeita voitiin jonkin verran tehdä merkkiaineilla. Riittävässä määrin laskeumassa ja voimalaitosten päästöissä esiintyviä radionuklideja voitiin myös käyttää kuten merkkiaineita.

Melko tasaisenkin laskeuman tilanteessa oli odotettavissa ympäristöolosuhteiden eroista johtuvia eroja radionuklidien rikastumisessa ja poistumisessa. Keskeisiin sisäisen säteilyannoksen aiheuttamisteihin vaikutti radionuklidien rikastumisen lisäksi luonnollisesti käytettyjen elintarvikkeiden määrä, niiden valmistus teollisuudessa ja kotitalouksissa. Ilman ja ulkoisen säteilyn annosteluihin vaikuttivat esim. elintavat ja asuminen, joita tutkittiin mm. Loviisassa

## Maaravintoketjut

Metsämaa ja suo

1970-luvun puolivälissä metsämaalta kerättiin näytteet tavallisimmista puista, metsämarjoista, kieloista, mesiangervosta, kangasrouskuista, jne. ja suomaalta kerättiin näytteitä pajusta, suopursusta, juolukasta, karhunsammaleesta, rahkasammaleesta jne. sopivien indikaattoriorganismien löytämiseksi.

Toisentyyppisiä tutkimusaiheita olivat pitkäikäisten radionuklidien poistumiseen biotasta tarvittava aika. Klassillinen esimerkki efektiivisistä ekologisista puoliintumisajoista oli poronlihan Cs-137:n puoliintumisaika, joka määritettiin suurten ilmassa tehtyjen ydinasekokeiden laskeumasta tehdyistä seurantahavainnoista.

Maatalousmaa ja maataloustuotteet

Joitain yksittäisiä maataloustuotteiden radioaktiivisuuskartoituksia v. 1964-65 lukuunottamatta systemaattisempi maataloustuotteiden monitorointi, maidon lisäksi, alkoi vasta ydinvoimalaitospaikkakunnilla. Tuoreesta laskeumasta maaperän kautta tulevaa vaikutusta lehmien ravinnon välityksellä maidon Sr-90 ja Cs-137 pitoisuuksiin selvitettiin, samoin missä komponenteissa ne maidossa olivat. Tällöin voitiin myös suunnitella joitakin vastatoimenpiteitä.

Yhteistyössä VTT:n kanssa tehtiin viljan osalta kattava selvitys 1962-1980 Suomessa tuotettujen vehnän, rukiin, ohran ja kauran sekä ulkomailta tuotetun viljan Sr-90:n ja Cs-137:n osuudesta ruokavaliassa. Erityisesti suurten ilmakehässä suoritettujen kokeiden jälkeisinä vuosina vilja oli maitoakin merkittävämpi lähde.

V. 1974-1977 tiloilta ydinlaitospaikkakunnilla alettiin kerätä maa-, vilja-, peruna-, juurikas-, marja-, kaali-, lehtivihannes- ym. näytteitä sekä taustatilanteen kartoittamiseksi että tärkeiden annosteiden selvittämiseksi pitkäikäisten radionuklidien osalta. Sopivien indikaattoriorganismien löytämiseksi ennen ydinvoimalaitosten käynnistämistä kerättiin maatalousmaalta 10 eri kasvilajia esim nokkonen, korte, vuohenputki, pomulehti jne. pitkäikäisten radionuklidien analyysijä varten.

### Vesiravintoketjut

#### Vesi

Juomaveden suhteen selvitettiin Sr-90 ja Cs-137 poistumista kahdesta erityyppisestä raakavedestä, joiden katsottiin edustavan meillä tyypillisiä tilanteita, nimittäin Tampereen (Näsijärvi) ja Helsingin (Vantaanjoki) normaaleissa vedenpuhdistusprosesseissa. Strontium ei poistunut kummassakaan paikassa, kun taas cesiumia poistui n. 50% Helsingissä. Näsijärven vesi on rikasta orgaanisista aineista ja Vantaan vesi savipartikkeleista. Kokeita paremmista menetelmistä jatkettiin mm. I-131:lla ja Sr-85:llä Helsingin vesilaitoksella olevassa pienoiskoelaitoksessa Silvolan altaan vedellä.

Makean veden sisältämän humuksen taipumusta muodostaa yhdisteitä radionuklidien kanssa ja siten vaikuttaa niiden käyttäytymiseen tutkittiin alustavasti laboratoriokokein sekä stabiilien alkuaineiden avulla että käyttäen merkkiaineina radioisotooppeja. Tulosten voitiin katsoa ennakoivan, että murtoveteen sekoittuessa osa mangaania ja kuparia sedimentoituisi hiukkasten mukana; rauta, yttrium ja osa mangaania saostuisivat voimakkaasti humuksen kanssa niinkuin osa sinkistä ja strontiumista ja jonkin verran kuparista. Viiden vuoden ajan tutkittiin tätä kysymystä luonnonolosuhteissa Ii-joen ja Kuivajoen vesistöissä laskeuman Sr-90:llä ja Cs-137:llä analysoiden samalla useita (15) kemiallisia komponentteja. Faktorianalyysillä havaittiin kaksi eri suotekijää, kolloidinen ja ei-kolloidinen, joista edellinen vaikutti voimakkaasti Cs-137 ja mm. Fe ja Mn sekä jälkimmäinen, joka vaikutti sekä Cs-137 että Sr-90, Mn ja Fe. Tämän nähtiin selittyvän sillä, että kumpikin radionuklidi rikastuu voimakkaasti kasveihin, ja niiden hajotessa strontium kelatoituu humushappojen kanssa ja kolloidinen humus absorboi voimakkaasti kesiumia.

#### Sedimentoituva aines ja pohjasedimentti

Sedimentoituvat hiukkaset keräävät tehokkaasti useita radioaktiivisia aineita poistaen niitä vedestä, kuljettavat niitä joihinkin organismeihin tai laskeutuvat ja kerääntyvät meren/järven pohjaan. Ydinvoimalaitosten ympäristössä kehitettiin sedimentoituvan aineen kerääjiä, joilla kerättyjen näytteiden todettiin ilmentävän tilannetta paremmin kuin pohjasedimenttinäytteiden, kun laskeutuminen oli tapahtunut äskettäin.

## Kala

Vesiravintoketjujen tuntemisen tarpeellisuus korostui ydinvoimalaitoksia suunniteltaessa sekä kalojen että indikaattoriorganismien suhteen. Vuonna 1966 tehtiin laaja kirjallisuusselvitys Itämeren alueen merellisistä ravintoketjuista. Itämeren rannikkoalueilla oli ydinasekoekaudella silakan radioaktiivisuutta kartoitettu vuosina 1965- 1966. Vuodesta 1971 alkaen määritettiin Sr-90- ja Cs-137-pitoisuuksia usean vuoden ajan merivedestä ja useista kalalajeista (15) Loviisan alueelta ja v.1975 alkaen Olkiluodosta ja neljältä alueelta Itämeren rannikkoalueilla. Koska rikastumiskertoimia kaloille ei murtovedestä juuri ollut, analysoitiin strontiumin, kalsiumin ja kaliumin lisäksi myös eräitä aktivoitumistuotteita vastaavia stabiileja alkuaineita (rauta, kupari, sinkki, koboltti, kromi,) kerrointen määrittämiseksi. Silakka ja hauki valittiin jatkuvaan seurantaan vuodesta 1975 alkaen Sr-90 ja gammasäteilijöiden osalta. Strontium-89 lisättiin seurantaohjelmaan v. 1977.

## Indikaattoriorganismit

Yllämainitun kirjallisuusselvityksen yhteydessä analysoitiin Sr-90 ja C-137 pitoisuuksia ja tehtiin laboratoriokokeita Sr-85:llä ja Cs-134:lla seuraavista lajeista: *Macoma Baltica*, *Mesidotea Entomon L.*, *Pontoporeia Affinis* Lindström, plankton ja *Sprattus Sprattus*, niiden soveltuvuudesta indikaattoriorganismeiksi. Tätä työtä jatkettiin luonnonolosuhteissa ja Sr-90, Cs-137 ja Pu-239,240 seurantaorganismien valitsemiseksi ja taustatasojen määrittämiseksi plankton-, levä- ja pohjaeläinnäytteistä Loviisan alueella v. 1974 ja Olkiluodon alueella v. 1976 alkaen.

Loviisan voimalaitoksen pienten päästöjen avulla havaittiin rakkolevässä (*Fucus Vesiculosus*) 16 gammanuklidia vuosin 1977-1986 ja Olkiluodossa 1978-1986 9 gammanuklidia määrien noustessa 20 nuklidiin Tshernobylin onnettomuuden jälkeen. Jokin yksittäinen nuklidi saattoi löytyä vielä herkemmin jostain muusta organismista, mutta valvontaan rakkolevä soveltui parhaiten myös esiintyvyytensä ja kerättävyytensä vuoksi.

Tshernobylin onnettomuus aktivoi huomattavasti tutkimustoimintaa levittäessään ympäristöön useita radioaktiivisia aineita mitattavia määriä, joiden avulla voitiin monipuolistaa radioekologisten prosessien tutkimista muuallakin kuin Loviisan ja Olkiluodon alueilla, esimerkiksi järvikalojen, sienien jne. suhteen.

SFL-, STL- ja STUK-raporteista löytyvät tiedot sekä valvonnasta että osittain myös tutkimuksista.



*Kuva 1: Laskeuman kerääjä ja sademittari (Kuva: Anneli Salo).*



*Kuva 2: Iso laskeuma-asema (Kuva: Anneli Salo).*





*Kuva 3. Näytteenottoa (Kuva: Anneli Salo).*



*Kuva 4: Isojen vesi- ja maitonäytteiden haihdutus (Kuva: Anneli Salo).*



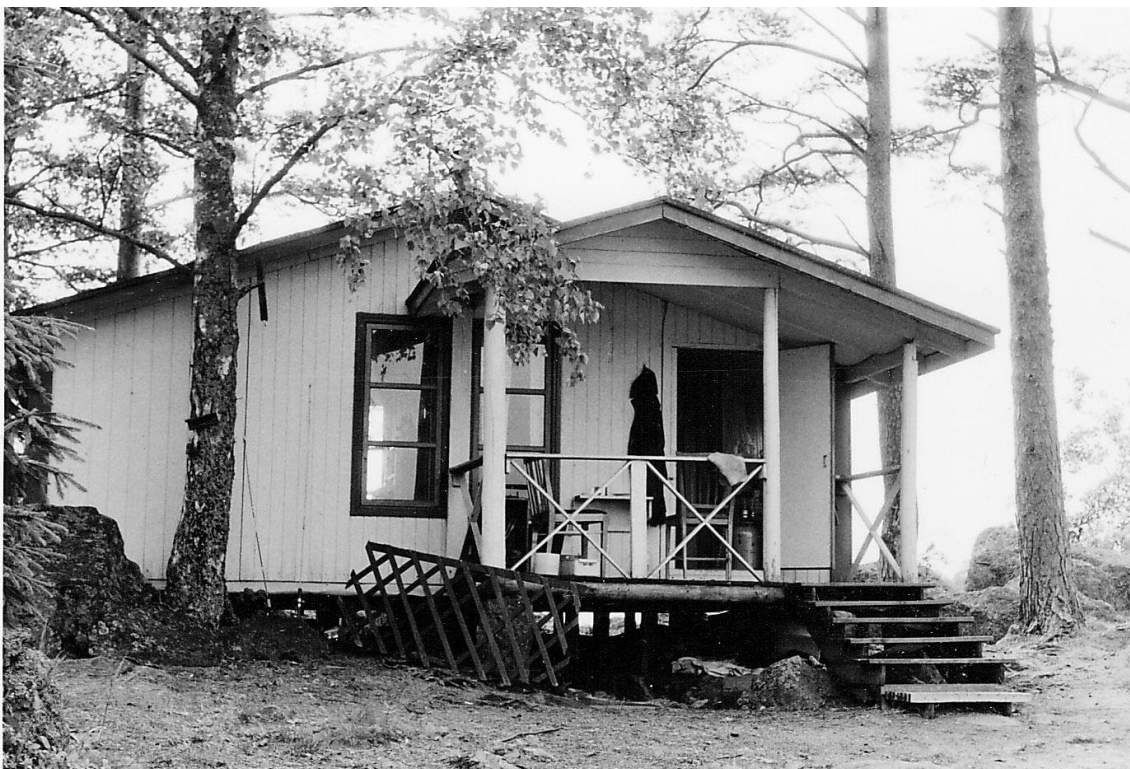
*Kuva 5: Mittauskalustoa kemiallisen erotuksen jälkeen (Kuva: Anneli Salo).*



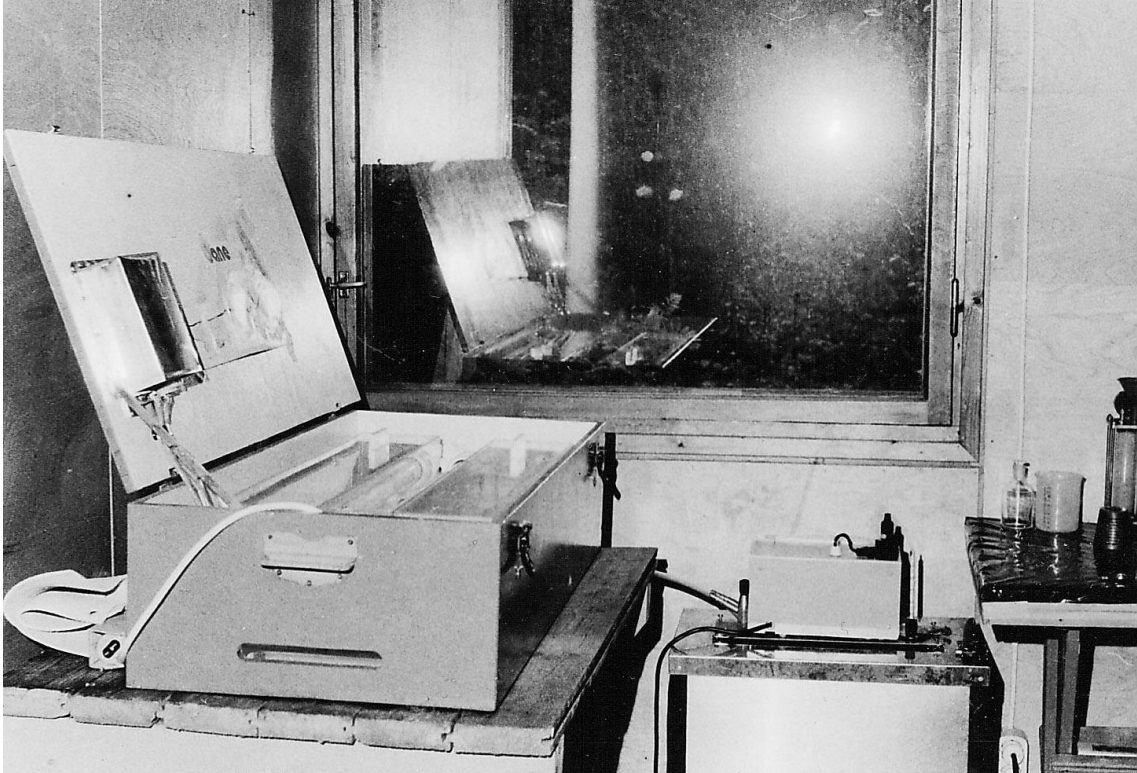
*Kuva 6: Packard-merkinen nestetuikespektrometri (Kuva: Anneli Salo).*



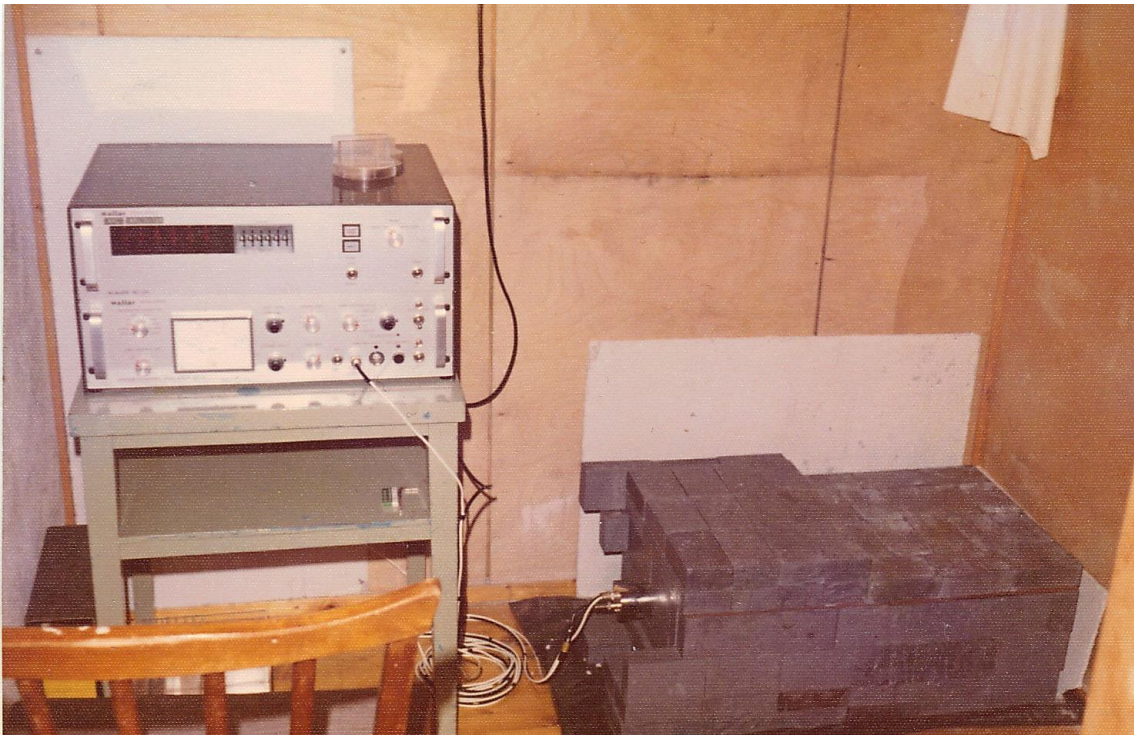
*Kuva 7: ABC-luolan suunnitteluryhmä (Kuva: Anneli Salo).*



*Kuva 8: STUK:n ensimmäinen kenttäasema Loviisan Hästholmenilla (Kuva: Anneli Salo).*



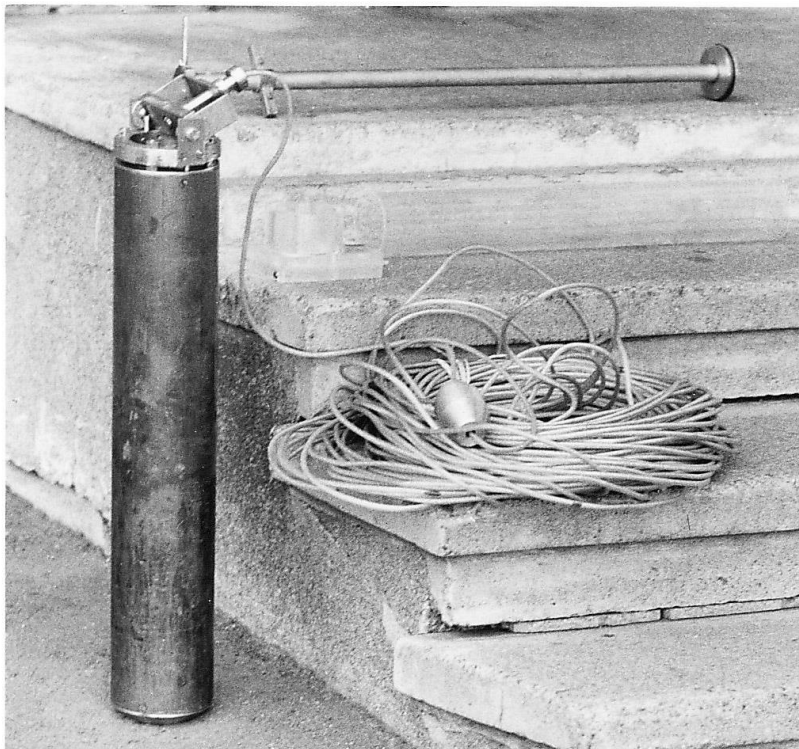
*Kuva 9: Kenttäaseman kalustoa (Kuva: Anneli Salo).*



*Kuva 10: Kenttäaseman kalustoa (Kuva: Anneli Salo).*



*Kuva 11: STUK:n ensimmäinen vene Loviisassa (Kuva: Anneli Salo).*



*Kuva 12: Pohjasedimenttinäytteenottaja (Kuva: Anneli Salo).*



*Kuva 13: FL Olli Paakkola kasvinäytteitä ottamassa (Kuva: Anneli Salo).*

## Ilmatieteellinen keskuslaitos ja ilmakehän radioaktiivisuus - tästä se alkoi

Rolf Mattsson

### Vaihe 1

Kaiken alku: Los Alamos – 16.07.1945 – ensimmäinen ydinväläytys. Pian sen jälkeen Hiroshima, 6.8.1945 – kiire, koska Japani oli tehnyt selväksi, että sota jatkuu viimeiseen mieheen. Nagasaki kolme päivää myöhemmin – miksi? Oliko Pearl Harbour vielä mielessä tai pitikö näyttää Neuvostoliitolle, missä kaappi seisoo? Muistan vielä, että enoni luettuaan tästä päivälehdistä sanoi, että ”tämän jälkeen sotia ei voi enää syntyä.”

Samat sanat käytti myös Nobel-palkinnon saaja Linus Pauling ja kirjoitti aiheesta kirjan, ”No More War!” (1958). Radioaktiivista saastetta edellä mainituista pommeista olisi varmasti ollut mitattavissa Suomessa niillä mittauslaitteilla, jotka 60-luvun alussa olivat käytössä, mutta kesti vielä yli kymmenen vuotta ennen kuin sellainen ajatus edes syntyi. Tämän kymmenen vuoden aikana kuitenkin tapahtui paljon. USA suoritti vuoteen 1954 mennessä ainakin 44 ydinkoetta. Tunnetuksi tuli ainakin Marshall-saarilla tehdyt 23 ydinkoetta, joukossa ensimmäinen vetypommi. Tunnetuksi ehkä siitä, että siellä saari tai saariryhmä sai nimekseen Bikini-saaret ranskalaisen pukusuunnittelijan Jacques Helmin kesäkuussa 1946 kehittämän kaksiosaisen uimapuvun mukaan (saarten muoto on ilmeisesti syy tähän, Kuva1). 1949 myös Neuvostoliitto yllätti tekemällä ydinkokeita ja 1952 Englanti liittyi joukkoon. Arvion mukaan 1954 oli jo olemassa ainakin 1000 ydinpommia. Tästä huolimatta vuosina 1945... 1955 (VAIHE I) ei paljon puhuttu tai kirjoitettu ydinsaasteen leviämisestä. Suomessa tietävästi ei vielä tehty yhtään ilman tai sadeveden radioaktiivisuuden mittausta.



*Kuva 1: Bikini-saaret.*

## Vaihe II

Vuonna 1955 alkoi vihdoinkin Suomessa tapahtua. Lehdistö heräsi, kun tuli tietoja Japanissa mitatuista korkeista sadeveden säteilyarvoista. Aikaisemmin oli myös Amerikasta kantautunut tieto, että Arizonassa toukokuussa 1953 oli kulkeutunut radioaktiivista saastetta ydinkokeesta St. Georgesin kaupunkiin. Maaliskuussa 1955 valtioneuvosto asetti komitean valvomaan asioita, joihin kuuluivat atomienergia ja radioaktiivisuuden valvonta. Heinäkuussa 1955 syntyi n.s. ”*Maineau Declaration*”, jossa nobelistien Otto Hahnin ja Max Bornin aloitteesta yhteensä 52 Nobel-palkinnon saanutta vetosivat kaikkiin valtioihin, että nämä välttäisivät väkivallan käyttöä, koska muuten jokin valtio voisi viimeisenä keinona käyttää ydinaseita.

Tietävästi ensimmäiset sadeveden radioaktiivisuuden mittaukset teki biokemisti Jorma K. Miettinen syksyllä 1955. Hän totesi, että marraskuun lopulla lumien haihdutusjäänteiden beetaradioaktiivisuus oli merkittävästi suurempi kuin varhempien sateiden. Tiedon julkaisi Helsingin Sanomat 31 marraskuuta. Kun maailman meteorologinen järjestö, WMO, Dubrovnin kokouksessa maaliskuussa 1956 oli päättänyt ottaa ilmakehän ja sadeveden radioaktiivisuusmittaukset ohjelmaansa, Ilmatieteellisen keskuslaitoksen johtaja Matti Franssila keskusteli professori Erkki Laurilan kanssa. He katsoivat, että olisi hyvä alku perustaa jatkuvia radioaktiivisuuden rekisteröintilaitteita keskuslaitoksen kolmelle luotausasemalle, joissa jo valmiina olivat viestiyhteydet maailmanlaajuiseen WMO-verkostoon.

Syksyllä 1958 USA, Iso-Britannia ja Neuvostoliitto sopivat moratoriosta, eli ydinkokeet lopetettiin toistaiseksi. Ilmatieteellinen keskuslaitos oli saanut budjettiin varoja valvontaverkostoa varten, ja kesästä 1959 lähtien alettiin toteuttaa suunnitelmia. Kuriositeettina muistan, että ulkomailta tuotavien instrumenttien suhteen piti tuontilisenssiä varten laatia todistus siitä, että laitetta käytettäisiin vain tieteellisiin tarkoituksiin, eikä Pariisin rauhansopimuksessa kiellettyyn atomipommin valmistukseen.

Suurten ydinvaltioiden moratorio jatkui syyskuuhun 1961 saakka. Ilmatieteellisen keskuslaitoksen jo asennettujen rekisteröintilaitteiden käyristä näkyi luonnollisen radioaktiivisuuden vaihtelut. Heräsi kysymys: Oliko kehitetty laitteisto tarkoitukseen sopiva?



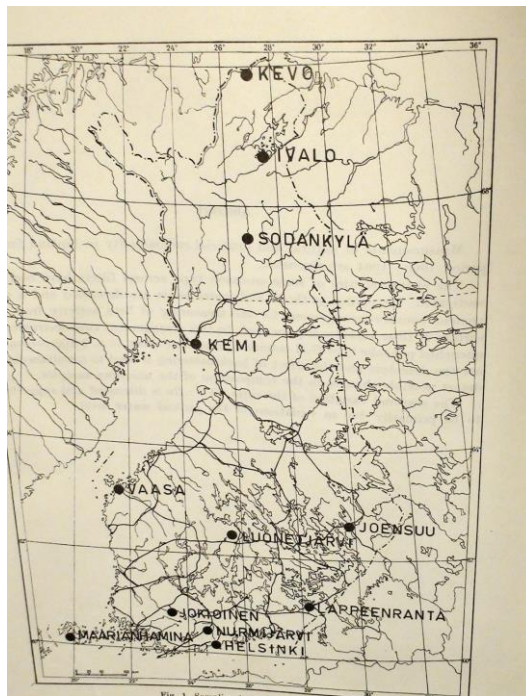
9.3.1960.

## Radioaktiiviutta mittaa 11 asemaa

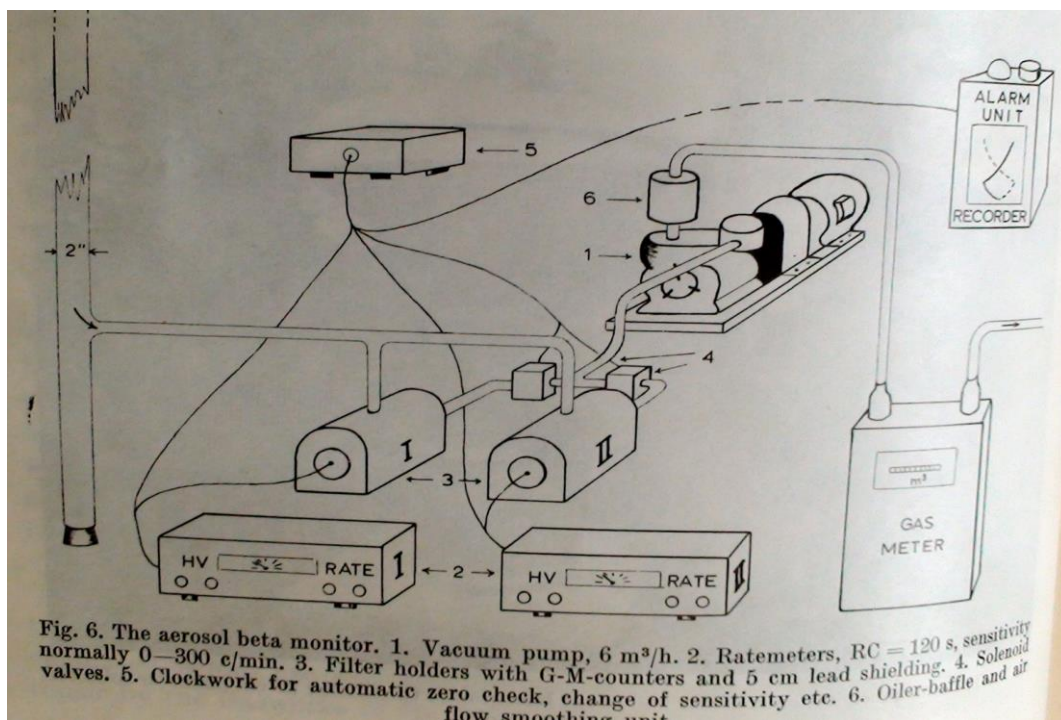
RADIOAKTIIVISTA SÄTEILYÄ tarkkaillaan nyt yhdellätoista ilmatieteellisen keskuslaitoksen havainto-  
asemalla, jotka toimittavat näyttöä säteilyfysiikan  
laitokselle. Viime kevään jälkeen radioaktiiviuden  
määrä on kuitenkin pysytellyt varsin vähäisenä.

Sadeveden ja siis myös lumen radioaktiiviuden mittauksia on maassamme tehty elokuusta 1958 lähtien Helsingissä, Jokioisissa, Kajaanissa ja Ivalossa, mutta nyt saadaan näyttöä 11 havaintoasemalta

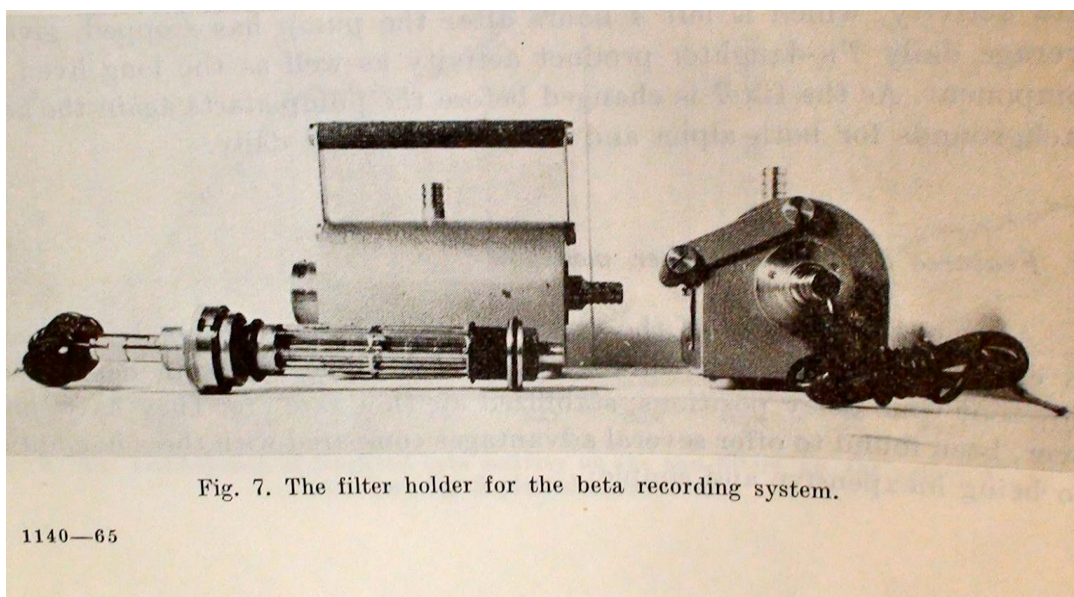
Ivaloa myöten. Alussa mitaukset suoritettiin varsin alkeellisin menetelmin, mutta vähitellen on saatu kehittyneempiä mittauslaitteita, jotta edelleenkin valmistetaan tarkkailun tehostamiseksi.



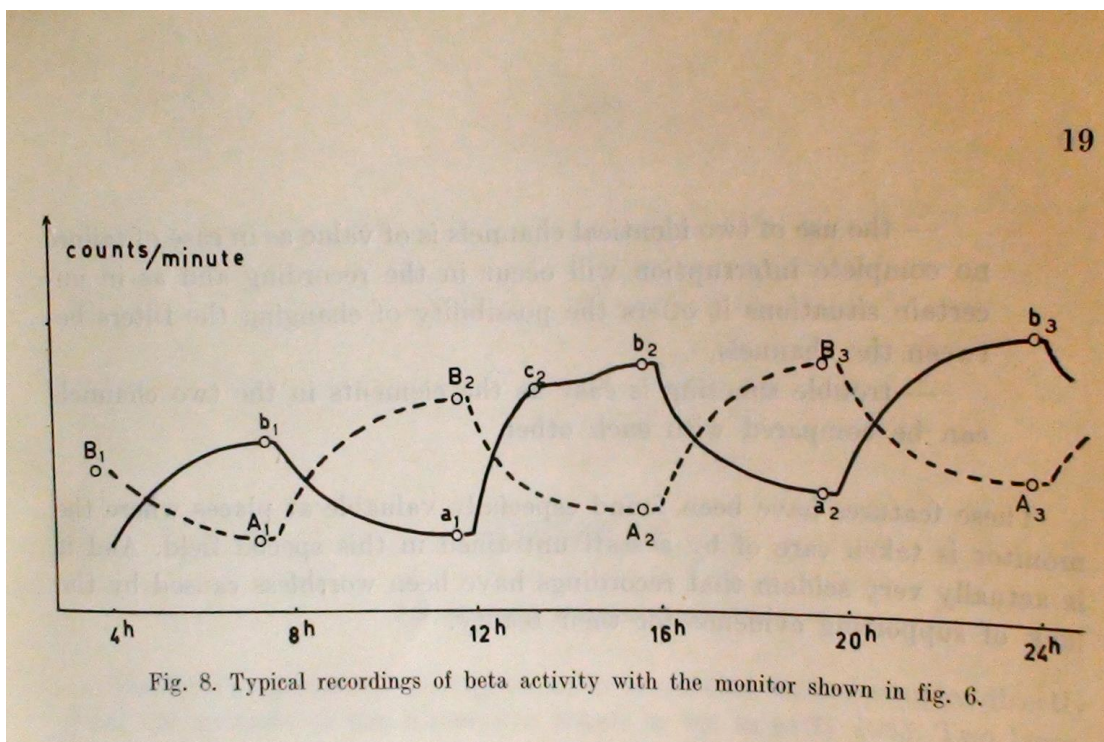
Kuvat 2 ja 3: Hyvissä ajoin ennen uuden ydinkoesarjan alkamista oli Ilmatieteellisellä keskuslaitoksella tarkoituksenmukainen valvontaverkosto käytössä.



*Kuva 4: Vuosina 1959-1960 kehitetty ilmapölyn radioaktiivisuuden mittauslaitteisto. Ilmaa imetään vuorotellen 4-tunnin jaksoissa kahden geigerputken ympäri kierretyn suodatinpaperin läpi. Koska pääosa luonnollisesta radioaktiivisuudesta kuolee pois noin neljässä tunnissa, piirturiin rekisteröidyt käyrät ovat Kuvan 6 näköiset.*



*Kuva 5: Filteripidin/geigerputki ja lyijysuojat, joiden sisällä ne taustasäteilyn vähentämiseksi pidetään.*



*Kuva 6: Kuvan 4 mukaisen laitteiston piirtämät käyrät. Alimpien pisteiden nouseva trendi johtui pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden kertymisestä suodatinpaperiin.*



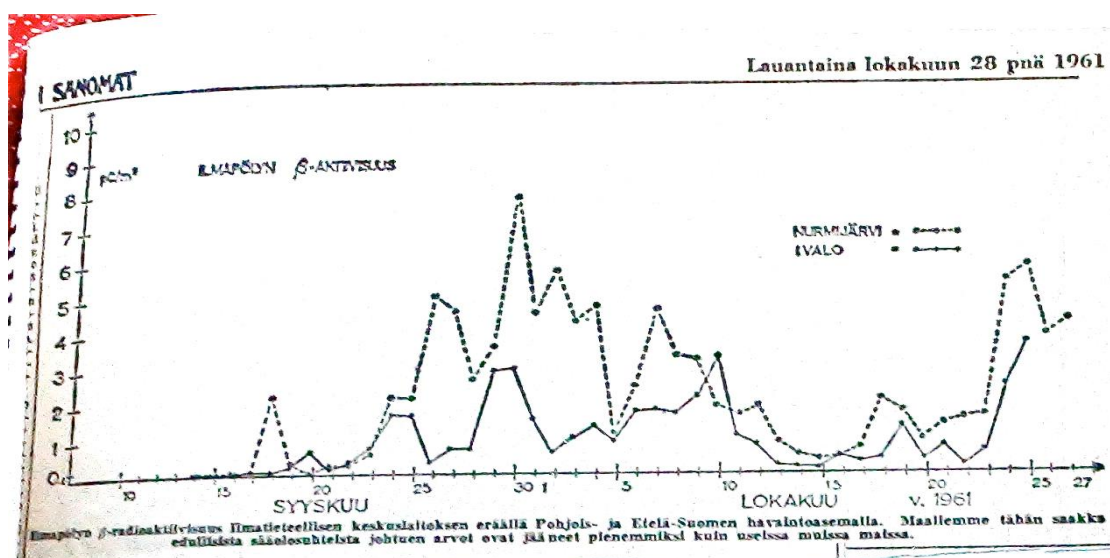
*Rekisteröivä ja hälyttävä ilman radioaktiivisuuden valvontalaitteisto Nurmijärven geofysikaalisessa observatoriossa 1960-luvun alussa. Kuvassa laitteiston edessä observatorion johtajan, Matti Kivisen, poika Tapani sekä vahtikoira Tessi.*

*Kuva 7: Kuvassa 4 piirretty mittauslaitteisto käytännössä.*

### Vaihe III

Vastaus saatiin, kun suurten ydinkokeiden sarjat alkoivat syyskuussa 1961 ja päättyivät vuoden 1962 lopussa.

Ja vastaus oli: *Kyllä.*



Kuva 8: Yllä esitetyllä Ilmatieteellisellä keskuslaitoksella kehitetyllä laitteistolla voitiin hyvin seurata ydinsaasteen esiintymistä ilmassa. Kuvan 6 käyrien luonteenomaiset muodot, lyhytikäisen Rn-222:n jälkeläisten asymptoottinen nousu ja lasku 4 tunnin jaksoissa, antavat tiedon siitä, että laitteisto toimii luotettavasti. Toinen laitteiston varmuutta lisäävä tekijä on kahden kanavan käyttö. Vielä sen jälkeen, kun toinen kanava pettää (korkeajännite, geigerputki tai pulssitaajuusmittari lakkaa toimimasta), laitteisto toimii edelleen hyvänä valvontalaitteena toisen kanavan turvin.

Syyskaudella 1961 ja 1962 räjäytettiin yhä suurempia fissio- ja vetypommeja. Niihin liittyvät uutiset olivat joskus kyseenalaisia tai mielikuvituksen tuotteita. Neuvostoliiton Lontoossa oleva asiainhoitaja Vitalis Loginov oli informoinut Bertrand Russellia, että Neuvostoliitossa maanantaina suoritettu voimakas ydinräjäytys oli ”puhdas” eikä siis aiheuta radioaktiivista laskeumaa (Lontoo 24.10 1961, STT-Reuter).

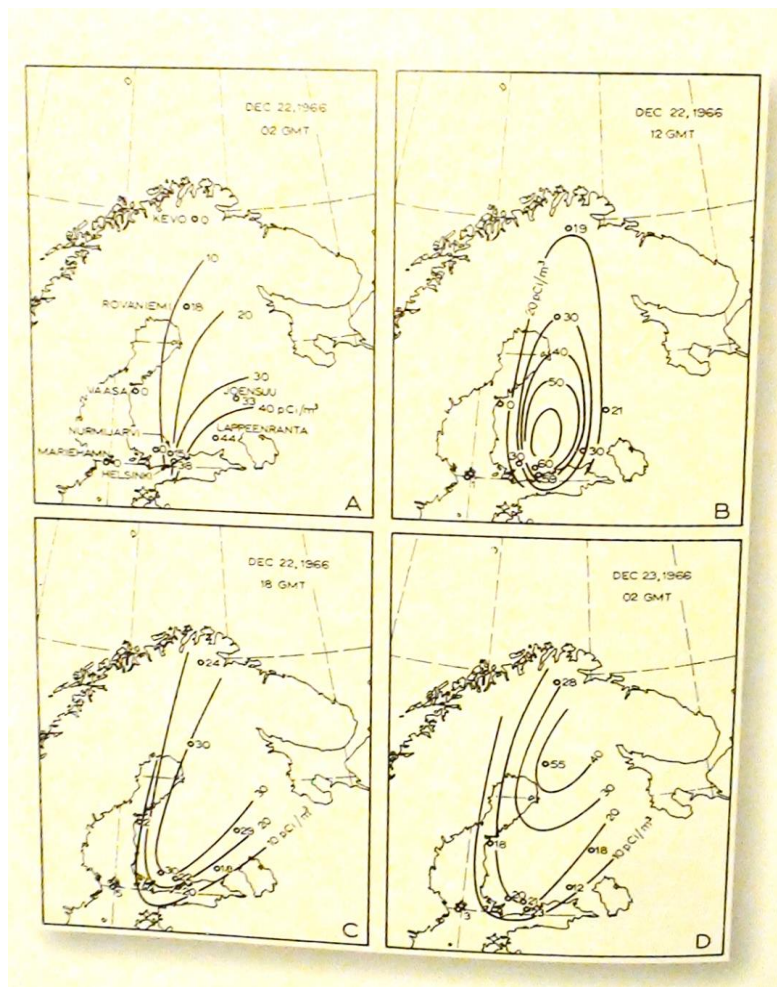
Näihin aikoihin monet ilmiöt liitettiin ydinkokeisiin. Näitä olivat m.m. mystilliset pitkät, 5-8 m, hiuksia muistuttavat kuidut, joita havaittiin Helsingin keskustassa ja Pohjois-Haagassa. Niitä oli aikaisemmin havaittu myös Ranskassa. Etelä-Suomessa löydettiin paikoin myös ohuita kuparineulasia, jotka ilmeisesti liittyivät tutkahäirintäkokeisiin. Odotetusti myös monet poikkeukselliset säätapauhtumat, esimerkiksi hirmumyrskyt, liitettiin ydinkokeisiin.

Lokakuussa 1962 syntyi tilanne, josta nobelistit varoittivat ”Maineau Declaration:ssa”, eli Neuvostoliitto ja Yhdysvallat olivat hyvin lähellä sotaa. Kuubaan asennetut ydinkärjillä varustetut ohjukset pitivät maailmaa jännityksessä lokakuun 28. päivään saakka, jolloin Nikita Hruštšov suostui poistamaan ne.

Seuravana vuonna, elokuussa 1963, Yhdysvallat, Neuvostoliitto ja Iso Britannia sopivat maanpäällisten ydinkokeitten lopettamisesta. Sopimuksen ulkopuolelle jäivät Ranska ja Kiina, jotka kyllä jatkoivat maanpäällisten ydinräjäytysten suorittamista, mutta niiden vaikutukset Suomeen olivat pieniä edellisiin verrattuna.

Joulukuussa 1966 havaittiin kuitenkin merkittävä idästä päin tuleva radioaktiivinen pilvi (Kuva 9), jonka lähde Seismologian laitoksen mukaan ei voinut olla Kiinassa vaan Neuvostoliitossa. Tarkkojen radionuklidianalyyysien perusteella todettiin, että kysymyksessä ilmeisesti oli maanalainen ydinkoe ja radioaktiivisuus ensi sijassa jalokaasujen jälkeläisiä. Tähän julkaisuun viitaten USA lähetti Neuvostoliitolle nootin ydinkoekieltosopimuksen rikkomisesta.

Lähinnä kuriositeettinä voi mainita, että TV1 näytti (14.11.2003) filmin ”Blue Sky”, missä päähenkilö, ydinfysiikkaan perehtynyt sotilashenkilö, kiertää mittaamassa radioaktiivisuutta ja mainitsee muun muassa, että Suomesta tulleen tiedon mukaan Neuvostoliitto on päästänyt ilmaan saastetta, jota on seurattu Suomessa. Kyseessä on viimeinen englantilaisen Tony Richardsonin tekemä filmi vuodelta 1994. Päähenkilöitä esittävät Jessica Lange ja Tommy Lee Jones.



Kuva 9: NATURE, Vol.216, No.5112. Movement of the radioactive cloud (from Semipalatinsk) over Finland during December 22, 1966.

## **Menetelmien kehitys ilmakehään tapahtuvien radioaktiivisten päästöjen leviämisen arvioimiseksi**

Göran Nordlund

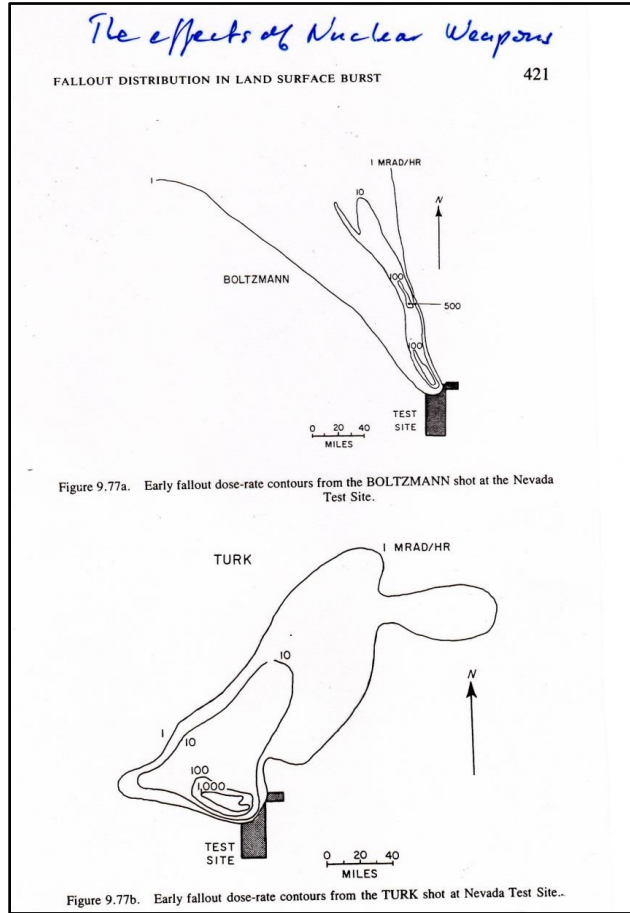
Tämä artikkeli tarkastelee niiden menetelmien kehitystä, joita on käytetty radioaktiivisten aineiden ilmaan tapahtuvien päästöjen kulkeutumisen selvityksiin. Ydinasekokeet olivat ensimmäiset tapahtumat, joissa radioaktiivisten aineiden kulkeutumisarviointeja tarvittiin, vähän myöhemmin tuli selvitysten kohteeksi päästöt ydinvoimalaitoksista sekä normaalikäytön aikana ja onnettomuustilanteissa. Rinnan radioaktiivisten aineiden menetelmien kehittämisessä on rakennettu myös leviämismalleja ns. konventionaalisten ilman epäpuhtauksien leviämisen arvioimiseksi. Näitäkin malleja esitellään artikkelissa lyhyesti. Rinnakkainen kehitystyö on johtanut siihen, että nämä eri päästöaineille kehitetyt mallit ovat nyt 2010 luvulla lähes yhtenäiset. Artikkelin lopussa kuvataan laskentamenetelmien nykytilaa ja pohditaan jäljellä olevia kehitystarpeita.

### **”Sikarimenetelmä”**

Ensimmäiset laskelmat ja arvioinnit radioaktiivisten aineiden kaukokulkeutumisesta ilmakehässä liittyivät ydinaseisiin. Menetelmällä, jolle täällä Suomessa on annettu nimeksi Sikarimenetelmä, arvioitiin 1950- ja 1960-luvuilla Suomen lähialueilla ja Suomessa mahdollisten ydinräjähteiden etäisvaikutuksia. Nämä arvioidut etäisvaikutukset ulottuvat satojen kilometrien päähän räjäytyspaikasta. Sikarimenetelmä pohjautuu Yhdysvalloissa Nevadassa ja Tyynen valtamerellä ydinkokeista saatuihin havaintoihin radioaktiivisen saastepilven leviämisestä ja vastaavista säteilytasoista. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty kahdesta ydinkokeesta saadut havaintotulokset. Kuvat ovat olleet esillä monissa ydinaseita käsittelevissä julkaisuissa, mm. laajassa OTA- Congress of the United States laatimassa ydinaseraportissa The Effects of Nuclear War vuodelta 1979.

Sikarimenetelmä toimii niin, että ensin lasketaan tuulihavaintojen mukaan radioaktiivisen pilven kulkusuunta ja miten se mahdollisesti muuttuu kulkeutumisen aikana, eli arvioidaan ns. kulkeutumistrajektori radioaktiiviselle saastepilvelle. Pilven horisontaaliset laimennuskertoimet arvioitiin sikarimenetelmässä viivoittimilla, joihin on merkitty laimennuskertoimet eri etäisyyksille trajektoria pitkin. Nämä viivoittimet olivat 1950- ja 1960-luvuilla puisia ja niitä kutsuttiin puutikuiksi. Arviointien tuloksena saatiin siten sikaria muistuttava kuva ydinräjähteen radioaktiivisen pilven etenemisestä ja sen aiheuttamista säteilyannoksista (Kuvat 3 ja 4).

Sikarimenetelmällä tehtävät valmiusharjoitukset jatkuivat Ilmatieteellisessä keskuslaitoksessa, nykyisessä Ilmatieteen laitoksessa, aina 1970-luvun alkuun asti, kunnes tietokonelaskelmat korvasivat manuaalisen Sikarimallin. Säännöllisten harjoitusten loppumiseen vaikutti ilmeisesti myös 1970-luvulla solmitut kansainväliset ydinasesopimukset. Ainakin tämän artikkelin kirjoittajalle on jäänyt epäselväksi, mikä taho 1950- ja 1960-luvuilla oli silloin ajateltu ydinräjäytysten tekijäksi.



Kuva 1: Kahden Nevada-testin säteilyvaikutusaluekuviot (Glasstone & Dolan 1977).

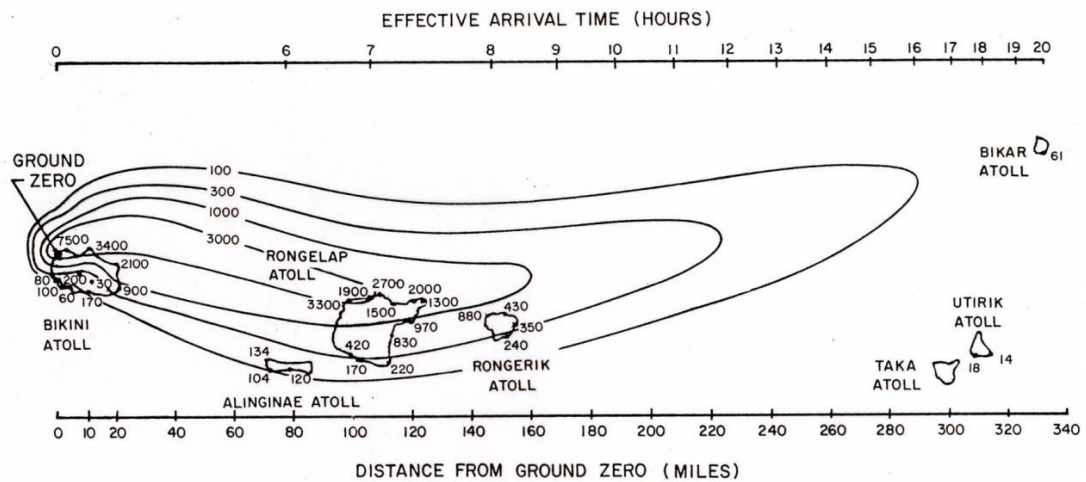


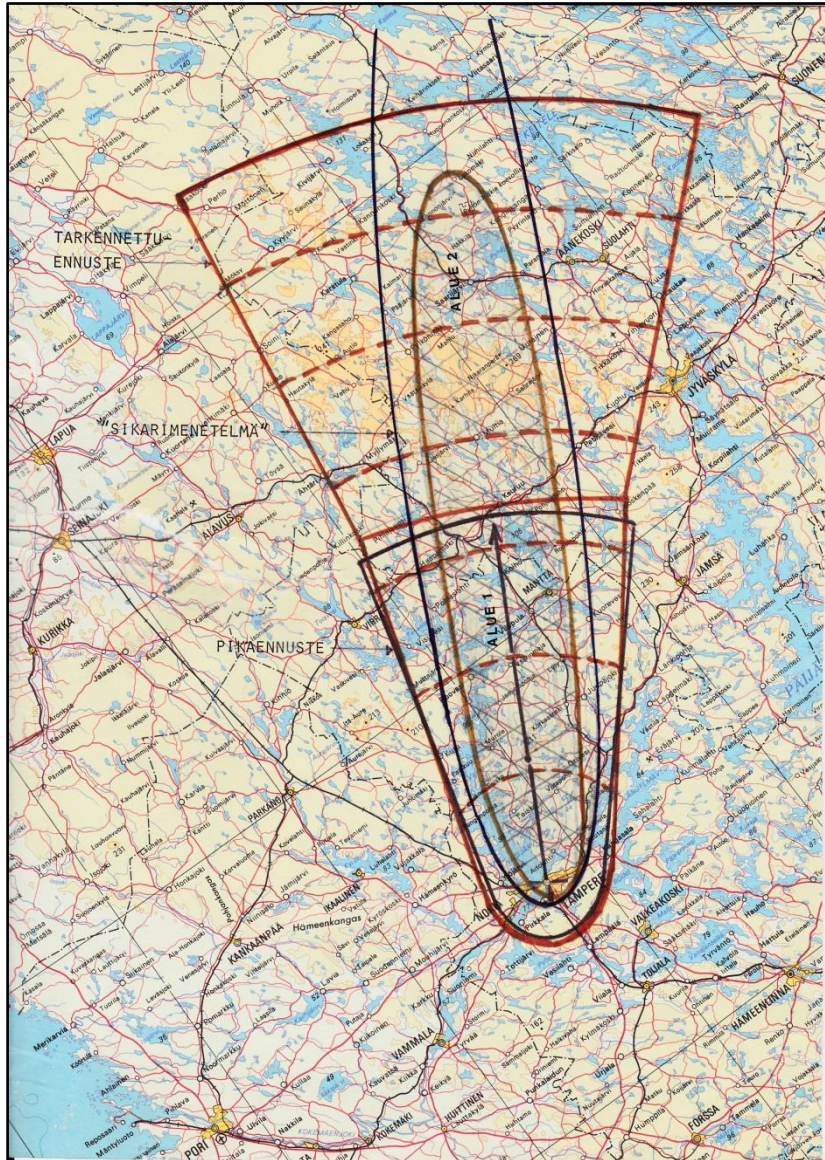
Figure 9.105. Estimated total (accumulated) dose contours in rads at 96 hours after the BRAVO test explosion.

Kuva 2: Bikinin atollilla 1954 tehdyn Castle Bravo -kokeen säteilyvaikutusalue (Glasstone & Dolan 1977).



*Kuva 3: Sikarimenetelmällä arvioitu akuutti säteilyannos 100 kt ydinräjähdyksestä Virossa (rads/4 vrk).*





*Kuva 4: Sikarimenetelmän annoskuvio, johon on lisättä vaaravyöhykkeet. Alue 1, välitön hengenvaara, Alue 2, myöhäisvaikutuksen vaara-alue.*

### **Kulkeutumisratojen trajektorien arvioiminen**

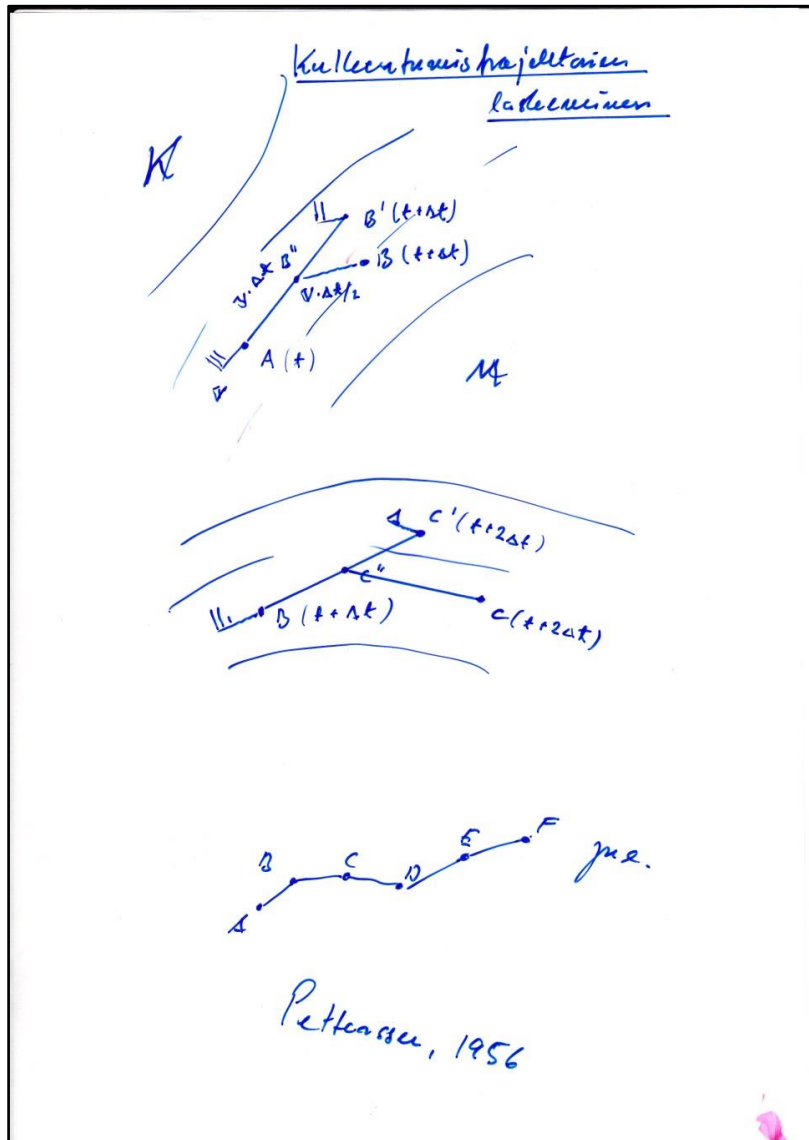
Ennen tietokoneaikaa kaikki säädädat olivat yksittäisinä havaintoina sääkartoilla. Niistä tehtiin analyysit matala- ja korkeapaineiden sijainnista ja virtauskentistä. Sääanalyysijä ei tehty ainoastaan maanpinnan läheltä saaduista kahden metrin korkeudella olevista havainnoista, vaan myös eri korkeuspinoilta sääluotausten havainnoista. Kulkeutumisreittiarviot pystyttiin sääanalyysistä tekemään manuaalisesti varsin yksinkertaisesti kuvassa 5 esitetyllä menetelmällä. Lähtöpaikasta A siirrytään pisteen A vallitsevalla tuuliarvolla aika-askeleen verran pisteeseen B, josta eteenpäin pisteen B tuuliarvolla pisteeseen C, jne.



Kuva 5: Yksinkertaisen trajektorilaskennan periaate.

Yllä kuvattuun yksinkertaiseen kulkeutumis-trajektorilaskentamenetelmään sisältyy kuitenkin tietty vääristymä. Oletus, että siirtyminen pisteestä A pisteeseen B koko ajan tapahtuisi lähtöpisteestä A tuulivarvolla ei yleensä pidä paikkaansa. Lähellä pistettä B sen tuuliarvo on kulkeutumisessa hallitsevampi. Vääristymää on trajektorilaskennoissa yleensä korjattu käyttämällä norjalaisen Pettersenin (1956) esittämää menetelmää. Siinä lasketaan siirtymä pisteeseen B aluksi pisteen A tuulivarvolla, mutta siirrytään sitten takaisin janan A-B puoliväliin, josta edetään pisteen B tuulivarvolla. Näin päädytään tarkennettuun pisteeseen B, jonka voi merkitä  $B'$ . Tästä sitten eteenpäin pisteestä  $B'$  pisteeseen  $C'$ , jne., kuva 6.

Vääristymä saadaan sitä paremmin korjatuksi mitä lyhyempää aika-askelta käytetään. Ennen tietokoneaikaa oli manuaalisissa trajektorilaskelmissa pakko käyttää melko pitkää aika-askelta. Tietokonelaskelmissa aika-askelen voi asettaa vaikka kuinka lyhyeksi, jolloin trajektori tulee tarkasti arvioiduksi, kun säätiedot ja virtausarvot ovat oikeat.



Kuva 6: Pettersen'in (1956) iterointiin perustuva trajektorilaskenta.

### Diffuusioyhtälö

Laskettu trajektori antaa yksittäisen partikkelin tai kaasumolekyylin kulkeutumisradan. Jos kyseessä on kaasupäästö tai suuren partikkelimäärän päästö, muodostuu trajektorin ympäri kaasu- tai partikkelipilvi, jonka leveys horisontaali ja vertikaalisuunnassa riippuu vallitsevasta säätilasta, lähinnä tilan turbulenssin voimakkuudesta. Fysikaalisesti tämä hajonta noudattaa ns. yleistä diffuusioyhtälöä (1), jossa pitoisuuden  $C$  muutos tuulen aikayksikössä on kuvattu tuulen horisontaalikomponentin  $V$  ja vertikaalikomponentin  $w$  sekä horisontaalisen ja vertikaalisen turbulenssikertoimen  $K_H$  ja  $K_z$  avulla:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\mathbf{V}_H \cdot \nabla_H C - w \frac{\partial C}{\partial z} + \nabla_H \cdot K_H \nabla_H C + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + Q - S, \quad (1)$$

Yhtälön (1) oikean puolen kaksi ensimmäistä termiä edustavat tuulen mukana tapahtuvaa kulkeutumista, eli itse asiassa trajektoria. Termit kolme ja neljä ovat diffuusiota edustavia termiä,  $S$  on kulkeutuvan aineen poistumistermi ja  $Q$  vastaavasti lisäystermi, joka voi tulla kysymykseen kemiallisten reaktioiden tai radioaktiivisen hajonnan kautta. Diffuusion huomioimiseen on klassisissa leviämismalleissa yleensä käytetty nk. K-teoriaa, jonka mukaan pitoisuuden muutos voidaan kuvata tietyn kertoimen ja kyseessä olevan aineen gradientin muutoksen tuloksena. K-teoria on saksalaisen fysiologin A. Fick'in jo 1800-luvulla kehittämä. K-teoriaa on käytetty erilaisissa ilman epäpuhtauksien leviämismalleissa aina 2000-luvulle asti.

Ennen nopeiden tietokoneiden aikaa diffuusioyhtälöä ei voitu suoraan soveltaa laajoihin tilastollisiin laskelmiin ilman epäpuhtauksien leviämisestä. Tätä varten tarvittiin pelkistetty menetelmä, jossa pitoisuuskentät on helposti laskettavissa eri säätilanteille, Tällainen menetelmä on ns. Pasquill'in ilman epäpuhtauksien leviämismalli.

### Pasquill'in leviämismalli

Kun ei tarvitse ottaa huomioon mahdollisia lähde- ja nielutekijöitä kulkeutumisen aikana, voidaan diffuusioyhtälön analyttinen ratkaisu esittää yhtälön (2) muodossa, jossa  $Q$  on tietyllä korkeudella  $H$  oleva päästö,  $\bar{u}$  tuulen nopeus sekä  $\sigma_y$  ja  $\sigma_z$  pitoisuuden  $C$  hajonta-arvot paikassa  $x, y, z$ , (esim. Nordlund et al., 1976):

$$\bar{X}(x, y, z) = \frac{Q e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}}}{2\pi\sigma_y\sigma_z\bar{u}} \left[ e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right]. \quad (2)$$

Yhtälön (2) käytön kriittisenä tekijänä on saada hajonta-arvot kiinnitetyksi. Tätä varten kehitti englantilaisen turbulenssitutkija F. Pasquill säätyyppiluokitukseen perustuvan mallinsa. Hänen Meteorological Magazine -lehdessä vuonna 1961 julkaisemansa lyhyt artikkeli on koko meteorologian alan eniten siteerattu (Pasquill, 1961).

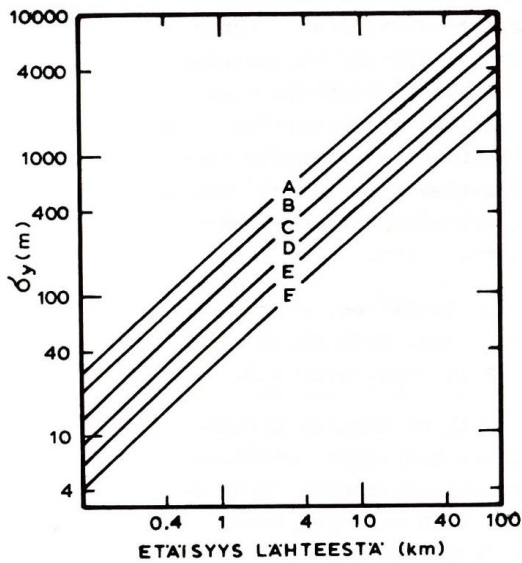
Pasquill-malli perustuu lähtökohtaisesti ilman turbulenssin-pyörteisyyden luokitteluun tuulen nopeuden ja vallitsevan säteilytilanteen mukaan kuvan 7 luokituskaavion mukaan. Luokka A edustaa erittäin labiilia tilannetta, jossa pyörteisyys on voimakasta ja luokka F vastaavasti stabiilia tilannetta, jossa turbulenssi on vähäistä. Kutakin stabiililuokkaa varten on Pasquill-mallissa annettu horisontaaliset ja verikaaliset normaalijakauman hajonta-arvot eri etäisyyksille (kuva 8). Sijoittamalla nämä arvot pitoisuuskaavaan (2), joka on diffuusioyhtälön yksi ratkaisumuoto, voidaan suoraan laskea tietyn päästön  $Q$  pitoisuusjakaumat.

Liite 2.1. Täydennetty Pasquill-luokitus  
Appendix 2.1. Modified Pasquill Classification

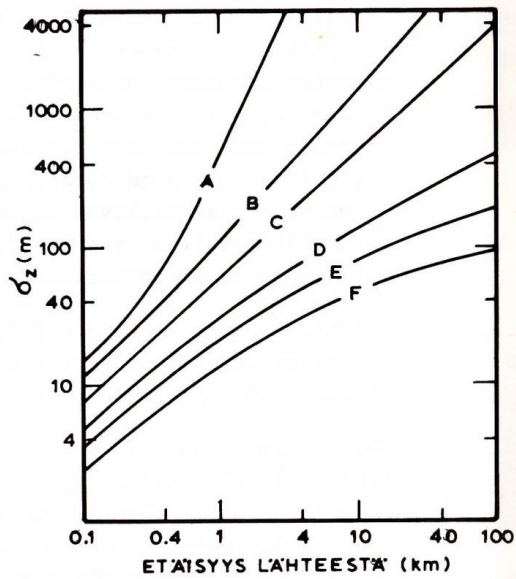
Tuulen nopeus Wind speed	Päivä. Nettosäteily - Daylight. Radiation balance Kokonaispilvisyys - Total cloudiness								Päivä ja yö Day and night	Yö - Darkness	
	RB $\geq 0$ $N \leq 3$				$4 \leq N \leq 7$					RB $\leq 0$	
Solmua Knots	Kokonaissäteilyn intensiteetti - Total radiation intensity								Kokonaispilvisyys - Total cloudiness		
	Voimakas Strong	Kohtal. Medium	Lievä Slight	Heikko Weak	Voimakas Strong	Kohtal. Medium	Lievä Slight	Heikko Weak	N = 8	N $\leq 3$	$4 \leq N \leq 7$
$\leq 3$	A	A-B	D	C	B	B-C	C	C-D	D	FvG <sup>1)</sup>	F
4-5	A-B	B	C	C-D	B-C	C	D	D	D	F	E
6-9	B	B-C	C	C-D	C	C-D	D	D	D	E	E
10-12	C	C-D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
$\geq 13$	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

<sup>1)</sup> F = kesällä, G = talvella  
<sup>1)</sup> F = in summer, G = in winter

Kuva 7: Pasquill'n luokituskaavio (Häkkinen 1972).



Kuva 2. Horisontaalinen hajonta  $\sigma_y$  eri leviämisluokille etäisyyden funktiona.



Kuva 3. Vertikaalinen hajonta  $\sigma_z$  eri leviämisluokille etäisyyden funktiona.

Kuva 8: Saastepilven hajonta-arvot  $\sigma_y$  ja  $\sigma_z$  eri Pasquill luokissa etäisyyden funktiona (Nordlund et al. 1976).

Pasquill'in luokituksesta on tehty useita eri laajennuksia ja tarkennuksia, joista tunnetuin ja aikoinaan eniten käytetty on Turnerin luokitus (Turner, 1970). Kun Suomessa tarvittiin Pasquill-mallia Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyvaikutusten arviointeihin, tehtiin samalla pieniä muutoksia Pasquill'in luokituskaavioon vastaamaan meidän ilmasto-olosuhteitamme.

### Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristövaikutuslaskelmat

Tarve kehittää Suomeen menetelmä ilman epäpuhtauspäästöjen ympäristövaikutusten arvioimiseksi liittyi suoraan Loviisan ydinvoimalaitoksen rakentamiseen. Tätä tarvetta varten perustettiin kauppa ja teollisuusministeriön rahoituksella erillinen tutkimusryhmä Ilmatieteen laitokseen vuonna 1970. Ryhmä otti nimekseen YMET. Ryhmä päätyi heti Pasquill-tyyppiseen menetelmään, jota oli jo käytetty mm. Yhdysvalloissa ja Belgiassa ja jota IAEA oli suositellut.

Paitsi itse laskentamenetelmä tarvittiin paikallisia säätietoja voimalaitospaikan ympäristössä. Perustettiin muutama tavanomainen säähavaintoasema ja suunniteltiin säähavaintomasto voimalaitoksen lähialueelle (Kuva 9). Säähavaintomaston suunnittelu ja rakentaminen oli oikeastaan ensimmäinen konkreettinen rakennustapahtuma Loviisan voimalaitosalueelle. Kun YMET-ryhmä oli vallinnut sopivan paikan säämastolle, sitä alettiin pikaisesti rakentaa, tosin hieman toiseen paikkaan kuin ryhmä oli suositellut. Maston valmistui niin, että jo 1970-luvun puolivälistä oli saatavissa säädatoja eri tasoilta maanpinnasta aina 143 metrin havaintotasoon (Tammelin, 1978, Tammelin et al., 1979). Loviisan säähavaintomasto on edelleen (2015) pystyssä, ja sieltä on saatavissa reaaliajassa tarvittavia säähavaintoja, mahdollista onnettomuustilanteita ajatellen (kuva 10).

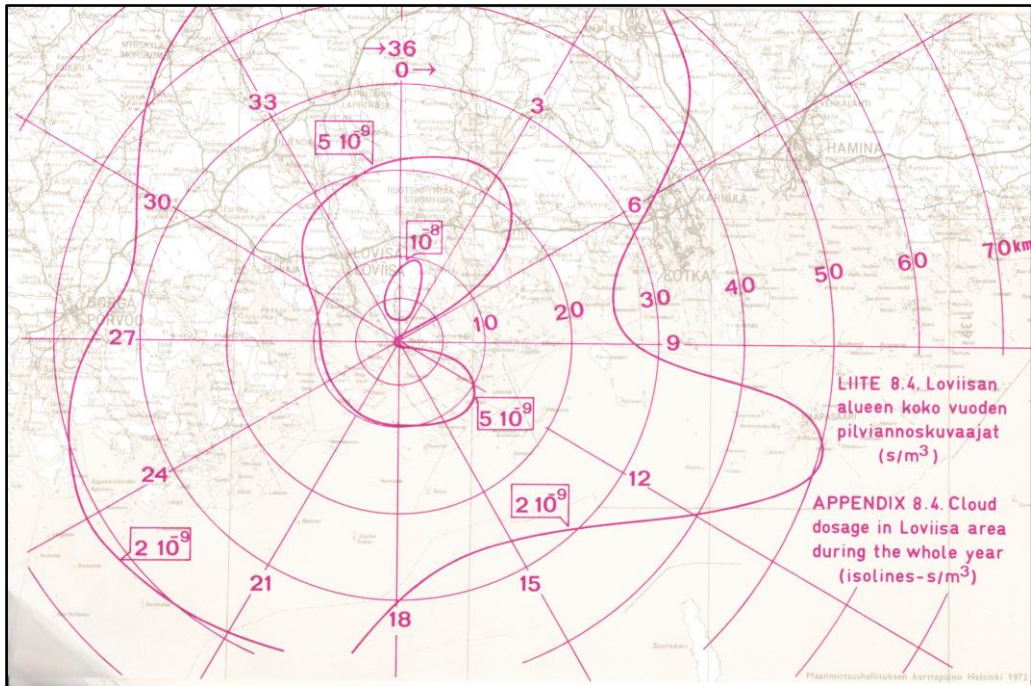


*Kuva 9: Loviisan säämaston paikka merkittynä maastoon syksyllä 1970 (Kuva: Göran Nordlund).*

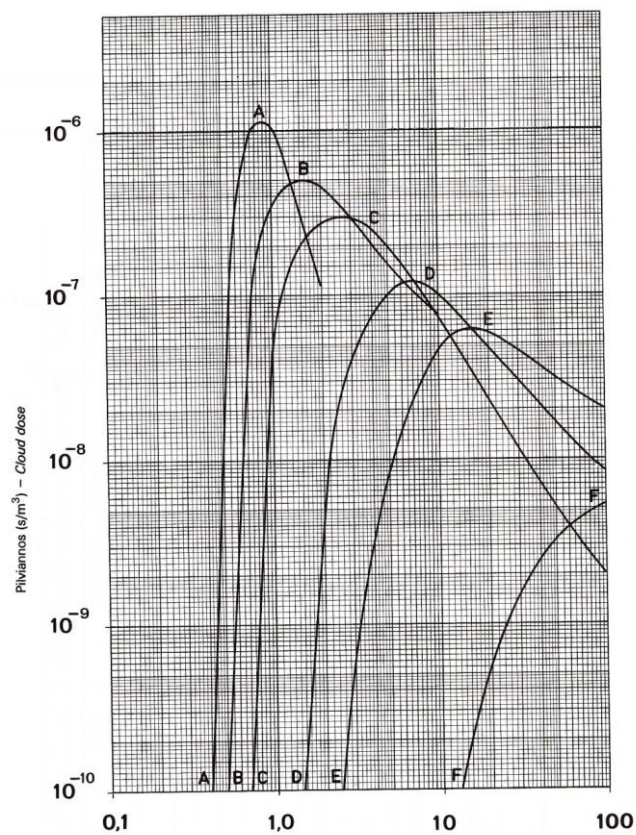


*Kuva 10: Loviisan säämasto (Kuva: Ilmatieteen laitos).*

Ensimmäiset jo varsin kattavat laskelmat rakenteilla olevan Loviisan ydinvoimalaitoksen vaikutuksista väestön säteilyannoksiin saatiin valmiiksi aivan 1970-luvun alussa (Häkkinen, 1972). Laskelmat, jotka tehtiin sekä normaalikäytön ja vakavan ns. DBA-onnettomuuden varalle, perustuivat hieman modifioidun Pasquill-luokituksen käyttöön. Säädädata oli otettu vakiosääs asemilta Seutula ja Rankki. Säämaston mittauksia ja paikallisia säähavaintoja käytettiin vasta hieman myöhemmin täydennyslaskelmiin. Häkkisen työn keskeisimmät tulokset voidaan näyttää kahdella kuvalla. Kuvassa 11 on esitetty yhdelle vuodelle koitua pilviannos normaalikäytön aikana ja kuvassa 12 yksikköpäästön pilviannokset eri etäisyyksillä eri Pasquill-luokissa. Viimeksi mainituista pilviannoskäyristä voidaan suoraan laskea vastaavat annokset mahdollisessa onnettomuustilanteessa.



Kuva 11: Loviisan ydinvoimalaitoksen aiheuttama vuotuinen pilviannos arvioituna ennen voimalaitoksen rakentamista (Häkkinen 1972).



Kuva 12: Yksikköpäästön pilviannokset eri etäisyyksille Loviisan voimalaitoksesta Pasquill luokittain (Häkkinen 1972).



## Menetelmäkehitys Loviisan selvitysten jälkeen

Menetelmäkehitys jatkui 1970-luvulla niin, että diffuusion laskentaan kehitettiin uusi fysikaalisempi laskentamenetelmä. Käyttöön otettu nk. ”surface depletion” -diffuusion laskentamenetelmä kehitettiin Ilmatieteen laitoksen ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen yhteistyönä (Nordlund et al., 1979). Mallikokonaisuus, jolla ympäristövaikutukset arvioitiin, sai nimekseen ARANO. ARANO-mallia käytettiin Helsingin Seudun Lämpövoimala Oy:n tilaamassa laajassa ”Ydinvoimalaitosten sijoituspaikkavertailussa” (Silvennoinen et al., 1978). Myös Olkiluodon ydinvoimalaitosta varten tehtävät ympäristövaikutusten ennakkolaskelmat laskettiin perinteisellä Pasquill-tyyppisellä mallilla, jota oli parannettu uudella vertikaalisen diffuusion laskentamenetelmällä. Voimalaitosyhtiöt, Imatran Voima Oy ja Teollisuuden Voima Oy, ottivat kuitenkin melko pian käyttöön omia radioaktiivisten aineiden ympäristövaikutusohjelmistoja kuten DOSES ja ARANO:sta kehitettyä reaaliaikaiseen seurantaan soveltuva ROSA-ohjelmisto. Imatran Voima Oy otti myöhemmin käyttöön Ruotsin LENA-ohjelmiston (Ilvonen & Rantalainen, 2001).

Merkittävin menetelmäkehitys nimenomaan leviämisen arviointia varten oli TRADOS laskentamallin rakentaminen Ilmatieteen laitoksen ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen yhteistyönä. TRADOS kehitystyö alkoi jo 1970-luvun lopussa ja sitä jatkettiin koko 1980-luku. Ennen Tshernobyliä TRADOS-mallia käytettiin potentiaalisten ydinvoimalaitosonnettomuuksien vaikutusten arvioimiseksi Suomessa. Mielenkiintoista on todeta, että tarkastelun kohteena olleista ydinvoimalaitospaikoista Novovoronež sijaitsee vain muutaman sadan kilometrin päässä Tshernobylistä, joka itse ei ollut mukana tarkastelussa. Laskelmien tuloksena saatiin, että todennäköisyys sille, että Novovoronež/Tshernobyl alueelta päästö kulkeutuisi Suomeen, on vain muutaman prosentin luokkaa. Se, että Tshernobyl onnettomuuden vaikutukset Suomeen lopulta olivat paljon suuremmat kuin näiden tarkastelujen perusteella olisi voitu odottaa, johtui toisaalta Tshernobylin valtavista päästömääristä sekä erityisesti Suomen kannalta erittäin epäonnekkaista sääolosuhteista onnettomuuden aikana.

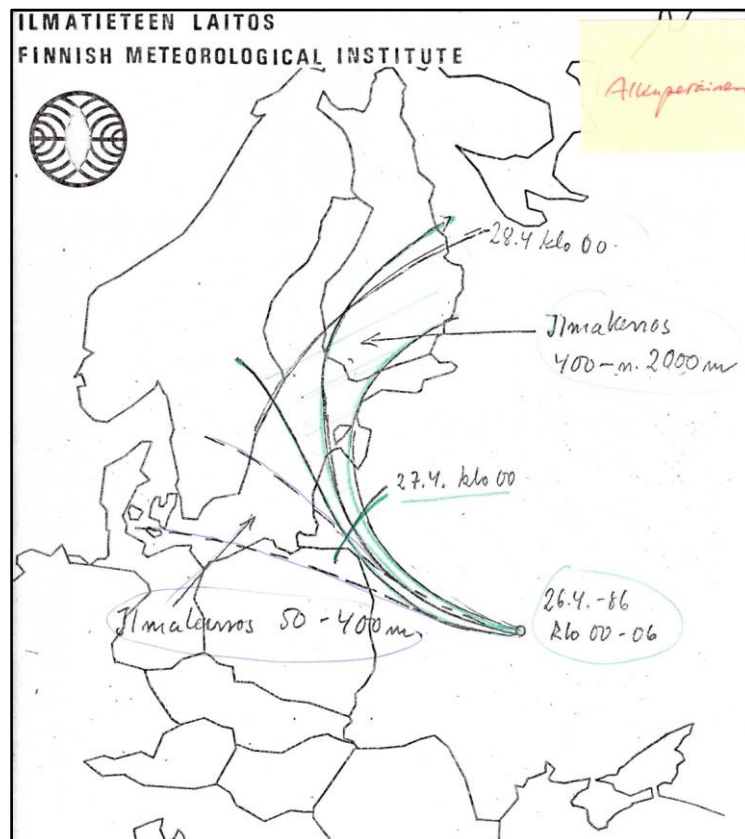
TRADOS-malli oli vielä pääosin gaussimainen leviämismalli. Ainoastaan vertikaalinen pitoisuusjakauma oli mallissa simuloitu uudella tavalla jo mainitulla ”surface depletion” menetelmällä. TRADOS oli kuitenkin omana aikanaan aivan mallikehityksen kerkeä. Lähinnä se kilpaili englannissa kehitetyn MESOS-mallin kanssa.

Vuonna 1985 valmistui Maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan Ilmatieteen laitokselta tilaama tutkimus ”Radioaktiivinen laskeuma ydinsotatilanteessa”. Tutkimuksen tekijät olivat Ilmatieteen laitoksesta ja MATINEsta TkT Matti Vuorio, joka vastasi menetelmäkehityksestä (Vuorio et al., 1985). Käytetyn menetelmän pohjana oli yhdysvaltalaisen tutkijoiden Glasston’in ja Donald’in (1977) kehittämä menetelmä diffuusion ja laskeuman arvioimiseen. Menetelmä käyttää K-teoriaa diffuusion laskemiseksi. Menetelmässä kiinnitettiin erityistä huomiota partikkeleiden laskeuman arvioimiseen tilanteessa, jossa sekä diffuusio että gravitaatiotekijät vaikuttavat samanaikaisesti. Muutoin menetelmässä sovelletaan tavanomaista K-teoriaa diffuusioyhtälön ratkaisemisessa. Siitä huolimatta, että menetelmä on varsin kehittynyt, ei sille ole annettu omaa nimeä eikä sitä ole sovellettu muissa kuin yllä mainitussa tutkimuksessa.

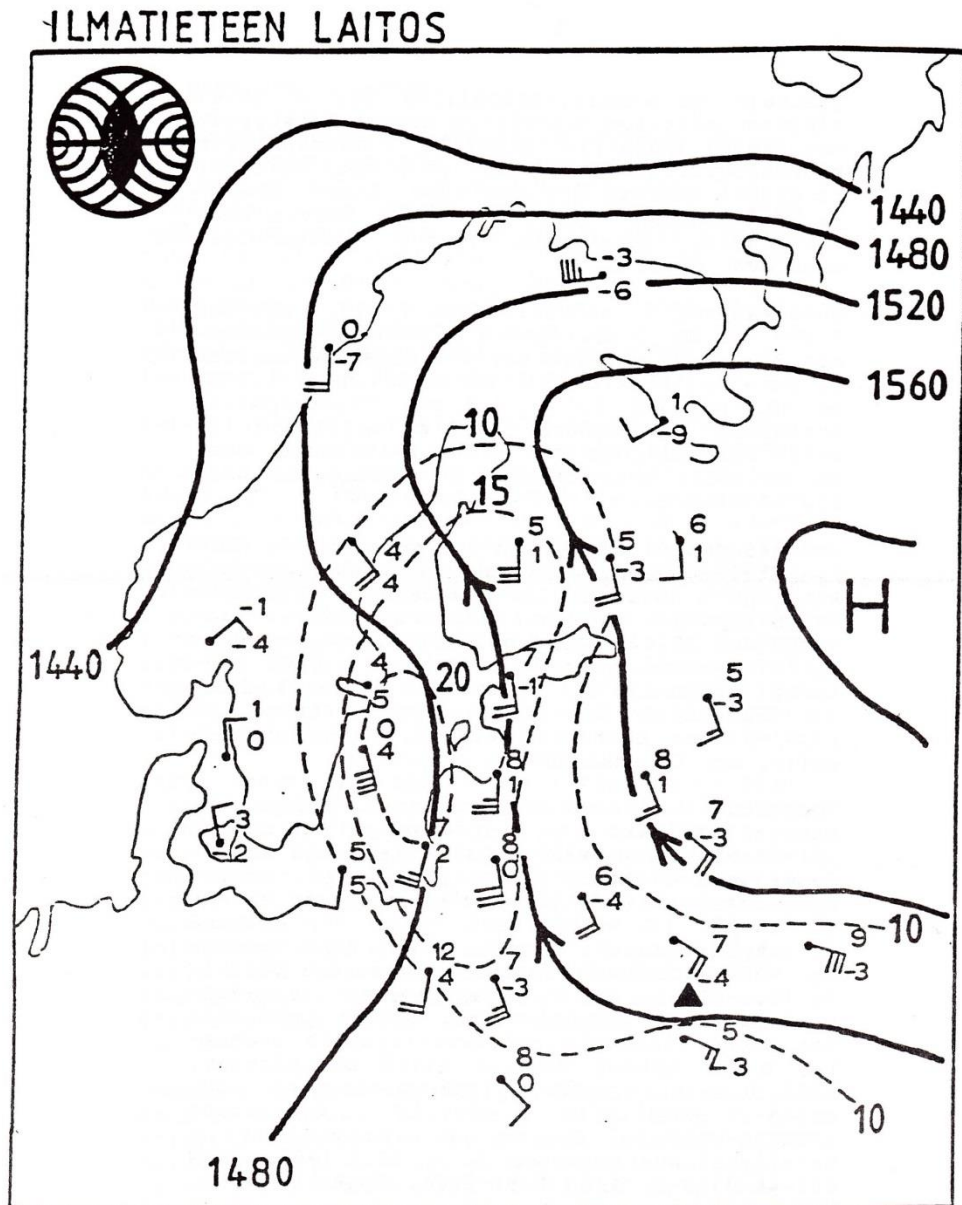
## Tshernobylin onnettomuus 26.4.1986

Valmiudet ennustaa akuutissa tilanteessa suuren ilmakehään tapahtuvan radioaktiivisuuspäästön etäisvaikutuksia tulivat varsin dramaattisella tavalla testatuksi Tshernobylin onnettomuuden myötä. Suomessa tämä dramaattisuus korostui vielä siitä, että juuri Tshernobylin onnettomuuden aikaan osui virkamieslakko. Ilmatieteen laitoksessa lakko häiritsi sekä tietokoneiden käyttöä että radioaktiivisten aineiden mittaustoimintoja. Tämän takia ensimmäiset arviot siitä, mihin Tshernobylin päästöt kulkeutuivat, jouduttiin tekemään manuaalisesti sääkarttatietoihin perustuen. Yksinkertaisilla trajektorilaskelmilla saatiin kuitenkin nopeasti selville, että päästöt kulkeutuisivat kohti Pohjoismaita ja Suomea. Aamupäivällä 27.4. voitiin jo esittää arvio kulkeutumisesta (kuva 13), joka osoittautui myöhemmin melko oikeaksi. Kuvassa 14 on säätilanne 26.4.1986, jolloin Tshernobylin onnettomuus tapahtui. Kuvasta 13 laadittiin visuaalisesti näyttävämpi kuva (Savolainen et al., 1986, kuva 2), jota sitten julkaistiin laajasti eri tiedotusvälineissä.

Ensimmäiset tiedot siitä, että Tshernobylin onnettomuus vaikuttaisi Suomeen, saatiin itse asiassa jo 27.4. illalla, kun Kajaanin radioaktiivisuuden seuranta-asemalla säteilytaso oli noussut yli hälytysrajan. Ensiksi arveltiin, että syy radioaktiivisuuden nousuun olisi Venäjän koillisosassa tapahtunut päästö. Tämä oletus todettiin kuitenkin nopeasti vääräksi, kun ensimmäiset trajektorilaskelmat oli saatu.

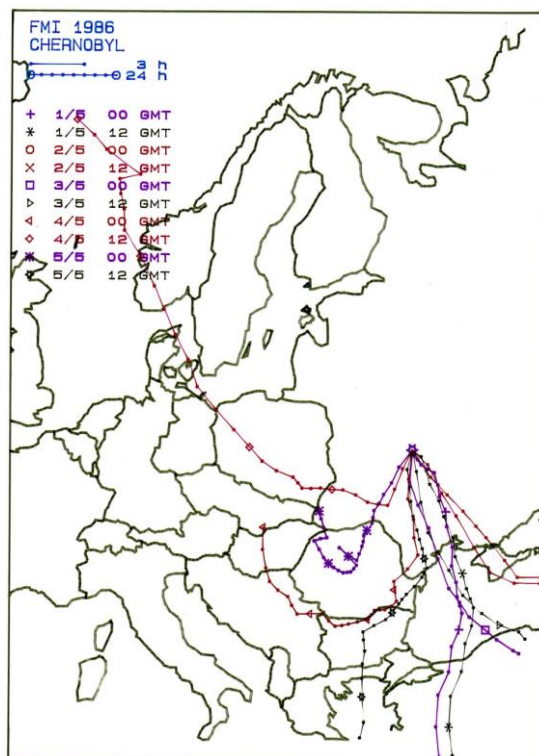


Kuva 13: Ensimmäinen ennuste Tshernobylin onnettomuuden radioaktiivisten aineiden kulkeutumisesta 26.-27. 4. 1986.

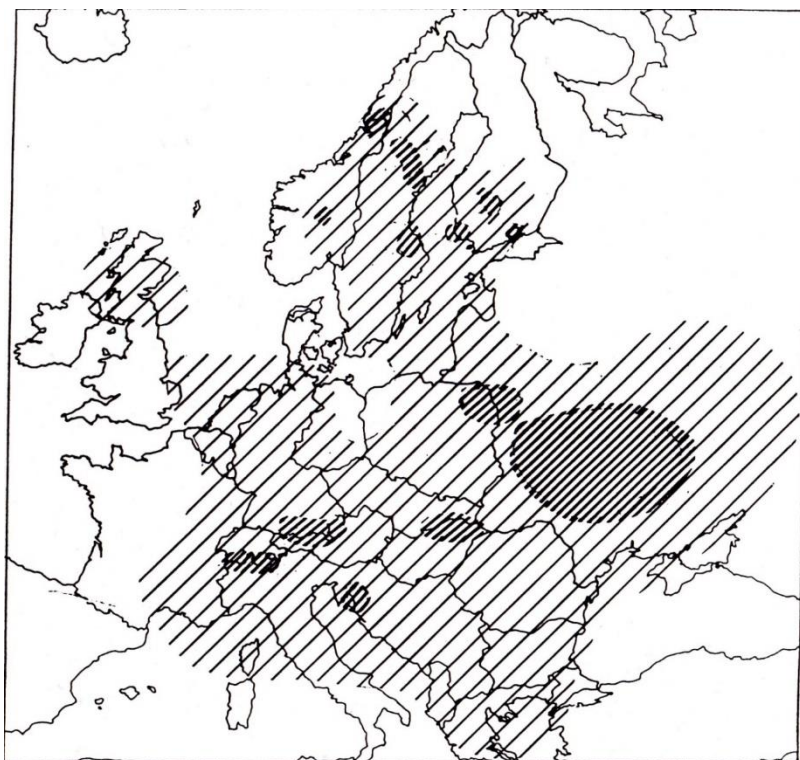


Kuva 14: Sääanalyysi 26.4.1986 klo 00:00 UTC. Yhtenäiset viivat kuvaavat 850 hPa painepinnan isohypsejä (gpm) ja katkoviivat tuulen nopeuden samanarvonkäyriä (m/s). Kuva on Savolaisen et al. (1986) julkaisusta.

Tshernobyl-onnettomuuden suuret radioaktiivisten aineiden päästöt ilmakehään eivät rajoittuneet alun valtavan suuriin päästöihin 26.4. ja 27.4., vaan ne jatkuivat melko mittavina aina toukokuun viidenteen päivään asti. Koko tälle ajanjaksolle laskettiin kulkeutumistrajektoreita kahdentoista tunnin välein (Kuva 15). Yhdistettyinä nämä trajektorit antoivat varsin kattavan kuvan siitä, mitkä alueet Euroopassa olivat joutuneet Tshernobylin onnettomuuden rasittamiksi (Kuva 16). Tämä pelkästään trajektorilaskelmilla arvioitu laskeumajakauma Euroopassa ei merkittävästi poikkea myöhemmin saaduista laskeumakuvista (katso esimerkiksi Suomen Atomiteknillinen Seura, ATS-INFO huhtikuu 2002).



*Kuva 15: Tshernobylistä laskettuja radioaktiivisuuden kulkeutumistrajektoreita ajanjaksolle 1.5.-5.5.1986.*

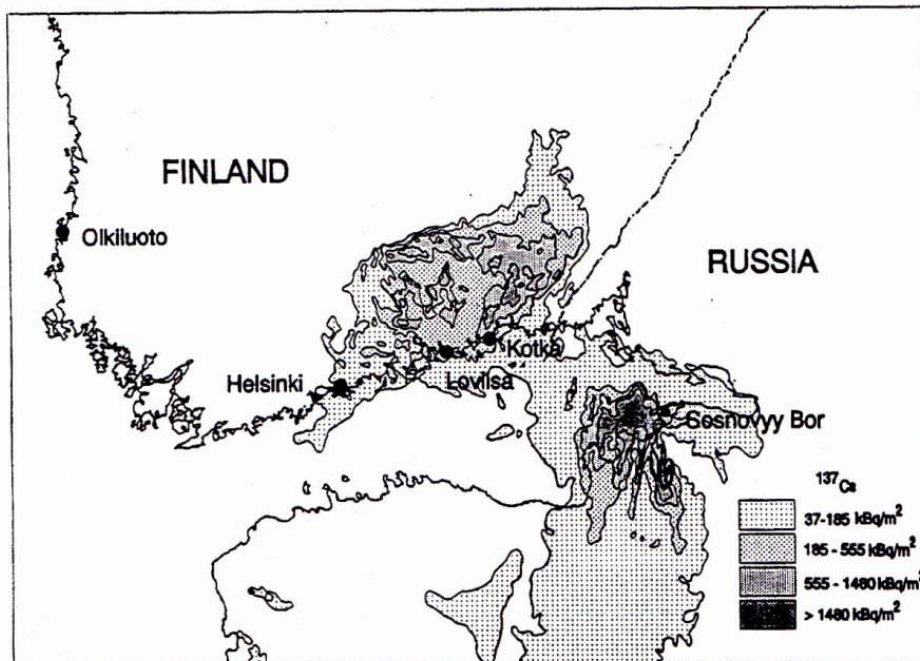


*Kuva 16: Trajektorilaskelmiin perustuva Tshernobylin onnettomuudesta johtuva laskeumajakauma Euroopassa.*

## Sosnovyi Bor

Tshernobyl-onnettomuuden selvitysten jälkeen tarkasteltiin myös muiden lähellä Suomea sijaitsevien ydinvoimalaitosten vaikutuksia Suomeen mahdollisissa onnettomuus-tilanteissa. Päähuomio kiinnitettiin Leningradin, nykyisen Pietarin, lähellä olevaan Sosnovyi Bor´in voimalaitokseen, joka on Tshernobyl-tyyppinen. Myös Pohjois-Saksassa ja Itä-Ruotsissa olevien ydinvoimalaitosten vaikutuksia tutkittiin.

Leviämislaskentamenetelmänä käytettiin TRADOS-mallia, joka Tshernobylin tapauksessa oli osoittautunut varsin käyttökelpoiseksi. Tarkastelut osoittivat, ettei Sosnovyi Borissa eikä muissa Suomen lähialueiden onnettomuuksissa radioaktiiviset päästöt aiheuttaisi välittömiä terveysvaikutuksia Suomessa. Myöhäisvaikutukset olisivat kuitenkin mahdollisia ja niitä varten pelastusviranomaisten olisi syytä varautua (Lahtinen et al., 1993, Ilvonen et al., 1994). Sosnovyi Bor´issa tapahtuneen hypoteettisen Tshernobyl-tyyppisen onnettomuuden vaikutuksesta Suomeen (kuva 17) on julkaisusta Lahtinen et al. (1993).



**Figure 1.** True Chernobyl fall-out pattern moved to Sosnovyy Bor. If the accident had happened in Sosnovyy Bor, southern Finland would have received a severe fall-out. Sosnovyy Bor is only 100 km away from the Finnish coast.

Kuva 17: Laskeumakuvi Sosnovyi Bor´in hypoteettisen onnettomuuden jälkeen laskettuna SILAM-mallilla Tshernobylin onnettomuuden päästöarvoin ja säätiedoin (Lahtinen et al. 1993).

## Menetelmäkehitys 1990-luvulla ja 2000 jälkeen

Merkittävin parannus leviämislaskentamenetelmien kehittämisessä oli kaavamaisen Pasquill-Turner leviämislaskentamenetelmien korvaaminen venäläisten turbulenssitutkijoiden Monin ja Obukhov jo 1950-luvulla kehittämällä similarity-teorialla, jolla pystytään laskemaan epäpuhtauksien tilastolliset hajonnat fysikaalisesti oikeammin kuin pelkkiin säteily- ja tuulitietoihin perustuvat Pasquill-Turner hajonta-arviot. Ns. Monin-Obukhov teoriassa on keskeisenä parametrina sekoituspituus  $L$ , joka kuvaa vallitsevaa turbulenttista tilannetta. Suure  $L$  voidaan laskea kaavalla (3) sääennustemalleissa olevilla säätiedoilla, ilman lämpötilasta  $T$ , ns. kitkanopeudesta  $u^*$ , turbulenttisesta lämmönvuosta  $H_0$  ja ilman tiheydestä  $\rho$ . Kaavassa (3)  $k$  ja  $g$  ovat von Karmanin vakio sekä putoamiskiikkyvyys.

$$L = -\rho c_p \frac{T u_*^3}{k g H_0} = -\rho c_p \frac{T u_*^2}{k g \theta_*} . \quad (3)$$

Monin-Obukhov teoria otettiin ensin käyttöön konventionaalisten ilman epäpuhtauksien lähiskaalan leviämismalleissa. TRADOS-mallissa siirtyminen pois Pasquill-Turner luokituksista ei ollut kiireellistä, koska epäpuhtauksien vertikaalisen hajonnan ja laskeuman laskentatapa oli jo aikaisemmin korvattu surface-depletion menetelmällä. Myös TRADOS-mallissa otettiin kuitenkin jo 1990-luvun lopussa käyttöön Monin-Obukhov-menetelmä radioaktiivisen pilven hajonnan laskemiseksi.

Jo 1990-luvulla alettiin myös kehittää täysin uutta SILAM-mallia epäpuhtauspäästöjen aiheuttamien pitoisuuksien ja laskeuman arvioimiseksi. Aluksi mallin nimenä käytettiin SILJA, mutta kun samanniminen laivavarustamo valitti nimensä käytöstä, nimi muutettiin SILAM:iksi. SILAM-mallissa käytetään Monin-Obukhov similarity-teoriaa diffuusion kuvaamiseksi, mutta SILAM on kaikilta muiltakin osin paremmin soveltuva erityisesti alue- ja kaukoleviämisen arvioimiseen kuin aikaisemmat mallit, johtuen mm. siitä, että kulkeutumislaskelmat tehdään gaussimaisen pluumioletuksen sijaan ns. random walk menetelmällä ja tilastollisella Monte-Carlo simuloinnilla. Erityisesti partikkeli leviämisarviot saadaan täten selkeästi parannetuksi. SILAM-malli rakennettiin aluksi nimenomaan radioaktiivisten päästöjen leviämisen laskemiseksi korvaamaan TRADOS-mallia, mutta SILAM otettiin pian käyttöön myös konventionaalisten ilmapäästöjen tarkasteluihin. Melko aikaisessa vaiheessa tehtiin mallista lisäksi sovellus ydinräjäytysten radioaktiivisten aineiden etäisvaikutusten ennustamiseksi (Ilvonen & Valkama, 2001).

SILAM-mallia kehitettäessä on ollut keskeisenä tavoitteena, että malli voidaan luontevasti liittää kulloinkin käytössä oleviin sääennustemalleihin, kuten pohjoismaiseen HIRLAM ja eurooppalaisen sääennustekeskuksen ECMWF-malleihin. SILAM-mallia on 2010-luvulla intensiivisesti kehitetty vastaamaan entistä paremmin kaikkiin alueellisen ja jopa globaalin ilman epäpuhtauksien mallinnuksen haasteisiin. Ehkä tärkein mallitekniinen muutos on se, SILAM laskentaa voidaan mallin uusimmilla versioilla (<http://silam.fmi.fi>) suorittaa sekä perinteisellä alkuperäistä SILAM-mallin logiikkaa noudattavalla Lagrangelaisella tarkastelulla että alueellisten ja globaalien mallien käyttämällä Eulerilaisella hila-mallinnustekniikalla, joka mahdollistaa mm. kemiallisten ja radioaktiivisten hajontatapahtumien huomioimisen. SILAM:ista on 2000-luvulla julkaistu useita artikkeleita johtavissa alan tiedelehdissä (esim. Sofiev et al., 2006 ja Sofiev et al., 2015), mikä omalta osaltaan osoittaa mallin saavuttamaa kansainvälistä arvostusta.

## **Kehitystarpeita tulevaisuudessa**

Menetelmäkehitys 1950-luvulta lähtien on antanut hyvät valmiudet ennustaa ja arvioida tavanomaisten ilman epäpuhtauksien ja radioaktiivisten aineiden leviämistä ilmakehässä. Radioaktiivisten aineiden kohdalla on erityisesti panostettu valmiuksiin tehdä tarpeelliset radioaktiivisten aineiden kulkeutumisennusteet ydinvoimalaitosten onnettomuustilanteiden varalta. Myös ydinräjäytyksiin liittyvien ennustemenetelmien kehittämiseen on panostettu. Nyt 2010-luvun puolivälissä menetelmät ovat varsin hyviä ja ne antavat hyvät valmiudet tehdä tarvittavat laskelmat. Hyvä valmius edellyttää kuitenkin, että menetelmien käyttämät tietokoneet ovat toimintavalmiudessa ja että myös tarvittavat säähavaintoaineistot ovat häiriöttömästi saatavilla.

Tilanteissa, joissa tietokoneet eivät ole käytettävissä ja reaaliaikaiset säähavainnot eivät ole laajasti saatavilla myös valmiudet tehdä erityyppisiä leviämisarvioita ovat heikommalla kuin normaalitilanteessa. Näitä poikkeustilanteita varten olisi vielä tehtävä kehitystyötä. Ratkaisuna voisi hyödyntää sellaisia mobiililaitteita, jotka ovat ulkopuolisista tekijöistä melko riippumattomia. Artikkelin alussa mainitun ”sikarimenetelmän” käyttöön palaaminen ei nykyaikana sentään olisi suositeltavaa, olipa poikkeustilanne miten vakava tahansa.

## **Kirjallisuusviitteet**

Glasstone S., Dolan P.J., 1977. The effects of Nuclear Weapons, U.S. Department of Defence. U.S. Government Printing Office Washington D.C.

Häkkinen Helge H., 1972. Loviisan ydinvoimalan vaikutus ilman radioaktiivisuuteen ja säteilyannoksiin sekä normaalitoiminnan että häiriöiden aikana. Ilmatieteen laitoksen tiedonantoja No.25, Helsinki.

Iivonen Mikko, Rantalainen Lauri, 2001. Ydinvoimalaitospäästöjen ympäristö- ja ilmaleviämismallit. ATS-ydintekniikka 2/ 2001, pp. 13-15. Suomen Atomiteknillinen Seura, Helsinki.

Lahtinen J., Toivonen H., Pöllänen R., Nordlund G., 1993. A Hypothetical Severe Reactor Accident in Sosnovyy Bor, Russia: Short-term Radiological Consequences in Southern Finland. STUK-A113, Säteilyturvakeskus, Helsinki.

Nordlund G., Riekkinen A-L., Tammelin B., 1976. Pasquill-tyyppinen ilman epäpuhtauksien leviämismalli. Ilmatieteen laitoksen tiedonantoja No 31, Helsinki.

Nordlund G., Savolainen I., Vuori, S., 1989. Effects of Application of Surface Depletion Model on Estimated Reactor Accident Consequences. Health Physics 37: 337-345.

Petterson S., 1956. Weather Analysis and Forecasting. McGraw-Hill, New York. 27 pp.

Pasquill F., 1961. The estimation of the dispersion of windborne material. Meteorological Magazine 90: 33-49.

Savolainen A-L., Hopeakoski T., Kilpinen J., Kukkonen P., Kulmala A., Nordlund G., Valkama I., 1986. Radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden aikana - Väliaikainen raportti. Ilmatieteen laitos, Raportteja N:o 1986:1.

Sofiev M., Siljamo P., Valkama I., Ilvonen M., Kukkonen J., 2006. A dispersion modelling system SILAM and its evaluation against ETEX data. Atmospheric Environment 40: 674-685.

Sofiev M., Vira J., Kouznetsov R., Prank M., Soares J. & Genikhovich E., 2015 Construction of the SILAM Eulerian atmospheric dispersion model based on the advection algorithm of Michael Galperin. Geoscientific Model Development 8: 3497–3522.

Tammelin B., 1978. On determination of stability classes for coastal dispersion. Tutkimusseloste No 78. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Tammelin B., Hyvönen S., Di Sabatino S., 1999. Loppuraportti: Selvitys Loviisan säämaston säämittaushavaintojen käytettävyydestä leviämislaskelmissa ja ydinvoimalaonnettomuuksissa. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Turner D. B., 1970. Workbook of atmospheric dispersion estimates. U.S. Environmental Protection Agency, Publ. No. AP-26.

Vuorio M., Karppinen A., Nordlund G., 1985. Radioaktiivinen laskeuma ydinsotatilanteessa. Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta. Raporttisarja A, 1/A/85.



## Säteilynvalvonnan alkutaival puolustusvoimissa - Säteily ja sen valvonta 1945–1965

Mikko Elo

### 1. Johdanto

Puolustuslaitoksen, ja oikeastaan koko suomalaisen yhteiskunnan, atomiaseeseen liittyvä tietous toisen maailmansodan jälkeen perustui julkisuudesta saatuihin tietoihin ja spekulatioihin, joita uuden joukkotuhoaseen ympärillä oli runsaasti. Vaikka puolustuslaitos yritti luoda kuvaa uuden joukkotuhoaseen suorituskyvystä ja vaikutuksesta sodankäynnin muutokseen, jäi se varsinkin 1940-luvulla varsin ohueksi. Atomiasetta tarkasteltiin lähinnä tutkimusartikkeleissa eikä konkreettisia toimenpiteitä saatu käynnistettyä. Atomiaseseen liittyvien termien sekamelska kuvaa uhan hahmottamisen vaikeutta: atomi- ja radiologinen sota sekä turma-ase väistyivät vasta reilun vuosikymmenen kuluttua joukkotuhoaseen ja ydinaseen vakiintuessa käyttöön.

Turvallisuuspoliittinen tilanne muuttui ratkaisevasti, kun Neuvostoliitto liittyi ydinasevaltojen joukkoon vuonna 1949. Yksinapaisen pelotteen maailmasta siirryttiin kylmän sodan uhkakuviin, joissa ydinaseiden käyttö ei ollut pelkästään teoreettinen mahdollisuus. Suomen puolustuslaitos uudisti 1950-luvun kuluessa suhtautumisensa ydinaseisiin, siirtyi kaasusuojelusta erikoissuojeluun ja käynnisti säteilynvalvontaan liittyvät hankinnat sekä järjestelyt valtakunnallisen säteilynvalvontaverkon aikaansaamiseksi. Vuosikymmenen lopulla puolustuslaitoksella oli ajanmukainen uhkakuva, jossa huomioitiin ydinaseen aiheuttamat muutokset niin taktiikassa kuin joukkojen varustamisessa ja kouluttamisessa.

Puolustuslaitos ei ollut ainoa toimija tällä kentällä vaan kotimaisen säteilynvalvontakyvyn luomiseksi tarvittiin useita yhteiskunnan toimijoita, teollisuudesta tutkimuslaitoksiin. Tehtyä työtä ohjasi valtiovalta lainsäädännön asettamilla velvoitteilla, joista merkittävimpiä olivat vuonna 1957 annettu säteilysuojauslaki asetuksineen sekä vuonna 1959 vahvistettu väestönsuojelulaki ja -asetus. Viranomaiset ja korkeakoulut tekivät käytännön läheistä yhteistyötä niin välinekehittelyyn, tutkimukseen ja koulutuksen aloilla kuin säteilynvalvontaverkoston luomisessa ja valvonnan toteuttamisessa.

Noottikriisi ja Kuuban kriisin kärjistyminen ydinsodan partaalle 1960-luvun alussa antoivat lopullisen sysäyksen säteilynvalvonnan valtakunnallisille järjestelyille ja osoittivat viranomaisten uskottavan suorituskyvyn tarpeellisuuden. Säteilynvalvonnasta tuli tärkeä osa puolueettomuuden varmistamista kriisien keskellä. 1960-luvun puoliväliin tultaessa säteilynvalvonta oli vakiintunut toimiala puolustuslaitoksessa ja siihen liittyvä viranomaisyhteistyö oli riittävällä tasolla.

### 2. Atomiaseen kehitys haastaa puolustuslaitoksen

Toinen maailmansota päättyi kahden atomipommin räjähdykseen elokuussa 1945. Atomipommi ei kuitenkaan tullut tyhjästä vaan sen syntymistä oli odotettu jo 1930-luvun loppupuolelta lähtien, kun tiedemiehet olivat selvittäneet sen yleiset toimintaperiaatteet. Kaikissa sotaa käyvässä suurvalloissa tutkittiin mahdollisuutta kehittää atomiase - työ oli

käynnissä niin Saksassa, Japanissa kuin Yhdysvalloissa [Rhodes, 1988, s. 346 ja 403-406]. Sodan aikaiset tiedustelutiedot vihollismaiden edistymisestä olivat ristiriitaisia, etenkin Saksan kuviteltiin olevan pitkällä atomiaseen kehittämistyössä.

Atomipommi oli se ”salainen ase”, jonka uskottiin loppuun asti pelastavan akselivallat häviöltä. Sen sijaan atomiaseesta tuli Yhdysvalloille se väline, jolla toinen maailmansota saatiin päättymään ilman pelättyä maihinnousua Japaniin.

Suomessa puolustusvoimat reagoi uuteen aseeseen lähes välittömästi, kun puolustusvoimain va komentaja kenraaliluutnantti J.F. Lundqvist pyysi jo elokuun 13. päivä tykistönkenraali Nenosta seuraamaan atomiaseen kehitystä ja raportoimaan tutkimustulokset yleisesikunnan päällikölle. Nenosen saaman kirjelmän mukaan ”atomipommi ja siihen liittyvät muut keksinnöt saattavat muuttaa kokonaan eri armeijoiden teknillis-tyamisen suuntaa ja koko maailman teollista toimintaa” [Tynkkynen, 1996, s. 354]. Tehtävä saattoi olla hankala toteuttaa käytettävissä olleiden tietojen puitteissa, sillä muuta asiakirja-aineistoa kuin käskynantokirjelmä, ei asian tiimoilta löydy.

#### Ydinaseet - hahmoton uhka

1940-luvun loppupuoli ei muodostunut otolliseksi ajankohdaksi turvallisuus- ja puolustuspoliittisille kehityshankkeille. Puolustusvoimien arvostus ja resursointi oli matalalla tasolla. Vuonna 1947 allekirjoitettu Pariisin rauhansopimus rajoitti puolustusvoimien vahvuutta ja suorituskykyjen kehittämistä.

Näissä supistuvien mahdollisuuksien tilanteessa ei uudelle atomiaseelle uhrattu juurikaan ajatuksia vaan konkreettisemmat asiat vaativat kaiken huomion. Niinpä välittömästi atomipommin käyttöä seurannut julkisuus keskittyi ulkomaisten asiantuntijoiden mielipiteiden ja spekulatioiden esittelyyn. Atomipommin alkuun herättämiä kysymyksiä olivat muun muassa muiden aseiden tarpeettomuus, sotalaivastoista luopuminen, atomipommin salaisuuden säilyminen sekä aseiden mahdollinen luovuttaminen Yhdistyneiden kansakuntien käyttöön maailmanrauhan turvaamiseksi [Helsingin Sanomien artikkeleja syksyiltä 1945]. Atomisodan pelon uskottiin muuttuvan tulevaisuudessa sietämättömäksi, ja ”ihmiset asettuisivat asumaan vuoristoihin, metsiin, luoliin, pelkästään atomikauhusta” [Schenzinger, 1952, s. 294-295].

Vasta vuonna 1949 ilmestyivät ensimmäiset toimenpiteitä ennakoivat maininnat puolustuslaitoksen suunnitelmiin ja samana vuonna julkaistiin ensimmäinen sodan jälkeinen Tiede ja Ase -lehti, jossa oli peräti kaksi atomiasetta käsittelevää artikkelia. Majuri A. Bremerin artikkeli antoi yleistietoa atomipommista ja fil. maisteri K.J. Malmborgin artikkeli käsitteli radioaktiivisten aineiden sotilaallista merkitystä. Artikkelit itsessään olivat merkittävä keskustelunavaus puolustuslaitoksen piirissä ja niiden voi katsoa ennakoineen ydinasekysymyksen virallista käsittelyä - kuten turmantorjunta toimikunnan perustaminen runsaan vuoden kuluttua osoittaa.

Sodan jälkeisessä Suomessa tärkeimpänä kanavana keskustelulle ydinaseiden ominaisuuksista ja merkityksestä Suomelle on pidetty Sotilasaikakauslehteä, jossa ensimmäinen artikkeli atomiaseesta julkaistiin jo vuonna 1947 [Käännösartikkeli ”Mitä jokaisen upseerin on tiedettävä atomiaseesta”]. Eräät turvallisuuspolitiikan tutkijat ovat päätyneet näkemykseen, että 1950-luvun puolessavälissä ilmestyneet kenttäohjesäännöt

keskittyivät traditionaaliseen uhkakuvaan eli Neuvostoliiton laajaa maahyökkäystä vastaan ja olivat ”auttamattoman epätäsmällisiä kertoessaan ydinaseiden vaikutuksesta sodankäyntiin” [Penttilä, 1988, s. 73-76]. Näkemys on varmasti oikean suuntainen, sillä kotimaisen ydinasedoktriinin valmistelut käynnistyivät todenteolla vasta tuona ajankohtana mutta suomalaisten puolustukseksi on sanottava, että myös suurvaltojen ydinasedoktriinit olivat varsin puutteellisia tuohon aikaan. Esimerkiksi Neuvostoliitossa ydinaseiden sodankäyntiä mullistava vaikutus otettiin huomioon vasta Stalinin kuoleman jälkeisinä vuosina, ja väestönsuojelun kysymykset nousivat esille vielä myöhemmin.

Majuri Bremerin artikkeli kuvaa osuvasti alkuaikojen ydinaseeseen suhtautumista. ”Atomipommi hallitsee maailmaa” ja ”on kauhistuttanut ihmiset sekä mullistanut valtioiden puolustussuunnitelmat” [Tiede ja Ase, 1949, s. 102]. ”Atomipommin vaikutus on olemukseltaan kuin jättiläispalopommin, josta vapautunut atomienergia tuhoaa kohteensa polttamalla, paineella ja myrkyllisillä radioaktiivisilla kaasuilla”, toteaa Bremer tarkastellessaan toisessa maailmansodassa käytettyjen atomipommien vaikutuksia. Radioaktiivisen säteilyn jälkiä kerrottiin tavatun jopa ”1600 ja 2000 km päässä pommituskohteesta”, mutta tuonaikaiset tiedot säteilyn vaikutuksista olivat melko epämääräisiä. Artikkelin mukaan tiedettiin, että radioaktiivinen säteily aiheuttaa kuolemaan johtavia säteilytauteja, joiden vaikutus riippuu saadun säteilyannoksen vahvuudesta. Kolmesta kuuteen viikkoon arvioidut aikamääreet säteilytaudin tappavuudessa saivat artikkelissa rinnalleen säteilyn pitkäaikaisvaikutuksia valottavan arvion: ”Erään lääkärin lausunnon mukaan saattaisi säteilyn vaikutus säilyä suvusta sukuun jopa 1000 vuotta”.

Suojautumismahdollisuuksia atomipommia vastaan pidettiin olemattomina - ”ainoa suoja atomipommia vastaan on, ettei ole siellä missä se räjähtää”. Radioaktiivisuuden arveltiin kestävän muutamasta tunnista jopa vuosikausiin ja parhaimmaksi suojaksi suositeltiin kaivautumista maan alle, pommisuojaan. Artikkelin kirjoittamisvuonna 1949 uumoiltiin uuden superpommin olemassaoloa, joka olisi jopa 1000 kertaa Hiroshiman tuhonnutta pommia voimakkaampi. ”Atomipommia on kehitetty edelleen yhä hirvittävämmäksi aseeksi, eikä kehityksen päättymistä ole nähtävissä”, tiivistä Bremer. Ydinaseeseen suhdetta konventionaaliseen sodankäyntiin käsiteltiin amerikkalaisesta näkökulmasta, eli ainoan ydinasevallan kokemusten valossa. Koska atomipommin ”aikaansaama tuhoavaikutus on niin valtava, että samansuuruisen tehon aikaansaamiseksi muita keinoja käyttäen tarvittaisiin niin suurisuuntainen sotakoneisto, että se tulisi vastaavasti paljon kalliimmaksi”, kuvaa atomipommin luomaa teknologista ylivoimaa. Amerikkalaisten joukkojen sodan jälkeinen demobilisaatio perustuikin pitkälti tuohon teknologiseen ylivoimaan, joka mahdollisti maavoimien pitämisen suhteellisen vähäisinä verrattuna Neuvostoliiton vastaavaan voimaan.

Välittömästi atomipommin käyttöä seuranneessa julkisessa keskustelussa oli esille noussut huoli laivastojen sotilaallisen merkityksen romahtamisesta atomipommin myötä. Nykynäkökulmasta melko mielikuvituksellisissa kuvailuissa uskottiin atomipommin tehneen laivastot kerralla tarpeettomiksi. Vuoteen 1949 mennessä näihin kysymyksiin oli saatu jo lisävalaistusta, sillä Bikini-saarten ydinasekokeet vuonna 1946 toivat esille atomipommin tehon suhteellisuuden. Bikini-saarilla suoritettavat ydinasekokeet olivat merkittäviä kahdessa mielessä, niiden aikana radioaktiivinen säteily ja siltä suojautuminen nousivat puheenaiheeksi ja ”maaginen pelon loitsu särkyi” [Weart, 1988, s. 109]. Valitut lehdistön edustajat todistivat kokeita Bikini-saarilla ja saivat huomata, ettei atomipommi ollutkaan niin vaikuttava ja kaiken tuhoava kuin oli ounasteltu.

Ensimmäinen räjäytetty atomipommi tuhosi vain muutamia alueelle varta vasten tuoduista aluksista ja vaikka toinen räjäytys oli edellistä suurempi, niin kokeet osoittautuivat atomiajan ensimmäiseksi antikliimaksiksi ja jättivät jälkeensä toiveen, että atomiaseen kanssa voisi elää kuten muidenkin aseiden kanssa.

Vuonna 1949 radioaktiivinen säteily oli epäilemättä heikoimmin tunnettu atomipommin seurausvaikutus ja sillä nähtiin olevan itsenäinen sotilaallinen merkityksensä. Tiede ja Ase -lehden vuoden 1949 julkaisussa fil. maisteri K.J. Malmberg esitteli kauhistuttavan kuvan säteilysodankäynnistä, jossa yhdistyivät atomi- ja kaasuaseen kauhut. Uusia uhkia edusti sinappikaasuun sekoitettu radioaktiivinen aine, joka moninkertaistaisi tuho vaikutuksen. Radioaktiivisen sodankäynnin välineitä levitettäisiin kuten taistelukaasuja, mutta esimerkiksi Xenon jalokaasu ”läpäisee esteettä kaikki nykyään käytössä olevat kaasunaamarisuodattimet” [Tiede ja Ase, 1949, s. 156-160]. Malmbergin artikkelin tekee mielenkiintoiseksi se, että siinä uusi uhka yhdistetään vanhaan taistelukaasujen muodostamaan uhkakuvaan ja siten nostetaan esiin suojautumiseen liittyviä mahdollisuuksia. Malmbergin mukaan säteilyn mittaamiseen soveltuvaa kalustoa Suomessa oli yliopiston fyysikaalisella laitoksella jo rakennettu ja radioaktiivisen sodankäynnin vahinkojen ennaltaehkäisemiseksi olisi ryhdyttävä aktiivisiin toimenpiteisiin. ”Radioaktiivinen sota on kammottava mahdollisuus. Sen takia on viipymättä luotava valvontaverkko. Muunlainen menettely on rikos kansakuntaa vastaan”, tiivistää Malmberg artikkelinsa johtopäätöksen.

Atomiaseeseen liittyvä tietämys kasvoi merkittävästi 1950-luvulle tultaessa, mikä näkyi uutena tietona, yksityiskohtien runsautena sekä suojautumisen ja joukkojen toimintakyvyn korostamisena ydinsotaolosuhteissa. Neuvostoliiton liittyttyä ydinasevaltioiden joukkoon vuonna 1949, suojautumiseen liittyvät kysymykset korostuivat myös Yhdysvalloissa. Vuonna 1951 Yhdysvalloissa tehtiin ensimmäiset kokeet, joissa atomipommi räjäytettiin maavoimien taktisten harjoitusten yhteydessä [MMM 1953, 1952]. Suomalaiseen sotatieteelliseen keskusteluun uudet tiedot atomiaseesta tulivat yleisesikuntaeverstilutnantti Reino Arimon artikkelissa vuoden 1952 Tiede ja Ase -julkaisussa.

Artikkelinsa johdannossa Arimo toteaa atomipommista liikkuvan monenlaista tietoa, josta vain ”kovin vähän asiatietoja” [Tiede ja Ase, 10/1952, s. 95]. Artikkelin sisälsi jo uutta tietoa säteilystä, joka jaoteltiin alku- ja jälkisäteilyyn. Säteilysodan todettiin olevan ”varsin merkittävä osa kaikista atomipommin aiheuttamista vammoista”. Arimon artikkelin asiatiedot säteilystä erottavat sen aiemmista, kauhukuvilla varustetuista artikkeleista. Amerikkalaisten tutkimusten vaikutus näkyy ohjearvoina liikkumiselle radioaktiivisesti saastuneilla alueilla. Matalan ilmaräjähdyksen (enintään 150 metriä maanpinnasta) jälkeen alueen läpi saattoi ajaa autolla jo viidentoista minuutin ja kävellä kuuden tunnin kuluttua räjähdyksestä. ”Varsin haitallisen radioaktiivisen pölyn hengittäminen” voitiin välttää tavallisen kaasunaamarin käytöllä. Radioaktiivisen sodankäynnin uhka ei ollut väistynyt vuonna 1952 vaan sitä kutsuttiin Arimon artikkelissa ”radiologiseksi sodaksi”, missä alueita saastutettaisiin ”ilman atomipommiakin levittämällä radioaktiivisia aineita maanpinnalle”. Suojautuminen radioaktiiviselta saastutukselta oli ”kokonaan uusi väestönsuojelun muoto, jota ei vielä missään ole käytännössä kokeiltu”, toteaa Arimo. Artikkelin mukaan radioaktiivisen saastutuksen poistamiseksi oli kolme tapaa: ”saastuneiden esineiden upottaminen mereen tai kaivaminen maahan, niiden käyttämättä jättäminen tietyn ajaksi... ja erityiset puhdistusmenetelmät. Kahta ensin mainittua pidetään parhaina...”

Vuoden 1952 tietämyksen mukaan suojautumisen kannalta oli ratkaisevaa, oliko kyseessä maa- vai ilmaräjähdyks, sillä korkea ilmaräjähdyks aiheutti vain paine- ja palovammoja mutta jälkisäteilyn vaikutuksen katsottiin olevan merkityksetön. Suojatoimenpiteillä voitiin Arimon mukaan kuitenkin vähentää jälkisäteilyn vaikutusta kaikissa räjäytysolosuhteissa. Nyrkkisääntönä oli, että ”jos ihminen on suojassa paineelta, eivät yleensä säteilyvaikutuksetkaan ole vaarallisia”. Johtopäätöksenä oli, että tavallisia räjähdyspommeja vastaan tarkoitettut suojakeinot ”antavat tietyn turvan myös atomipommia vastaan”. Havainto oli merkittävä maamme väestönsuojelun näkökulmasta, koska olemassa olevat väestönsuojat ja -järjestelmät perustuivat perinteiseen, toista maailmansotaa edeltäneeseen uhkakuvaan. Arimo korostaa artikkelissaan, että ”amerikkalaiset ohjeet väestönsuojien rakentamiseksi atomipommitusta vastaan osoittavat, että meikäläiset normit ovat riittävät” [Tiede ja Ase, 10/1952, s. 110]. Sotilaallisesti tai teollisuuden kannalta ”erityisen tärkeät laitokset kehoitetaan rakentamaan maanalaisiksi, esim. sijoittamaan ne sopiviin kaivoksiin”.

Väestönsuojelun näkökulmasta suojia olisi oltava tiheässä, jotta kadulla liikkuvatkin pääsisivät nopeasti yleisiin väestönsuojiiin. Arimon artikkelin välittämä ohjeistus oli varsin konkreettista: mikäli atomipommitus kohtaisi tavallisen ihmisen yllättäen, olisi heittäydyttävä maahan ”heti valonleimahduksen nähtyään”. ”Tällä puolen Atlantin on näkynyt vaatimus, että väestön pitäisi nukkua väestönsuojissa, koska öiseen aikaan ei muuten ehditä suojaan”, kuvailee Arimo amerikkalaisten tunteja. ”Atomikauden kaupungeista”, jotka olisi suunniteltu nimenomaan atomipommin tuhon eliminoimiseksi, ei vuonna 1952 ollut konkreettista näyttoa vaan suunnitelmia ja visioita.

Artikkelinsa johtopäätöksissä Arimo korosti suojautumisen mahdollisuuksia, ”avoimessakin poterossa mies saa suojaa paineaaltoilta ja lämpösäteilyltä sekä jo puolen kilometrin päässä maakeskipisteestä myös radioaktiiviselta säteilyltä kyyristymällä kuoppansa pohjalle...” Suomalaiset olosuhteet suosivat suojautumista, sillä ”laaja alue ja harva asutus ovat suuri etu verrattuna tiheään kaupunkiasutukseen” [Tiede ja Ase, 10/1952, s. 117]. Arimo toteaa atomipommin olevan ”ase muiden joukossa, tosin tähän asti keksityistä tehokkain”. Atomipommin käytön todennäköisyyttä ei artikkelissa juurikaan problematisoida vaan todetaan arvailun olevaa turhaa ja että ”toiveajattelu voi käydä hyvin kalliiksi”.

Suurvaltojen välisen totaalisen sodan uhka muodosti huolenaiheen myös puolustuslaitokselle, sillä vuonna 1955 suoritetuissa mielipidemittauksissa kansalaisten enemmistö suhtautui epäillen oman puolustuslaitoksen mahdollisuuksiin. ”Maan puolustusvoimien mahdollisuuksia torjua hyökkäys pidettiin hyvin pieninä, sillä noin 75 % esitti sen kantanaan” [Tiede ja Ase, 15/1957, s. 32]. Puolustuslaitoksen näkökulmasta maanpuolustushengen kannalta oli tärkeää, että ”kansalaisia jo rauhan aikana valmennetaan sodan järkytyksiä vastaan”, totesi yleisesikuntakapteeni Jaakko Valtanen artikkelissaan totaalisen sodankäynnistä. Sodankuvan raju muutos oli vaikuttanut kansalaisten näkemyksiin pienen maan puolustusvoimien merkityksestä. Totaalisen sodankäynnin ja väestönsuojelun merkitystä korostavat kannanotot olivat puolustuslaitoksen vastaus atomiajan haasteeseen, mihin valmistauduttiin 1950-luvun loppupuolella.

Puolustuslaitos pyrki uudistamaan doktriiniaan ja huomioimaan myös ydinaseet ja niiden vaikutukset niin taisteleviin joukkoihin kuin siviiliväestöön. Ensimmäiset merkit uudesta

kokonaisvaltaisesta lähestymistavasta on nähtävissä vuonna 1957 ilmestyneessä laajassa sotatieteellisessä artikkelissa, jossa ydinaseen vaikutukset niin joukkoihin, materiaaleihin kuin taktiikkaankin käydään yksityiskohtaisesti läpi. Erityistä painoarvoa artikkelille antoi se, että kirjoittajat toimivat Sotakorkeakoulun opettajina ja olivat luomassa uutta, ydinaseet huomioivaa taktista ajattelua [artikkelin olivat kirjoittaneet yleisesikuntaeverstiluutnantti K.O. Leinonen, yleisesikuntamajuri O.E. Ylirisku ja yleisesikuntamajuri E. Poroila]. Artikkelin alussa pyrittiin vastaamaan usein toistuvaan kysymyksen ydinaseiden käytön mahdollisuudesta, ja korostettiin suurvaltojen ilmaisemia näkemyksiä ydinaseiden käytöstä tarpeen niin vaatiessa. Ydinräjähteiden käyttöä Suomea vastaan pidettiin sitä todennäköisempänä mitä huonommin niihin oli varauduttu. Kirjoittajat näkivät ydinaseuhan laajenevan tulevaisuudessa, sillä ”jatkuvan kehityksen valossa on nähtävissä, että uusimpien aseiden hankkiminen saattaa tulla myös pienille maille mahdolliseksi” [Tiede ja Ase, 15/1957, s. 80].

Kirjoittajat hahmottivat puolustusvoimien kehittämisen suunnaksi ”yhtenäismaavoimat”, jotka kykenisivät taistelemaan niin tavanomaisilla kuin ydinaseilla varustettua vihollista vastaan. Uusista taisteluvälineistä artikkelissa käsiteltiin myös ohjukset, raketit sekä kaasu- ja polttotaisteluvälineet. Artikkelissa tuotiin esiin, että kaasusodankäynnin alueella oli saavutettu ”kauhun tasapaino” yhä tehokkaampien aineiden ja parantuneiden suojavälineiden välillä. Ydinaseen moraalinen järkytysvaikutus on korostuneesti esillä mutta samalla kirjoittajat tuovat esille ydinaseen käyttöä rajoittavia tekijöitä. Yksi tärkeimmistä on radioaktiivinen säteily, ”joka ydinräjähteiden jatkuvan käytön vuoksi saattaa nousta yli kriittillisen määrän”. Myös taloudellisten tekijöiden huomioiminen tulisi rajoittamaan ydinaseiden käyttöä, ne eivät voisi olla ”vielä joka paikan aseita”.

Suomalaisten mahdollisuuksia uudessa tilanteessa tuli kirjoittajien mukaan parantaa muun muassa johtamista, tiedustelua ja erikoissuojelua kehittämällä. ”Erikoissuojelun avulla voidaan suojata joukkoja ydinräjähteiden vaikutuksilta sekä hoitaa niiden vaikutuksen alaiseksi joutuneita”. Tämän toteuttamiseksi tarvittiin ”erityiselimiä, joilla on erityiskoulutus ja -varusteet. Tietty erikoiskoulutus ja -varustus on välttämätön kaikille joukoille”. Jo pelkkä tietoisuus erikoissuojelun järjestämisestä saisi taistelijan kestävämmän paremmin ydinsodan järkyttäviä olosuhteita, arvioivat kirjoittajat. Motti-taktiikka sai artikkelissa uuden merkityksen, kun tarkoituksella synnytetäisiin pienehköjä motteja, ”jotka suojaavat hyökkäysjoukkoja ydinräjähdyksiltä”.

Jotta meikäläinen taktiikka vastaisi paremmin ydinaseuhkaan, tulisi joukkojen liikkuvuutta kehittää polkupyörän käyttöä lisäämällä. Linnoittaminen ja kaivautuminen olivat artikkelin mukaan peruskeinoja ydinräjähteen vaikutusten lieventämiseksi tai välttämiseksi. Joukkojen taistelukyvyn arviointia varten annosmittareita tuli jakaa aina joukkuetasalle asti. Erikoissuojelun vaatimia henkilöresursseja ei ollut mahdollista irrottaa taistelevien osien kustannuksella vaan pääosa erikoissuojelutehtävistä hoidettaisiin muiden tehtävien ohella. Kirjoittajat esittivät artikkelissaan kauaskantoisen näkemyksen ”oman toimen ohella” muodostetuista suojeluryhmistä, mistä tulikin puolustusvoimien perusratkaisu vuosikymmeniksi. Koulutuksen kehittämisen myötä ”tuloksena on, että ydinräjähteitä aletaan pitää tosin pelottavina, mutta kuitenkin eräinä aseina muiden aseiden joukossa... ja että opitaan uusi taistelutaito ja tavoitetaan taisteluhenkki, jota erityisesti tulevaisuuden sodassa tarvitaan” [Tiede ja Ase, 15/1957, s. 150].

Seuraavana vuonna, 1958, kehitys ydinaseiden rintamalla oli kiivasta: Neuvostoliitto ja Englanti liittyivät vetypommin omaaviin ydinasevaltioihin. Yleisesikuntaeversti-

luutnantti Yrjö Keinonen julkaisi laajan, Sotakorkeakoulun diplomityöhön perustuvan artikkelin ydinaseiden kehitysvaiheesta. Artikkelissaan Keinonen pyrki antamaan kuvan ydinaseen teknillisistä ominaisuuksista, joista ”aineisto on hämäämissyistä niukkaa, ylimalkaista ja osin harhaanjohtavaakin” [Tiede ja Ase, 1958, s. 126]. Tykistön ydinammuksia oli tuolloin jo käytössä ja Yhdysvalloissa kehitettiin puhdasta lämpöydin-pommia, joka aiheuttaisi vain 25 % edeltävien pommien radioaktiivisuudesta. Keinonen arvioi puhtaan tai lähes puhtaan pommin etuja likaiseen suuriksi, sillä pommin käyttäjän ei tarvitsisi ottaa huomioon itseensä kohdistuvia jälkivaikutuksia. Näin ”voisi esimerkiksi hyökkäysliike jatkua kuten tavallisen tulivalmistelun jälkeen ja ydinenergian käyttömahdollisuudet tuhovälineenä olisivat taloudellisten resurssien puitteissa rajattomat”. Jo vuonna 1958 nähtiin, että ”kaikissa maissa, joissa energiaa tuottavat reaktorit tulevat käyttöön, on mahdollista valmistaa ydinräjähdysainetta”.

Arviot ydinaseiden määrästä vuonna 1958 perustuivat plutoniumin tuotantomääriin ja olivat melko ylimalkaisia. USA:lla arvioitiin olevan 12 000 - 20 000 fissioräjähdettä, Neuvostoliitolla useita tuhansia ja Englannilla vajaa tuhat kappaletta. Keinonen tuo esiin myös englantilaisen julkaisun ”Military Record of Atomic Happenings” tiedot, joiden mukaan Yhdysvalloilla olisi 35 000 ydinräjähdettä. Niiden yhteenlaskettu energiamäärä oli 10 000 megatonnia, mikä lähestyi sitä rajaa, jota ”enempää ydinlatauksia ei lyhyen ajan sisällä voida räjäyttää radioaktiivisen pölyn vuoksi, josta tulisi vaara elämälle kaikkialla maapallolla” [Tiede ja Ase, 1958, s. 140].

Sotilaille ominaiseen käytännölliseen tyyliin Keinonen arvioi myös ydinaseiden kustannuksia tavanomaisiin aseisiin verrattuna. Esimerkiksi on valittu Suomen olosuhteisiin soveltuva tilanne, jossa pataljoona on kaivautunut tiiviiseen puolustukseen. Hyökkääjän tarkoituksena on tuottaa 50 % tappiot tulivalmistelulla. Perinteinen tykistön tulivalmistelu maksaisi yli 40 % enemmän kuin vastaavan lopputuloksen tuottava 20 kilotonnin fissioammus. Johtopäätöksenä on, että ”ydinaseen käyttö on siis taloudellisempaa puhumattakaan niistä taktillisista eduista, joita mm. lyhyt tulivalmistelu-aika ja vähäinen a-tarvikkeiden paino tuovat mukanaan”.

Artikkelinsa tiivistelmässä Keinonen painottaa ydintaisteluvälineiden joustavuutta ja monipuolisuutta aseena, jonka voi valita ”kutakin taktillista tai strategista tehtävää varten... halutun tehoisena”. Suomessa vallinnut näkemys ydinaseiden käytön mahdollisuudesta saa tukea Keinonselta. ”Ydinaseiden taktillinen käyttö on mahdollista kaikkialla, missä pyritään vaikkapa vain paikallisiin ratkaisuihin.” Tästä on seurannut puolustuksen kriisi, vaikka ”kehityksestä huolimatta ydinaseet voivat vain osin korvata tavanomaiset aseet”. Tulevaisuuteen katsovassa loppulauseessa Keinonen muistuttaa: ”lisäksi on pidettävä aina mielessä se mahdollisuus, että ydinaseiden pelottava teho voi johtaa niiden käytön kieltämiseen tulevassa sodassa, kuten oli taistelukaasujen laita II maailmansodassa” [Tiede ja Ase, 1958, s. 147].

Kuten edellä esitellyt artikkelit osoittavat, tietämys ydinaseista, niiden ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista kasvoi kymmenessä vuodessa huomattavasti. Vielä vuonna 1949 ydinaseeseen liittyi enemmän mielikuvia ja mystifiointia kuin todenperäistä tietoa. Erityisesti tämä on nähtävissä radioaktiivisen säteilyn osalla, mihin alkuun liittyi mitä huikkeimpia visioita. Yhdysvalloissa tehdyt ydinkokeet tuottivat runsaasti uutta tietämystä, mikä heijastui myös Suomen asiantuntijapiireihin. Atlantin takaiset vaikutteet näkyvät erityisesti suojautumismahdollisuuksien korostumisena 1950-luvun alusta lähtien. Yhdysvallat oli testannut joukkojen ja ydinaseiden taktista yhteistoimintaa, ja

Neuvostoliiton liittyminen ydinasevaltojen joukkoon korosti suojautumisesta tiedottamisen merkitystä.

Kasvanut tietämys ydinaseen ominaispiirteistä ja käytettävyyden rajoista vaikutti kansallisten mahdollisuuksiemme uudelleenarviointiin 1950-luvun kuluessa. Eräänlaisen rajavuoden muodostaa vuosi 1956, jolloin vallitsi lyhyt ”suojasää” suurvaltojen välillä. Suomen hyväksyminen Yhdistyneiden kansakuntien jäseneksi ja Porkkalan palauttaminen vahvistivat suomalaisten uskoa tulevaisuuteen. Tässä tilanteessa myös puolustuslaitoksen halu nousta ”väliaikaisesta tilasta” kehityksen tielle voimistui, ja tämän heijastuksena myös suojelualalla alkoi tapahtua. Suojelualassa konkretisoituivat ne nykyaikaisen sodan vaatimukset, joista tuolloin paljon puhuttiin. Taktillisten (nykytermi taktisten) ydinaseiden huima kehitys suuntasi ajatuksia niiden käytön mahdollisuuteen ja vaikutti suomalaisen ydinasedoktriinin syntyyn.

Kun 1940-luvulla ei ollut mahdollista puhua mistään virallisesta käsityksestä ydinaseisiin liittyen edes puolustuslaitoksen piirissä, niin jo kymmenen vuoden kuluttua oli meidän olosuhteisiimme kehitetty malli ydinaseilta suojautumisesta ja uhkakuva niiden mahdollisesta käytöstä maattamme vastaan.

### 3. Erikoissuojelu

Kaasusuojelun erikoiskoulutus oli sodan jälkeen lamassa - koulutuskeskukset purettiin ja vähäinen toiminta keskittyi joukkojen taistelua tukevaan savutustoimintaan. Myös sodanajan organisaatiossa kaasusuojelujoukkojen määrä väheni merkittävästi. Sodanajan määrävahvuustoimikunta esitti helmikuussa 1949, että armeijakuntaa pienemmissä joukoissa ei olisi varsinaisia kaasusuojelujoukkoja ja uudistus toteutettiin seuraavan vuoden harjoitusvahvuuksissa [Tynkkynen, 1996, s. 354]. Vuonna 1952 sodanajan kokoonpanoihin lisättiin viisi sammutuskomppaniaa, mikä kuvaa uusien uhkien eli polttotaisteluaineiden saamaa painotusta.

Puolustuslaitoksen rauhanajan kaasusuojeluorganisaatio oli ajettu alas vuoden 1952 uudistuksessa, jossa lakkautettiin pääosa kaasusuojelun aiemmista toiminnoista. Pääesikunnan kaasusuojelutoimiston tehtävät peri Puolustuslaitoksen Tutkimuskeskuksen kokeilu- ja opetusosasto, ja toiminnan pääpaino kohdistui olemassa olevan materiaalin toimintakunnan ylläpitämiseen.

Uutta toimintaa edusti säteilynvalvonta, joka perustui vuonna 1957 annettuun säteilysojaulakiin ja -asetukseen, mikä taasen vauhditti säteilynvalvontaverkoston luomista. Asetuksen mukaisesti säteilynvalvonnan keskus- ja johtoelimenä tuli toimimaan Helsingin yliopiston Säteilysfysiikan laitos, joka tosin vuonna 1960 ”ei vielä pysty henkilökunnan puutteen vuoksi kaikkia tehtäviään hoitamaan”.

Ensimmäiset säteilyn tarkastusmittarit hyväksyttiin puolustuslaitoksessa käyttöön syksyllä 1955. Mittarilla voitiin mitata sekä beta- että gammasäteilyä ilmasta, jauhemaisesta aineesta tai nesteestä erillisen lisälaitteen avulla. Säteilyn annosmittari otettiin käyttöön keväällä 1956 ja säteilyn tiedustelumittari lokakuussa 1957. Säteilyn annosmittari oli täytekynän kokoinen ja tarkoitettu ilmaisemaan käyttäjän saaman säteilyannoksen suuruuden. Tiedustelumittari m/57 EKCO oli kiinteä itsetoimiva

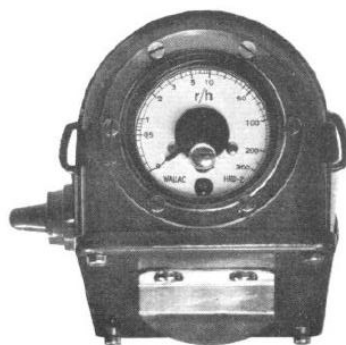


kenttäkäyttöön tarkoitettu gamma- ja betasäteilyn mittaaja. Jatkuvatoiminen säteilynvalvontalaite malli FH 59 tuli palveluskäyttöön marraskuussa 1958.

Suojelualaan kohdistunut lisääntyvä mielenkiinto näkyi uudelleen aloitetuissa suojelualan tarkastuksissa joukoissa. Ensimmäiset sodan jälkeiset suojelualan tarkastukset tehtiin loka-marraskuussa 1957. Syynä tarkastustoiminnan käynnistämiseen oli suojelun muuttunut luonne: ”Erikoissuojelu on parhaillaan vakiintumassa omaksi erikoisalakseen puolustusvoimissamme” [SArk T 23650/D 2 TeknV omat toimitteet 1955-1958]. Insinöörikenraalimajuri R. Rissasen johtamilla tarkastuskierroksilla oltiin kiinnostuneita myös materiaalista, sillä erikoissuojelun välineistöksi kaavailtiin pääosin vanhaa, olemassa olevaa kaasusuojeluvälineistöä. Erikoissuojelun uudet toimialat säteilyuojelu ja polttotaisteluaineilta suojelu vaatisivat tosin oman erikoisvälineistönsä ja tarkastusryhmän raportissa todetaankin, että ”vanhojen suojeluvälineiden merkitys ja käyttöarvo on arvioitava kokonaan uudelleen”.

Paperisten suojeluvälineiden merkitystä ja soveltuvuutta erikoissuojeluun arvioitiin kriittisesti, mutta niillä todettiin olevan käyttöarvoa sotatilanteessa. Paperisia suojeluvälineitä voisi käyttää aseiden ja välineiden suojaamiseen radioaktiiviselta laskeumalta, vaikka niitä ”yleensä näytettiin pidettävän täysin hyödyttöminä välineinä”. Materiaalin käyttöarvon tarkastuksissa tuolloin käytössä olleet suojaapuvut todettiin liian raskaiksi ja kankeiksi, säteilyntiedustelupartio tarvitsisi nykyaikaisempaa suojaapukua.

Varmana merkinä uuden ajan alkamisesta on pidettävä säteilymittaus ja -tiedustelukaluston hankintaa 1950-luvun loppupuolella. Wallac Oy:lta hankitut ensimmäiset säteilymittarit olivat aikansa uusinta ja varjeltua tekniikkaa, ja laitteen käyttämät paristotkin oli erikseen tilattava Teknilliseltä varikolta Jyväskylältä. Erikoissuojelun esiinmarssi päätti suojelualan alennustilan myös materiaalin näkökulmasta ja mahdollisti luopumisen desinfektio toimintaan liittyvästä hylkäskuntoisesta kalustosta. Erikoissuojelun korostaminen merkitsi myös vanhentuneiden suoja välineiden evakuointia ja hylkäämistä. Joukko-osastoista ja aluevarastoista evakuoitiin hevossaamarit m/38, kaikki eläinten kaasusuojeluvälineet, vanhat kaasuntiedustelulaukut, ilmaispumput, kevyet puhdistusperävaunut sekä kaasupistoolit. Ohjesääntöjä uudistettiin, näkyvimpänä vuonna 1954 julkaistu kenttäohjesääntö sekä seuraavana vuonna ilmestynyt Jalkaväen taisteluopas. Näissä ohjesäännöissä ydinaseet oli jo huomioitu, vaikka nykynäkökulmasta katsoen niitä käsiteltiin lyhyesti ja epätäsmällisesti, ”ikään kuin ne olisivat vain tavallisia aseita tuhoisampia, mutta ei niistä radikaalisti eroavia aseita” [Penttilä, 1988, s. 73-75].



*Kuva 1: HRD-2 suursäteilymittari vuodelta 1962 (Kuva: Puolustusvoimat).*

Kotimaassa kehitetty sotilas-, väestönsuojelu- ja laitossuojelukäyttöön soveltuva suursäteilykenttämittari HRD-2 oli rakennettu mahdollisimman varmatoimiseksi. Siinä oli vain yksi toimintakytkin (On ja Ei), jonka tarkoituksena oli estää lukema- ja käyttöerehdykset. Syyskuussa 1962 säteilyntiedustelumittareihin HRD-2 liittyen esiintyi ongelmia, joista informoitiin valmistajaa Wallac Oy:ta. Keskeinen havainto oli, että ”eräitten osien suhteen on parantamisen varaa”. Pääesikunnan suojelutoimiston toivomuksena oli, ”että mittari saataisiin paremmin tärähdyksiä kestäväksi ja vesitiiviiksi”.

Suojelutoimiston tehtäviin kuului myös muille viranomaisille tarkoitettujen mittarien tarkastaminen, ja esimerkkinä ollut 44 mittarin erä HRD-2 suursäteilykenttämittaria oli menossa sisäasiainministeriön ja Rautatiehallituksen käyttöön. Tätä tarkoitusta varten Suojelukoululla oli kuumalaboratoriossa 50 curien kobolttipatruuna ja säteilytysrata. Elokuussa 1964 RDM 3-100 mr/h säteilyrajahälyttimien vastaanottotarkastuksessa todettiin puutteita. Kyseessä oli puolustuslaitoksen ensimmäinen hankintaerä kyseistä laitetta. Laitteella oli huono pakkaskestävyys, mikä ei kuitenkaan estänyt vastaanottoa, ”koska hälytintä on suunniteltu taskussa pidettäväksi”.

Sodan jälkeinen suojelukoulutuksen lama hellitti 1950-luvulla, kun suojelukoulutusta ryhdyttiin jälleen antamaan - ensimmäiset koulutustilaisuudet oli suunnattu palkatulle henkilöstölle ja ne keskittyivät kaasusuojelun kysymyksiin. Vasta erikoissuojelun myötä otettiin käyttöön uusia opetusvälineitä ja ulotettiin koulutus myös varusmiehiin. Diaheittimen avulla koulutettiin ydinsuojelua ja napalm-jauhetta käytettiin havainnollistamaan polttoaseelta suojautumista. Jotta uudistuva suojelukoulutus ei olisi jäänyt vain luokassa tapahtuvaksi teoreettiseksi käsittelyksi, huomiota kiinnitettiin vuodesta 1956 lähtien suojelukoulutuksen siirtämiseen ”rainakuvista kentälle” [SArk T 23650/D 2 TeknV omat toimitteet 1955-1958]. Suojelukoulutus haluttiin osaksi taistelukoulutusta ja kaasunaamarin merkitystä taistelijan suojavälineenä korostettiin.

Suojelualan koulutusjärjestelmän ja menetelmien saattaminen ajantasalle oli yksi puolustusvoimien johdon tavoitteista 1950-luvun puolessavälissä. Tässä tarkoituksessa lähetettiin Sotakorkeakoulun stipendiaattina yleisesikuntakapteeni Jaakko Valtanen tutustumaan Ruotsin armeijan suojelukoulutukseen keväällä 1956.

Viisi viikkoa kestänyt suojelualan upseerikurssi Armens Skyddskola:ssa perehdytti kapteeni Valtasen suojelualan silloisiin näkymiin ja erityisesti suojautumiseen atomiaseen vaikutuksilta. Ruotsissa ”käsitykset ABC-kysymyksistä ja niiden merkityksestä olivat vakiintuneemmat kuin meillä”, totesi kapteeni Valtanen matkakertomuksessaan. Yksin Ruotsin puolustusvoimien tutkimuslaitos oli henkilöstöltään 20 kertaa suurempi kuin Suomen puolustuslaitoksen Tutkimuskeskus. Henkilöstöä sikäläisessä tutkimuslaitoksessa oli 780, kun meillä vastaava luku oli 36. Suojelun taktiikassa, soveltamisessa ja toteuttamisessa ruotsalaiset olivat edellä. Sen sijaan välinekehittelyssä oltiin pitkälti samoilla linjoilla [Kapteeni Jaakko Valtasen matkakertomus: ”Kurssi Armens Skyddskola:ssa 1956”. Kenraali Valtasen yksityisarkisto, Tapiola]. Ruotsin armeijan suojelualan järjestelyt heijastivat vaikutuksensa Suomen puolustusvoimien ratkaisuihin koulutusta ja menetelmiä jatkokehittäessä.

Kurssilta palattuaan sai kapteeni Valtanen tehtäväkseen suunnitella ja toteuttaa yleisesikuntaupseerien suojelukoulutuksen Sotakorkeakoulussa. Tässä tehtävässä, yhdessä taktiikan opettajana toimineen yleisesikuntamajuri Otto Yliriskun kanssa luotiin ne suuntaviivat ja käytännöt, joihin uusi erikoissuojelu perustui. Vuosi 1956 oli Sotakorkeakoululle monessa suhteessa merkityksellinen - uudistuksia tehtiin niin järjestelyissä, koulutuksessa kuin oppiaineissa. Sotakorkeakoulu sai myös julkista huomiota, mistä esimerkiksi käy lehtiotsikko "Sotakorkeakoulu atomiaikakaudessa" [Seppälä, 1974, s. 65-70].

Uudistuneelle suojelukoulutukselle tuli olemaan ominaista atomiaseen entistä aktiivisempi huomioon ottaminen taktiikassa, suojautumisen mahdollisuuksien korostaminen sekä suojelu- ja polttotaisteluaineiden koulutuksen havainnollistaminen.

#### 4. Suojelun uudelleen järjestelyt

Suojelualan erikoistarpeet huomioitiin eriyttämällä tutkimustoiminta ja koulutus toisistaan. Puolustuslaitoksen Tutkimuskeskuksen kokeilu- ja opetusosaston toimenkuvaa selkeytettiin lopettamalla suojelukoulutuksen antamisvelvoite. Suojelukoulu perustettiin uudelleen vuonna 1958 täyttämään suojelualan kasvaneita koulutustarpeita. Suojelukoulutuksen uudelleen aloittaminen oli päätetty tehdä korkealla profiililla - koulun johtajaksi haettiin nykyaikaiseen suojelualaan perehtynyttä yleisesikuntaupseeria. Suojelukoulu siirtyi 20.7.1961 uusiin ja ajanmukaisiin suojelukoulutukseen tarkoitettuihin tiloihin Upinniemen Porkkalan varuskuntaan. Koulutuksen painopisteenä alkuvaiheessa oli luonnollisesti suojautuminen ydinräjähdysten vaikutuksilta. Erikoissuojelun opettajien neuvottelupäivät järjestettiin Suojelukoululla toukokuussa 1960, ja harjoitusydinräjähteen yhteydessä kokeiltiin tuhkasäkkeitä laskeuman kuvaamiseksi Taistelukoululla.

Koulutuksen tueksi hankittiin opetuselokuvia ja selostusvihkoja, jotka edistivät oppimiskokemusta. Opetuselokuvien avulla varusmiehiä valmennettiin kohtaamaan ydinsodan karu todellisuus ja luottamaan yksinkertaisiin suojautumismenetelmiin. "Ydinräjähteet ja omakohtainen suojautuminen niiden vaikutuksilta" -elokuvassa opetustarkoituksena oli vakuuttaa, että vaikka ydinräjähdysten hetkelliset vaikutukset olivat hyvin voimakkaita, niin "oikeat menettelyt ydinvaroituksen aikana, linnoittaminen, säteilypölyn puhdistaminen ja suomalaiselle sotilaille käskettyjen tehtävien järkkymätön noudattaminen takasivat täysin tyydyttävän selviytymisen myös ydinräjähdysten tuho vaikutuksilta".

Vietnamin sotakokemukset toivat myöhemmin koulutusohjelmaan myös polttosuojelukoulutuksen. Suojelukoulussa koulutettiin vuosittain 40 upseeria, 60 aliupseeria ja 70 miestä 8-9 kurssilla. 1960-luvun alussa koulutustarve arvioitiin vuoteen 1968 mennessä olevan yli 3000 henkilöä erikoissuojelutehtäviin. Vuoden 1962 aikana "Suojelukoulun kellaritiloissa on saatu valmiiksi säteilymittareiden vastaanottotarkastuksia ja kalibrointia varten laitteistot", mikä palveli myös muille viranomaisille tehtyjä ilmaisinkaluston vastaanottoja.

Kun suojelukoulutus oli saatu eriytettyä, oli vuorossa suojelualan johtosuhteiden järjestäminen. Vuonna 1960 perustettiin Pääesikuntaan suojelutoimisto, jonka tehtäviin kuului suojelualan niin materiaalinen kuin koulutuksellinenkin johtaminen puolustusvoimissa.

Pääesikunnan suojelutoimisto muodostettiin Puolustuslaitoksen tutkimuskeskuksen kokeilu- ja opetusosastosta 1.3.1960. Se aloitti toimintansa vahvuudella kolme upseeria, sotilasteknikko ja toimistoaliupseeri. Ensimmäisenä toimistopäällikkö toimi everstiluutnantti Eino Oravainen. Pääesikunnan suojelutoimisto siirrettiin vuoden 1962 alkupuolella taisteluvälinepäällikön alaisuudesta päämajamestarin alaisuuteen ja liitettiin osaksi operatiivista osastoa. Syksyllä 1962 saatiin suojelutoimistoon 1 lk:n insinööri hoitamaan säteilynvalvontaan liittyviä tehtäviä.

Selostus Pääesikunnan suojelutoimiston tehtävistä maaliskuulta 1960 antaa kuvaa vasta perustetun toimiston kehittyvästä työkentästä. Säteilynvalvontaverkoston luominen perustui säteilysuojauslakiin ja -asetukseen vuodelta 1957. Tuolloin käynnissä oli säteilyn valvontaverkoston luomisen ensimmäinen vaihe, jonka arveltiin toteutuvan kesään 1960 mennessä. Säteilynvalvonnan osalta todettiin muun muassa seuraavat tehtäväkoko-  
naisuudet:

- valvontaan osallistuivat säteilyn valvontapaikkoja perustavina Ilmatieteellinen keskuslaitos (8+7 valvontapaikkaa) ja Puolustuslaitos (3+4 valvontapaikkaa)
- valvontapaikkojen perustaminen tapahtui kahdessa vaiheessa
- Puolustuslaitoksen Tutkimuskeskus pystyi ottamaan päivittäiset sadevesinäytteet mutta kyky ilmanäytteenottoon puuttui. Kalusto ei ollut täydellinen, mutta ”gammataustan ilmaisimien (säteilyvaaran ilmaisija) on”.
- muista puolustuslaitoksen valvontapaikoista todettiin, että ”Kajaanissa on valvontapaikka valmiina, mutta tarvittavat säteilyn valvontalaitteet puuttuvat”. Kajaani ja Pori eivät olleet toimintavalmiita, sillä ilmanäytteenottolaitteet puuttuivat.
- ”Vesinäytteiden ottopaikat pystyisivät ottamaan näytteet, mutta säteilyfysiikan laitos ei toistaiseksi pysty niitä tutkimaan, joten toiminta ei ole vielä alkanut. Ottovälineitäkään ei vielä ole valittu”.
- välineitä hankittaessa ”on hyvin epäkiitollista olla ensimmäisen välineen hankkijana”. Esimerkiksi jatkuvaa säteilynvalvontaa varten hankittu aerosolimittauslaite FH59 ei kestänyt jatkuvaa käyttöä ja säteilyvaaran ilmaisimessa esiintyi runsaasti käyttöhäiriöitä.

Säteilyn valvontapaikkoja oli kahdenlaisia. Tavallisen valvontapaikan välineistöön kuului sadeveden keräyslaite ioninvaihtajineen, ilmanäytteenottolaite eli suodattimella varustettu pumppu, säteilyvaaran ilmaisulaite (gammataustan mittauslaite), säteilyn tiedustelumittari, säteilyn tarkastusmittari sekä säteilyn annosmittariyksikkö. Runkoverkoston kuuluvilla valvonta-asetilla oli edellisten lisäksi päivittäinen sadeveden keräyslaite ja jatkuvatoiminen aerosolimittauslaite. Määrärahat valtakunnallisen säteilynvalvontaverkoston kuntoonsaattamiseen oli myönnetty, mutta asennuksissa ja koulutuksessa oli turvaututtava kemian laboratorion säteilyjaoksen apuun.

Suunnitelma vuoden 1960 hankinnoiksi sisälsi muun muassa seuraavat välineet:

- puolustuslaitoksen valvontapaikkojen (7) kalustohankinnat, joihin oli myönnetty 7 500 000 mk [vuoden 2014 rahassa 175 000 €, Suomen virallinen tilasto: kuluttajahintaindeksi]. Korkeampien ilmakerrosten näytteenottolaitteeseen oli kuitenkin rahaa varattu vain yhteen kappaleeseen.

- säteilyn tarkastusmittareiden (RD-5) tunnistettu tarve oli 1300 kpl mutta vuonna 1960 niitä voitiin hankkia vain 100 kappaletta. Aiemmin oli hankittu yhteensä 300 tarkastusmittaria. Säteilöntarkastusmittarin mallimerkintä oli X-10
- säteilyn tiedustelumittareiden kokonaistarve oli 650 kappaletta, ja aiemmin oli hankittu 120 kpl ja vuonna 1960 hankittiin mittareita lisää 60 kappaletta
- säteilyn annosmittareiden kokonaistarve oli 26 000 kappaletta, aiemmin oli hankittu 1200 kappaletta ja vuonna 1960 kyettiin hankkimaan 2000 mittaria lisää. Latauslaitteiden osalta tarve oli 4000 kappaletta, ja niitä oli aiemmin hankittu 170 kappaletta ja vuonna 1960 hankittiin 100 latauslaitetta lisää.

Yhteensä säteilynvalvontakalustoon käytettiin vuonna 1960 7,5 Mmk ja 20,4 Mmk eli 27,9 Mmk [vuoden 2014 euroina yhteensä 650 000 €].

Samoihin aikoihin, kun puolustusvoimissa kiinnitettiin huomiota suojelukoulutuksen järjestämiseen, oli sama työ käynnissä Suomen Väestösuojelujärjestön taholla. Vuonna 1956 järjestö teki päätöksen väestösuojelukoulutuksen uudelleen aloittamisesta. Uudelleen perustettavan Väestösuojelukoulun toiminta suunniteltiin aloitettavaksi vuoden 1957 alkupuolella. Suunnitelmien takana oli puolustusvoimista eläkkeelle jäänyt kenraali Uolevi Poppius, joka toimi väestösuojelujärjestön hallituksen puheenjohtajana ja keskustuomiston jäsenenä. Koulun perustamiseksi tarvittiin opettajia, jotka löytyivät myös puolustusvoimien henkilökunnasta. Majuri Gunnar Öhman, diplomi-insinööri Weckman ja majuri Railonkoski saivat järjestön apurahan opettajaksi valmentautumista varten [50 vuotta väestösuojelutyötä, 1977, s. 542]. Vaikka vuonna 1957 aloittaneen Väestösuojelukoulun toiminta olikin alkuun vaatimatonta ja pienimuotoista, sai se nopeasti uusia tehtäviä ja kursseja järjestettäväkseen. Väestösuojelukoululla tehtiin ohjekirjoja sisäasiainministeriölle ja järjestettiin sekä yleisiä että teollisuuden suojelujohtajakursseja.

#### Ydinaseet ja keskustelun herääminen yhteiskunnassa

Kun 1950-luvun keskustelua ydinaseesta hallitsivat turvallisuuspolitiikan asiantuntijat ja sotilaat sekä eräät valistuneet tiedemiehet, niin 1960-luvulla keskusteluun osallistui yhä laajempi kansalaisten piiri. Syitä kehitykseen on varmuudella useita, mutta yhtenä perussyynä voi esittää kasvaneen tietoisuuden sekä ydinaseen luonteen muuttumisen - se ei enää ollut vain sotilaiden ase vaan mitä suurimmassa määrin myös poliittinen asia. Kehitykseen vaikutti kansainvälisen tilanteen kiristymisen sodan partaalle Berliinissä ja Kuubassa, ja ihmisten herääminen tuhon mahdollisuuden konkretisoitumiseen. Vielä 1950-luvulla väestösuojelun tehokampanjoilla oli ollut passiivisuutta lisäävä vaikutus, viranomaisten jakama tieto atomipommin tuhoivoimasta oli vakuuttanut kansalaiset yksilön suojattomuudesta ja avuttomuudesta [Weart, 1988, s. 136].

Jo 1940-luvun loppupuolella liikkui erilaisia rauhanvirtauksia, joista suomalaisia kosketti erityisesti suuri rauhanadressi ja vuonna 1950 järjestetty Rauhanpuolustajien kansainvälinen kongressi Helsingissä. Tähän niin sanottuun Tukholman vetoomukseen ydinaseiden kieltämiseksi osallistuivat allekirjoittajina myös pääministeri Kekkonen ja suuri osa ministereistä [Suomen historia 8, 1988, s. 103]. Vuonna 1955 järjestettiin Rauhanpuolustajien kansainvälinen kongressi jälleen Suomessa. Suomalaisen rauhan-debatin on usein katsottu alkaneen Pentti Linkolan kesällä 1960 julkaisemasta pamfletista "Ihmisen ja isänmaan puolesta - ei ketään vastaan" [Tiede ja Ase, 1968, Kaarnola]. Keskustelun syntymiseen johtanutta kehitystä ei ole sen kummemmin tarkasteltu kokonaisuutena,

johon kuului erityisesti Länsi-Saksassa ydinaseeseen kohdistunut kriittisen suhtautumisen vahvistuminen 1950-luvun lopulla. NATO:n vuonna 1955 järjestämät sotaharjoitukset, joissa lähtökohtana oli Neuvostoliiton invaasio ja taktisten ydinaseiden käyttö, surmasivat paperilla miljoonia saksalaisia [Visuri, 1995, s. 148, kyseessä oli ”Carte Blanche” -sotaharjoitus ja sen skenaario]. Tämä herätti ensin tiedemiehet ja sitten Sosiaalidemokraattisen puolueen vastustamaan ydinaseita. Kun Länsi-Saksa suostui sijoittamaan ydinaseita maaperälleen vuonna 1958, niin sosiaalidemokraatit ottivat seuraavia vaaleja silmälläpitäen teemakseen ”Kampf dem Atomtod”. Suhtautuminen ydinaseisiin jakoi kansaa, mutta lopulta kommunismin pelko oli suurempi kuin ydinaseiden - sosiaalidemokraatit eivät saavuttaneet toivomaansa tulosta vaaleissa [Weart, 1988, s. 242-244]. Vastaavia liikkeitä oli myös Isossa-Britanniassa, Yhdysvalloissa ja Japanissa, jossa ”Council against Atomic and Hydrogen Bombs” oli perustettu jo vuonna 1955. Näissä liikkeissä toimivat jo uuden ajan vaikuttajat, eivät pelkästään tiedemiehet vaan taiteilijat, laulajat ja kulttuuriväki.

Järjestäytyneeksi toiminnaksi uusi suomalainen rauhanliike muuttui elokuussa 1963, kun Sadankomitea perustettiin. Sen kautta kanavoitui aktiivinen ydinaseiden ja aseellisen maanpuolustuksen vastainen toiminta, joka suuntautui niin ydinaseita yleensä kuin myös suomalaista aseellista maanpuolustusta vastaan [Vainio 1989, s. 107-108].

Puolustuslaitokselle rauhanliikkeet merkitsivät ideologista haastetta ja uhkaa juuri alkaneelle nykyaikaistamiskehitykselle. Puolustuslaitos vastasi haasteeseen tarjoamalla 1950-luvulla kehitettyä totaalisen maanpuolustuksen oppia yhä laajempien kansalaispiirien tiedoksi.

Vuonna 1961 aloitettiin totaalisen maanpuolustuksen kurssit, jotka levittivät puolustuslaitoksen näkemystä ydinaseuhasta ja siltä suojautumisesta johtavilla paikoilla vaikuttaville siviileille. Nämä totaalisen maanpuolustuksen kurssit olivat nykyisin Sotakorkeakoulussa järjestettävien maanpuolustuskurssien edeltäjiä. Kursseilla pyrittiin osoittamaan, että pyrkimys rauhaan oli sekä rauhanliikkeiden että puolustusvoimien yhteinen päämäärä eikä ”erillisryhmillä ole oikeutta pitää pyrkimystä rauhaan yksinoikeutenaan” [Tiede ja Ase, 1968, s. 63]. Huolimatta puolustuslaitoksen pyrkimyksestä mahdollisimman suureen avoimuuteen esiteltäessä uhkakuvia ja -skenaarioita, ei näillä kursseilla saanut käsitellä YYA-sopimuksen mahdollistamia sotilaallisia konsultaatioita tai niiden vaikutusta puolustusjärjestelyihin eri tilanteissa [Heiskanen, 1993, s. 19].

1960-luvulla julkaistiin lukuisia ydinaseuhkaa käsitteleviä teoksia, joidenka näkökulmat olivat yhtä moninaiset kuin teosten määrä. Niin rauhanliikkeiden edustajat kuin sotilaatkin saivat Suomessa mahdollisuuden esitellä näkökantojaan erilaisissa mielipidesarjoissa. Vuonna 1966 julkaistiin WSOY:n Taskutieto-sarjassa Leonard Beatonin ”Pommiko kaikille?”, joka esitteli mielenkiintoisen vision ydinaseiden leviämisestä. Beaton, joka oli englantilaisen Institute for Strategic Studiesin tutkija, arveli Ruotsin liittyvän ydinasevaltioiden joukkoon 1980-luvulla ja Suomen vuoteen 1995 mennessä. ”On vaikea kuvitella, että Alankomaat, Belgia, Espanja...Itävalta, Suomi tai Argentiina pysyisivät ydinaseettomina, jos ne yhä ovat omasta puolustuksestaan vastaavia itsenäisiä valtioita” [Beaton 1967, s. 76].

## 5. Pääesikunnan suojelutoimisto kehitystyön kärkenä

Pääesikunnassa seurattiin aktiivisesti suojelualan kehitystä. Katsaus ”ulkomailla suojelualalla tapahtunut kehitys ja meidän suojelualamme sotavalmius” yleisesikunnan päällikölle 30.11.1960 sisälsi muun muassa seuraavat havainnot:

- ”savutusta lentokoneista suositellaan käytettäväksi omien joukkojen suojaamiseksi polttosäteilyltä, kun käytetään ydinräjähteitä ja muita suojautumiskeinoja ei ole”.
- USA:ssa oli kehitetty rokote, ”jonka avulla voidaan aikaansaada 5 - 20-kertainen Strontium 90:n erittyminen elävästä oliosta”. Kyseessä olivat sulfaattiruiskeet, jotka oli annettava riittävän ajoissa ennen kuin isotooppi on ennättänyt kerrostua luihin. Menetelmän uskottiin pienentävän luusyövän ja kuoleman vaaraa altistumistapauksissa.
- kaasu- ja biotaistelukärjet ohjuksissa muodostivat edullisen vaihtoehdon ”atomisysteemille”. Eräät asiantuntijat näkivät, ettei ”Neuvostoliitto milloinkaan tule käyttämään ydinräjähteitä Länsi-Eurooppaa vastaan, koska sillä on paljon enemmän voitettavanaan käyttäessään siellä ohjusten kemiallisia ja biologisia taistelukärkiä.” Näiden aseiden käyttö antaisi mahdollisuuden valloittaa suuret teollisuuskeskukset täysin vaurioitumattomina.

Syyskuussa 1961 Pääesikunnan suojelutoimisto halusi kehittää Suojelukomppanian rakennetta muuttamalla tiedusteluryhmän tiedustelujoukkueeksi. Perusteena oli se, että silloinen organisaatio ei ottanut riittävästi huomioon ydinräjähteiden käytön vaatimaa säteilynvalvontaa ja -tiedustelua. Esitys sisälsi myös liikkuvan ydinsäteilyn laboratorion. Esitetty rakenne oli komentojoukkue, huoltoryhmä, tiedustelujoukkue ja kaksi puhdistusjoukkuetta. Vahvuudeltaan suojelukomppania oli 143 sotilasta. Lokakuussa 1962 suojelukomppanian kokoonpanoa uudistettiin jälleen, ja siihen liitettiin mm. laboratoriojoukkue jakautuen ydinsäteilyn ja kemian laboratorioihin. Komppaniaupseerin tuli olla ”ydinfysiikan ja/tai kemian ins tai maist”.

Pääesikunnan suojelutoimisto raportoi valmiudesta suoraan puolustusvoimain komentajalle marraskuussa 1961. Säteilynvalvonnan tehostamiseksi ”olisi saatava kiireellisesti keskusobservatorio Nurmijärvelle (Helsingin väistöpaikka) ja lopullinen paikka luolatiloihin Keski-Suomeen” sekä vahvennettava kaikkia alan toimijoita päivystystehtävien järjestämiseksi. Lisäksi olisi perustettava erityinen upseerin tehtävä Pääesikunnan suojelutoimistoon hoitamaan säteilyvalvonta-asioita ja ”järjestettävä seisminen kaukorekisteröinti (Helsinki-Porkkala-Turku-Orivesi)”. Tavoitteena oli saada ”käyntiin laboratoriotointa koko maassa elintarvikkeiden ja veden radioaktiivisuuden mittaamiseksi”.

1960-luvun alussa säteilynvalvontaan tarkoitetut mittarit oli jaoteltu käyttötarkoituksensa mukaisesti annosmittareihin ja niiden varaajiin, tarkastus-, tiedustelu- sekä valvontamittareihin. Valvontamittareiden luokkaan kuuluivat myös elintarvikemittarit, joita käytettiin kiinteiden ja nestemäisten elintarvikkeiden sekä juomaveden kokonaisaktiivisuuden mittaukseen. Pääesikunnan suojelutoimiston vuosiraportti vuodelta 1961 kuvasi kulunutta vuotta seuraavasti: ”Kuluvan vuoden aikana on kehitetty puolustusvoimia varten jatkuvatoiminen säteilynvalvontamittari m/61 sekä lisäksi annosmittarin varaaja m/61. Lisäksi on hyväksytty puolustusvoimain malliksi/61 ruotsalainen tiedustelumittari (Scienta). Tarkastusmittarin m/58 (RD-5) mitta-alue on laajennettu, joten sillä voidaan nyt mitata aina 100/röntgeniin/tunnissa saakka. Turkulaisen toiminimen Wallac Oy:n kanssa on tehty sotataloussopimus säteilyntiedustelumittarien hankkimiseksi ja huoltamiseksi.” Ruotsalainen Scienta tiedustelumittari oli kannettava gammasäteilyä

ilmaiseva laite, joka oli varustettu nollausasettimella. Mittauselimenä toimi sisäänrakennettu ionisaatiokammio ja laitteeseen oli liitettävissä osoitinlaite ”kauempana suojassa tapahtuvaa lukemista varten” [Suojelumateriaalikuvasto, Pääesikunta 1966, N:o 80/Slutsto/8].

Lisäksi vuoden 1961 aikana koulutettiin ja varustettiin sisäasiainministeriön alainen Liikkuva poliisi ja sen komennuskunnat. Jokaiseen 34 komennuskuntaan koulutettiin yksi säteilyvalvonnan hallitseva mies. Lisäksi Puolustusvoimat antoi komennuskuntien käyttöön tarkastusmittari m/58 sekä säteilyn laskulevyn.

Englannista oli tilattu säteilynvalvonta-auto, joka vastaanotettiin vuoden 1962 puolella. Säteilyn kenttälaboratorio oli rakennettu Land Rover maastoautoon ja tarkoitettu suojelukomppanioiden käyttöön. Säteilyn kenttälaboratorion keskeisin kalusto oli monikanavainen pulssinkorkeuden analysaattori, suurjännitelähde, säteilyntarkastusmittari piirturilla ja hälytyskellolla sekä ilmanäytteenottolaite. Auto sijoitettiin Upinniemeen Suojelukoulun kokeilukäyttöön. Vuoteen 1964 mennessä säteilykenttälaboratorioautojen määrä lisääntyi uudella mallilla, joka oli rakennettu VW Kleinbus:n rungolle. Niistä saatuja käyttökokemuksia hyödynnettiin suunniteltaessa esimerkiksi kemian kenttälaboratoriojärjestelyjä.

Säteilynvalvontajärjestelmiä suunniteltiin jatkossa kehitettävän siten, että luotaisiin kaksi organisaatiota: tarkka valvontaverkko sekä mittaus- ja hälytysverkko. Pääesikunnan näkemyksen mukaan vastuu tarkasta valvontaverkosta olisi Ilmatieteellisen keskuslaitoksen havaintoasemilla ja johtavana organisaationa toimisi Säteilysäteilyfysiikan laitos. Mittaus- ja hälytysverkon johto olisi puolustusvoimilla. ”Verkko muodostuisi puolustusvoimain ilma-, meri- ja maavalvonta- (Rajavartiolaitos) asemista sekä väestönsuojelun kohdekuntien havaintoasemista. Tässä verkossa tutkimuslaitoksena toimisi Puolustuslaitoksen tutkimuskeskus. Lisäksi tarvitaan liikkuvia laboratorioita suojelujoukkoja varten” [PEslutsto esitys toimenpiteiksi yleisesikunnan päällikölle 27.1.1962].

Nälkä kasvoi syödessä, sillä Pääesikunnan suojelutoimisto esitti vuodelle 1962 hankintasuunnitelman, jossa erikoissuojeluvälineisiin (säteilymittarit ja muut välineet) käytettäisiin yli 70 Mmk [vuoden 2014 rahassa 1 533 000 €]. Kaikki suojeluvälinehankinnat mukaan lukien suunnitelma sisälsi yhteensä 90 Mmk edestä materiaalihankintoja. Vuodelle 1963 esitettiin saatavaksi peräti 100 miljoonaa markkaa suojeluvälineiden perushankintoihin.

### Säteilynvalvontaverkon perustaminen

1950-luvun puolestavälistä lähtien tavoitteena oli ollut luoda kyky säteilynvalvontaan ja ulottaa se koko valtakunnan alueelle. Alkuun hankittiin yksittäisiä välineitä, jotka soveltuivat viranomaisten ja joukkojen käyttöön. Säteilynvalvontaverkon luomiseksi oli kehitettävä varmempitoimisia jatkuvaan valvontaan soveltuvia mittalaitteita, joita saatiinkin käyttöön 1960-luvun alussa.





*Kuva 2: Säteilyn kenttälaboratorio vuodelta 1962 (Kuva: SA-kuva, Sotamuseo).*

Vuoden 1961 aikana oli kaikki lennonvarmistusasemat varustettu tarkastusmittari m/58:lla suojelevalvonnan tehostamiseksi. Syyskuussa 1961 verkostoa täydennettiin lisäksi kymmenellä Rajavartiolaitoksen asemalla Lapissa. Myös Ahvenanmaalle sijoitettiin yksi mittari. Syyskuun 1961 lopussa tehostettiin valvontaa siten, ”että maanpuolustusalueet perustivat yhteensä n 40 asemaa ja asettivat valmiiksi yhteensä n 12–18 partiota”. Viikon kokeiluharjoitus tuotti hyviä kokemuksia valvontaverkon toimivuudesta. Lopputulena oli, että ”katastroofitilanteessa puolustusvoimilla on mahdollisuuksia saada toimimaan tällä hetkellä n 200 havaintopaikkaa”.

Huhtikuussa 1962 päämajamestari esitteli Yleisesikunnan päällikölle toimenpiteet säteilynvalvonnan tehostamiseksi ”vastaamaan nykyhetken vaatimuksia sekä valvontaa suorittavien henkilöiden perehdyttämiseksi uusiin laitteisiin ja niiden käyttöön”. Pääesikunnan suojeletoimisto järjesti esittelyn mukaiset neuvottelutilaisuudet huhtitoukokuussa, joihin komennettiin 20 henkilöä ilmavoimien tutka-asemilta, 12 henkilöä varuskunnista sekä 22 henkilöä Rajavartiolaitoksesta. Koulutustilaisuudet pidettiin Ivalossa, Kajaanissa, Rovaniemellä, Onttolassa, Lappeenrannassa, Helsingissä ja Vaasassa. Kustannukset maksoi Pääesikunnan sotatalousosasto.

Pääesikunta julkaisi 28.4.1962 käskyn ”säteilyvalvonta rauhan aikana”, jossa käskettiin perustaa lukuisia säteilynvalvonta-asemia esikuntiin, joukko-osastoihin ja laitoksiin. Käskyn mukaisesti ”nämä asemat muodostavat säteilynvalvonnan rungon”. Säteilynvalvonta-asemille määrättiin johtajat kantahenkilökunnasta sekä varamiehet. ”Viestiliikenteessä säteilynvalvontaviesti rinnastetaan ilma-valvontaviesteihin” ja ne välitettiin viestikeskusten kautta.

Ilmavoimat perusti säteilyvalvonta-asetat seuraaville paikkakunnille:

Aitolahti, Helsinki, Hyvinkää, Hämeenlinna, Kaamanen, Kajaani, Kauhava, Kuopio, Lieto, Mikkeli, Paavola, Pori, Raippaluoto, Rovaniemi, Sääminki, Sodankylä, Taivalkoski, Tenhola, Uurainen, Valkeala.

Varuskunnat perustivat asemat seuraavasti:

Haapajärvi, Kokkola, Korppoo, Lappeenranta, Oulu, Porkkala, Rankki, Rauma, Russarö, Utö, Uusikaupunki ja Öro (Haapajärven osalta perustaminen käskettiin erikseen).

Rajavartiolaitos:

Ainijärvi, Boistö, Glasholm, Harppu, Ilomantsi, Ivalo, Kuhmo, Gummelgrund, Kuusamo, Kelloseleä, Lieksa, Maarianhamina, Muonio, Nuotioranta, Onttola, Simpele, Siilastupa, Tohmajärvi, Utsjoki, Uukuniemi, Ylämaa ja Ämmänsaari.

Yhteensä perustettiin 54 säteilyvalvonta-asemaa. Hämeenlinnan asema perustettiin lopulta Asevarikko 5:n yhteyteen, eikä ilmavoimien vastuulle. Maarianhaminan asema siirrettiin vuoden 1966 alussa Säggölle Maarianhaminasta.

Pääesikunta julkaisi salaiseksi luokitellun ohjeen säteilyvalvonnan toteuttamisesta osana 28.4.1962 annettua käskyä. ”Valvontaan käytetään säteilyvalvontamittaria m/61 ja/tai säteilyntarkastusmittaria m/58.” Varmennusmittausjärjestely käskettiin, ja päivittäiset tulokset oli raportoitava kuukausittain kirjallisesti Pääesikunnan suojelutoimistoon. ”Mikäli varmasti on todettu säteilyn voimakkuuden olevan yli 1 mr/h tehdään tästä välitön ilmoitus suoraan Viestikeskus 3:een. Ilmoitus tehdään hätäpuheluna kuten ilmalavontaviestityksestä on määrätty.”

Toukokuussa 1962 Pääesikunnan suojelutoimisto teki yhteenvedon suojelumateriaalisuunnitelmaksi tulevalle suunnittelukaudelle. Suunnitelmassa hankinnat jaettiin kolmeen kiireellisyysluokkaan, joista muodostui suunnitelman kokonaiskustannus 4018,18 Mmk [vuoden 2014 rahassa noin 88 M€]. Ensimmäisen kiireellisyysluokan hankintoihin kuului muun muassa suojelutiedustelulaukku I ja II, joita kunnostettiin Teknillisellä varikolla. Ilmaisulaukun (slutied-laukku II) ”kemikaaleja on jossain määrin voitu hankkia, mm on aloitettu omatekoisin laittein kaasunilmaisussa tarvittavien lasiampullien valmistus”. Säteilyn kenttälaboratorioiden lisähankinta kuului ensimmäiseen kiireellisyysluokkaan samoin kuin säteilyannosmittarit, joita puuttui sodan ajan tarpeesta 27 000 kappaletta. Lisäksi ensimmäiseen kiireysluokkaan kuuluivat annosmittarin varaajat (puute 2000 kpl), säteilyn tiedustelumittarit (m/61 puute 800 kpl), säteilyn tarkastusmittarit (puute 1174 kpl) ja uuden suojaanamarin m/61 hankinta (puute 160 000 kpl).

”Suojelumateriaalisuunnitelman ulkopuolella jouduttiin nykytilanteesta johtuen kehittämään ns säteilyvalvontamittari m/61 puolustusvoimain runkoverkon mittariksi”. Merkillepantavaa oli tuolloin hyvä ”yhteistoiminta suojeluvälineiden kehittämisessä SisM:n vss-asiainosaston ja Väestönsuojeluasiain neuvottelukunnan välinejaoksen kanssa”, mitkä olivat mahdollistaneet viranomaisten yhteishankintoja ja huomattavia säästöjä hankintojen toteutuksessa.



Tuohon aikaan Helsingin yliopiston Seismologian laitos kykeni havainnoimaan kaikki Neuvostoliitossa Novaja Zemljan alueella tapahtuneet ydinräjähdykset ja jopa Nevadassa toteutetun ydinräjähdyskokeen, jonne etäisyys oli 8 600 km. Myös tavallisia räjähdyskokeita kyettiin havaitsemaan analysoimalla tärähdyksiä. Seismologian laitos sai USA:sta lahjoituksena standardiseismografikoneistoja, jotka soveltuivat maanjäristysten tutkimiseen ”mutta myös ydinräjähdysten paikantamiseen ja räjähdysvoimakkuuden määrittämiseen”. Kalustot sijoitettiin Nurmijärvelle geofysikaaliseen observatorioon ja Kevon Lapin tutkimusasemalle. Seismologian laitos oli myös ostanut vastaavia koneistoja, jotka oli määrä sijoittaa Sodankylään ja Kajaaniin. ”Sodankylän kasarmialueella oleviin tunnettiloihin valmistuu lähiaikoina rekisteröintihuone, joten sijoittaminen Sodankylään on mahdollista”. Pääesikunnan suojelutoimisto esitti, että vastaava tila osoitettaisiin käyttöön myös Kajaanin kasarmialueen luolatiloista.

Lokakuussa 1962 Kanavuoreen suunniteltiin rakennettavaa suojelukeskusvarikkoa ja säteilyvalvontakeskusta. Säteilyvalvontakeskukseen oli suunniteltu tiloja yhteensä 310 neliötä, sisältäen muun muassa toimiston, johtohuoneen, tasohuoneen, viestitys- ja keskushuoneen, sääpalveluhuoneen, seismisen kaukorekisteröintihuoneen, yhteysupseerien huoneita kolme, säteilyn valvontahuoneen sekä radioaktiivisen ja kemian laboratoriot. Suunnitelmaa jouduttiin supistamaan vuoden 1963 aikana, ja toteuttamaan yllä kuvatut tilat vain ”varauksena”, mikä merkitsi normaalioloissa niiden käyttöä varasto- ja toimistotiloina.

### Kokeilutoimintaa

Seismisten tutkimusten tärkein sotilaallinen sovellus lienee tuolloin ollut ydinräjähdysten paikantaminen. Helsingin Yliopiston Seismologian laitos oli kehittänyt menetelmät paikantamisen toteuttamiseen. Seismografiasemat paikansivat vuosina 1957–1959 useita ydinräjähdyskokeita. Säteilyvalvontaverkostoon kuuluvat seismografiasemat ”ovat voineet paikantaa erittäin suuren määrän räjähdyskokeita”. ”Räjähdysten voimakkuudesta sen sijaan on voitu tehdä varsin vähän johtopäätöksiä”, todettiin Pääesikunnan raportissa vuonna 1961. Tilanteeseen haettiin parannusta toteuttamalla vertailevia räjähdystutkimuksia. Kokeilutoimintaa räjähdysten voimakkuuden määrittämiseksi tehtiin heinäkuussa 1961 maalla ja merellä, käytetyt panokset olivat 40 - 1200 kiloa. Kokeiluun osallistuivat seismografiasemat Helsinki, Nurmijärvi, Sodankylä, Kajaani, Joensuu ja Hanko. Pääesikunnan suojelutoimisto oli yhteistoiminnassa Helsingin Seismologian aseman kanssa sekä Helsingin Yliopiston Seismologian laitoksen kanssa. Laitoksen vuosi- ja kuukausiraportit toimitettiin Pääesikunnan suojelutoimistoon ”kahtena kappaleena, joista toinen lähetetään edelleen upseerin tuomana PE:n operatiiviseen osastoon”. Kiireellisissä tapauksissa tiedonvälitykseen käytettiin puhelinta.

Lokakuussa 1962 pidettiin kokous tutkimuslaitoksella henkilökohtaisen dosimetrin tarpeesta ulkoisen säteilyn mittaamiseen. Esillä olleet vaihtoehtoiset välineet olivat filmi, lasi ja kynä. Välineiden käytettävyydessä oli eroja, sillä ”kynästä saadaan lukema ilman lukulaitetta välittömästi”. Everstiluutnantti Gunnar Öhmanin näkökanta oli, että ”sotilaille olisi annettava dosimetri jokaiselle, siviilissä riittäisi yksi perhettä kohden”. Yhteenveto kokouksesta totesi, että ”henkilökohtaista dosimetriä tarvitaan, niiden lukumäärä jää edelleen harkittavaksi, sopiva malli on pikaisesti selvitettävä”. Malli selvisi

jatkotutkimuksissa, sillä vuosikymmenen kuluttua käytössä oli filmidosimetri, jota pidettiin palveluspuvun vasemman rintataskun yläpuolella.

Vuoteen 1963 mennessä Vaisala Oy oli kehittänyt säteilyluotauksalustonsa niin pitkälle, että Pääesikunta katsoi, ”että yhden koemallin hankinta pitäisi suorittaa”. Hankinta toteutettiin helmikuussa 1963 ja laitteen kokeilutoiminta toteutettiin yhteistyössä Ilmatieteellisen Keskuslaitoksen kanssa. Samassa yhteydessä yritettiin ostaa USA:sta yksi automaattinen kaasunilmaisin (valmistaja Radio Corporation of America RCA), joka painoi 28 paunaa ja maksoi 3670 dollaria eli 11 750 mk. Toimitus suunniteltiin tavaranäytteenä diplomaattipostina. Aie ei onnistunut, sillä laitteen tuotanto päättyi ennen hankintaa, toimittaja vaihtui ja hinta kohosi 24 500 markkaan [Vuoden 2014 euroina hankintasumma oli 51 130 €]. Hankintaa pidettiin kuitenkin tärkeänä, sillä ”kun mallikapale on saatu maahan, antaa se myös perustaa kotimaiselle valmistukselle”.

Huomionarvoista oli, että ”säteilyvalvonnan yhteyteen pyritään liittämään myös taistelukaasujen ja biologisten taisteluaineiden valvonta”. USA:ssa oli otettu käyttöön ensimmäiset automaattiset taistelukaasujen ilmaisimet. Pääesikunnan väestönsuojien valmistuttua, olisi niihin sijoitettava valtakunnallinen johtoelin (johtohuone, tasohuone ja muut tarvittavat tilat). Tilojen tulisi olla jatkuvassa valmiudessa, kuten tilanne oli tuolloin Kaartin kasarmin vanhassa osassa, missä Pääesikunnan suojelutoimisto sijaitsi. Pyrkimys kokonaissuojeluvantaverkon (CBRN) luomiseen eli vahvasti koko 1960-luvun ajan mutta se ei edennyt toivotusti, vaikka BC-valvontaan tarvittavien laitteiden hankintaa esitettiin toistuvasti [SArk T25979/3 PE Slutsto omat toimitteet 1968-1970 D2 Sal].

Matinen (Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta) aloitteesta Pääesikunta käynnisti vuonna 1964 säteilynsuojelun tutkimusohjelman Teknillisen fysiikan laitoksen kanssa. Tarkoituksena oli tutkia muun muassa ydinräjähdyksessä syntyvän neutroni- ja gammasäteilyn vaikutusta tavallisimpiin maaperälaatuihin, panssarivaunu- ja aseteräksiin, räjähdysaineisiin ja nalleihin sekä suojavarusteisiin. Työ käynnistyi vuoden 1965 alussa. Toukokuussa tutkimuksissa oltiin jo niin pitkällä, että laboratorioon toimitettiin näytteet rynnäkkökivääreräksestä, sinkoteräksestä, tykkiteräksestä, ammusteräksestä sekä kiväärin luoti ja hylsy. Tulokset olivat käytössä loppuvuodesta 1965: mittalaitteet kestivät hyvin runsasta säteilyä, ja olivat käyttökelpoisia 24 tunnin kuluessa säteilytyksestä. Teräksiin syntyi ohimenevää verraten voimakasta aktiivisuutta, joka ei kuitenkaan estänyt niiden käyttöä.

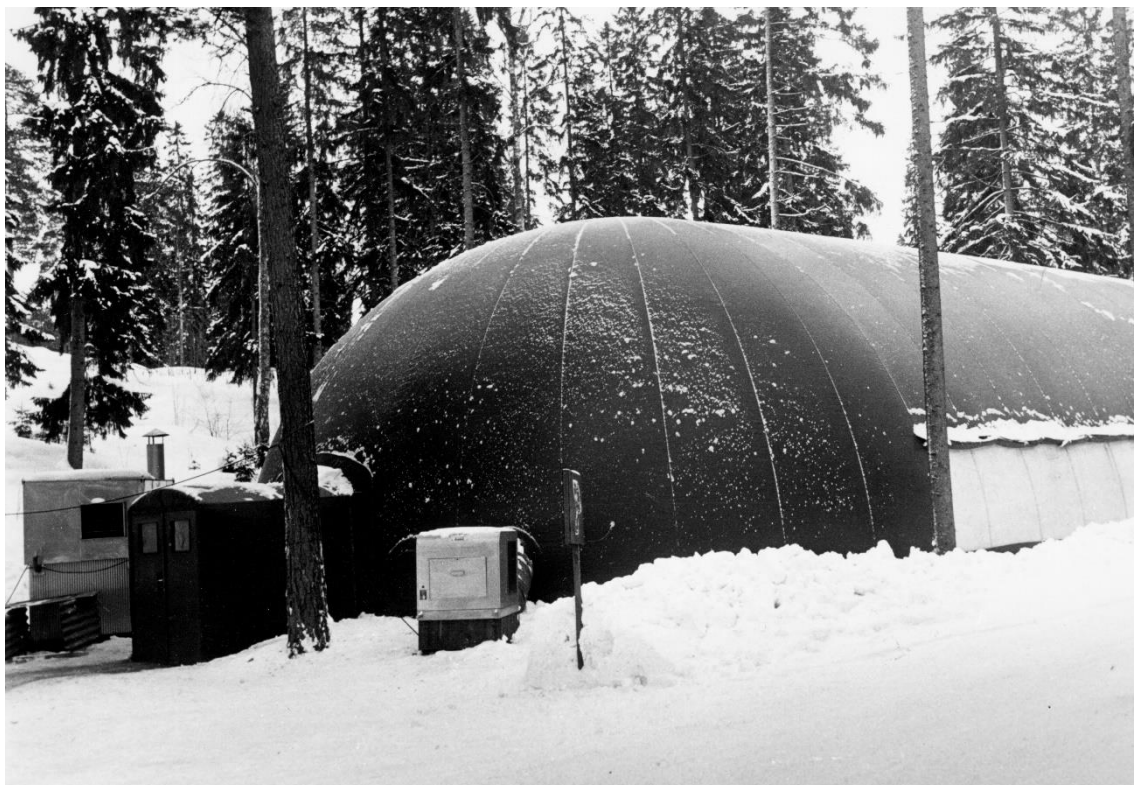
Matinen vuoden 1965 tutkimusohjelmaan esitettiin kolmea fysiikan alan tutkimusaihetta, jotka olivat neuvottelukunnan näkemyksen mukaan saman kokonaisprobleeman osaluoteita. ”Tämä pääprobleema liittyy reaktoriteknikkaan, joka tangeeraa ydinräjähdyskelpoisen materiaalin valmistumista.” Kyseessä oli siis ”strateginenkin ongelma, joka edellyttää puolustusvoimain ylimmän johdon informoimista”, todettiin esityksen perusteluissa. Esitettyihin tutkimusaiheisiin puolustuslaitos osallistui 20 000 mk [vuoden 2014 rahassa 36 000 €] panoksella [SArk T25979/2 PE Slutsto salainen kirjeenvaihto, omat toimitteet 1960-67, D1 sal].



*Kuva 4: DI Jaakko Meriö, tuntematon, teknikko Pentti Keinänen ja RDA-3 valvontamittari Puolustuslaitoksen tutkimuslaitoksella joulukuussa 1964 (Kuva: Pentti Keinänen kotialbumi).*

Vuoden 1965 aikana puolustuslaitos hankki Länsi-Saksasta ensimmäisen kollektiivisuoja eli ABC-suodattimilla varustetun paineilmateltan ”suurpuhdistus-asemaksi”, jonka koko oli 6,3 x 12,6 x 26 metriä. Suurpuhdistusasema nimettiin myöhemmin käyttöönoton yhteydessä paineilmateltaksi. Se oli erikoismuovikankaasta valmistettu ja jatkuvalla ilmapuhalluksella pystyssä pysyvä telta, nykykielellä sanottuna ylipaineistettu. Teltaa oli tarkoitus käyttää ydinräjähteiden tai kaasujen vaikutusalueelta sekä laskeuma-alueelta siirrettävien joukkojen puhdistus-, ensiapu- ja huoltoasemana. Samana vuonna Pääesikunnan väestönsuoja varustettiin monikanavaisella valvonta- ja mittauslaitteistolla, erittäin herkillä mittapöydällä varustettuna.

Vuonna 1965 Pääesikunnan suojelutoimisto tutki ”ydinräjähdysten alueellisesti ja ajallisesti laaja-alaisinta vaikutusta, laskeumaa” yhdessä Pääesikunnan tietokoneosaston kanssa luomalla laskeumaennusteita ja -malleja. Tavoitteena oli tietokoneohjelma, ”jolla pystytään laskemaan kaikki suojelutoimenpiteitä varten tarvittavat tiedot kaikkia maan eri osia varten usean ydinräjähdysten tapahtuessa maassamme tai sen lähialueilla”.



*Kuva 5: Paineilmatelta vuodelta 1965 käytössä jossakin päin Suomea talvella 1970  
(Kuva: SA-kuva, Sotamuseo).*

Vuonna 1966 Pääesikunnan suojelutoimisto pyrki tukemaan professori Jauhon tutkimusaloitetta, joka koski kriittisten systeemien tutkimusta reaktorilla. Perusteena oli ydinlatauksen vaarattomaksi tekeminen, minkä taustalla oli uhkakuva ydinaseita kuljettavan lentokoneen pakkolaskusta tai harhautuneesta ydinkärjellä varustetusta ohjuksesta. ”Lähellä kriittistä kokoa olevien ydinlatausten purkamisen onnistumisen edellytyksenä on, että maassa on tässä työssä tarvittavia tietoja nopeista kriittisistä systeemeistä”. Tutkimusohjelma oli varsin laaja ja kestoaltaan 2-3 vuotta. Tiedontarpeen taustalla oli myös ensimmäisen ydinreaktorin suunnittelutyön käynnistyminen Suomessa. Matine rahoitti myös tätä räjähtämättömien ydinaseiden käsittelyyn ja vaarattomaksi tekemiseen liittyvää tutkimusta Teknillisen korkeakoulun ja Pääesikunnan suojelutoimiston aloitteesta vuosikymmenen lopulla.

Vuonna 1968 käynnistettiin tutkimus ”valtakunnan alueelle mahdollisten onnettomuustapausten vuoksi joutuneiden räjähtämättömien ydinaseiden ja niiden aiheuttaman radioaktiivisen saasteen varalta”. Puolustuslaitoksen käytössä oli USA:ssa tehty ohje kyseisiin tapauksiin, ja se oli suomennettu. Asiaan liittyen alfa-aktiivisuuden mittauslaitteet oli tilattu.

#### Valvonnan tuloksia

Syyskuussa 1962 suomalaisten käsiin joutui Suomussalmen suunnalla ruotsalainen säteilymittaussondi, joka oli kiinnitetty ilmapalloon, jonka kantavuus oli 5-7 kg. Mittausyksikkö oli laitettu liikkeelle Kiirunasta, minne se palautettiin perusteellisten

tutkimusten jälkeen. Ilmeistä oli, ”että ruotsalaisella säteilysondilla saadaan radioaktiivisen kokonaissäteilyn lisäksi tietoja myös radioaktiivisen säteilyn laadusta ja alkuperästä”. Johtopäätös oli, että ruotsalaisilta ”pyydetään tietoja tuon mielenkiintoisen laitteen rakenteesta”. Tutkimuksissa oli mukana DI Jouko Veivo Pääesikunnan Suojelutoimistosta.

Kiina suoritti ensimmäisen ydinkoeräjäytyksen 16.10.1964 Sinkiangin maakunnassa, joka oli voimakkuudeltaan alle 20 kilotonnia. Räjähdyksen havainnoitiin myös Suomessa ja radioaktiivisen laskeuman saapuminen todettiin ensimmäisenä Jokioisen havaintoasemalla 24.10.1964 10–15 km korkeudella. Lokakuun lopulla mitattiin vähäistä radioaktiivisuuden nousua myös maanpinnalla. USA:ssa oli tehty tutkimus vuonna 1962, jonka mukaan ”radioaktiiviset laskeumat ovat 10 kertaa niin tuhoisat kuin välittömät ydinräjähdysvaikutukset”. Yksi johtopäätös tutkimustuloksista oli, että ”säteilyntiedustelua helikoptereilla pidetään suurvalloissa hyvin suositeltavana”.

Vuodenvaihteessa 1962/63 neuvostoliittolainen säteilyluotain ajautui Suomeen ja sitä tutkittiin huolellisesti. Tutkimusten johtopäätöksenä oli, että ”se on rakenteeltaan meikäläistä muistuttava ja hieman herkempi mittauskyvyltään”.

Yhdysvallat räjäytti tutkimussatelliitin 40–60 km korkeudessa huhtikuussa 1964 ja sen sisältämän alfa-aktiivisen plutonium 238:n leviämistä Suomen ilmakehään tutkittiin yhteistyössä Radiokemian laitoksen kanssa. Saasteen odotettiin saapuvan Suomen ilmakehään seuraavan vuoden alkupuolella. Saasteesta ei ollut vaaraa väestölle, mutta se mahdollisti näytteenottojärjestelmän testaamisen. Helmikuussa 1965 Suomessa vieraili USA:n kemiallisten joukkojen edustajia tutustumassa muun muassa Helsingin Yliopiston Radiokemian laitokseen, Pääesikuntaan ja Puolustuslaitoksen Tutkimuskeskukseen. Vierailun isäntänä toimi professori Pekka Jauho.

Vuoden 1966 joulukuun laskeumatilanne maassamme oli poikkeuksellinen. Epätavallisen voimakas beeta-aktiivisuus, 50–100 kertainen normaaliin verrattuna, antoi aiheita monenlaisiin toimenpiteisiin. Käytössä ollutta valvontakapasiteettia keskitettiin itärajalle ja säteilytilanteen kehitystä seurattiin säteilylaboratorioajoneuvolla ja kenttäpartioilla [Teknikkokapteeni evp Pentti Keinänen haastattelu]. Valtionjohto pidettiin ajan tasalla tilanteen kehittymisestä ja mittaustoimintaa jatkettiin kevääseen asti. Saaste oli peräisin Neuvostoliiton 18.12.1966 tekemästä maanalaisesta ydinkokeesta, josta ilmakehään pääsi kaasuvuoto.

## **6. Suojelun turvallisuuspoliittinen ulottuvuus**

Suojelualan muutos kaasusuojelusta erikoissuojelun kautta suojeluksi on monella tapaa sodanjälkeistä puolustuslaitosta kuvaava prosessi. Sotaa seurannut väliaikainen tila ja toimintojen alasajaminen pysähtyi 1950-luvulle tultaessa, ja puolustusvoimat alkoi etsiä perusteita toimintojensa kaikinpuoliselle kehittämiselle.

Tässä tilanteessa tarvittiin luonnollisesti uhkakuvan ajantasaistaminen, poliittinen perustelu toiminnalle sekä yhteiskunnallinen yhteisymmärrys kehittämisen tarpeesta. Välineinä käytettiin puolustusneuvostoa, totaalisen maanpuolustuksen kursseja, Henkisen maanpuolustuksen suunnittelukuntaa, väestönsuojelutiedotuksen lisäämistä sekä YYA-sopimusta.



Erityisesti ydinasesuojeluun perehtyminen nähtiin puolustuslaitoksessa hyödylliseksi, kun uskottavuutta ja nykyaikaisuutta haluttiin korostaa. Kun ydinaseeseen liitettyä erikoissuojelua ja väestönsuojelua markkinoitiin yleisölle, eli poliittisille päättäjille ja kansalaisille, syntyi oppi totaalisesta maanpuolustuksesta. Totaalinen maanpuolustus oli vastaus niihin moninaisiin uhkakuviin, joita nykyaikainen sodankäynti oli synnyttänyt. Ideologioiden sota synnytti henkisen sodankäynnin, ydinaseen kehitys vaati erikoissuojelun korostamista ja loppujen lopuksi palattiin aina maamme puolustajaa suosivaan maastoon ja olosuhteisiin.

Suojelualan kysymyksistä muodostuikin puolustuslaitokselle eräänlainen sudenkuoppa, sillä ydinsotaan varautuminen ja aktiivisesti suoritettu tiedottaminen synnyttivät ydinaseiden kehityksen myötä 1960-luvun alussa äänekkään opposition. Kun 1950-luku oli ollut asiantuntijoiden aikaa ydinasekysymyksissä, niin 1960-luvulle tultaessa kadunmiesten ilmaisi mielipiteensä asiasta. Eikä se mielipide ollut aina sama kuin puolustushallinnon markkinoima. Nouseva, pieni mutta kovaääninen, rauhanliike esitti armeijalle mielenkiintoisen kysymyksen, kuinka Suomi aikoi pärjätä ydinasesodassa. Ratkaisuksi rauhanliike tarjosi aseista ja kaikista väestönsuojelutoimenpiteistä luopumista, koska ydinasesodassa ei olisi voittajia eikä voitettavaa. Kun presidentti Kekkonen myötäili rauhanliikkeen teesejä kirjoittamalla liikettä ymmärtäviä puheita, oli puolustuslaitoksella edessään uusia haasteita. Kekkonen vähättelevät lausunnot Suomen puolustusvoimien merkityksestä vuosina 1959–1960 kumpusivat osin sotilasjohdon epärealistisista uhkakuviista [Rautkallio, 1991, s. 369 ja kenraali Aimo Pajunen, HS 19.12.1994]. Puolustusvoimille tuli kiire uusia ydinasedoktriininsa, jotta passiivisuus tai jopa maanpuolustuskielteisyys eivät leviäisi. Silti passiivisuus tai avoin maanpuolustuskielteisyys eivät olleet varsinaisia syitä vaan seurauksia taustalla vaikuttavasta suuresta kysymyksestä - uskottavuudesta. Suhtautuminen ydinaseisiin muodostui 1960-luvun kuluessa puolustusvoimille uskottavuuskysymykseksi, joka taas liittyi kiinteästi kehittämisyrintöjen varmistamiseen.

Yhtenä edellytyksenä puolustuslaitoksen toiminnan saattamiselle kestäväälle perustalle nähtiin puolustusneuvoston aikaansaaminen, joka 1930-luvun tapaan olisi arvovaltainen ja poliittisesti edustava elin. Puolustuslaitoksen ylimmän johdon suuri projekti 1950-luvulla olikin puolustusneuvoston perustamiseen tähdännyt vuoropuhelu valtiovallan kanssa. Puolustusneuvoston perustamisella tulikin olemaan tärkeä merkitys kehittämistyölle ja puolustuslaitoksen uudelleen integroitumiselle yhteiskuntaan. Käsitellessään totaalisen maanpuolustuksen kysymyksiä puolustusneuvosto loi suuntaviivoja niin uhkakuviin kehittämiseksi kuin materiaalisille valmisteluille.

Puolustusrevisio oli omassa mietinnössään jo vuonna 1949 ehdottanut puolustusneuvoston perustamista käsittelemään ja ohjaamaan puolustusvoimien asioita valtiolisella tasolla. Puolustusvoimien kantana oli, että puolustusneuvoston sotilasjäsenillä tulisi olla äänioikeus. Tällä varmistettaisiin, että puolustusvoimat pysyisi "varsinaisen puoluepolitiikan ulko- ja yläpuolella siten, että sotilasjohdolla on ratkaisovalta ja vastuu puhtaissa sotilasammattiasioissa". Näin puolustuslaitos asettui koko arvovallallaan niin puolustusneuvosto- kuin väestönsuojelukysymyksessäänkin sotiiallisesti perustellun ratkaisuehdotuksen kannalle. Ajankohta sotiiallisten näkökulmien korostamiselle ei kuitenkaan ollut otollinen, sillä kummassakin tapauksessa puolustuslaitoksen kanta oli nopeuttamassa käsiteltävien asioiden toteuttamatta jäämistä.

Kädenvääntö puolustusneuvoston kokoonpanosta pitkitti asetuksen valmiiksi saattamista vuoden 1957 kevääseen. Asetus puolustusneuvostosta oli kompromissi - sotilasjäsenet saivat äänioikeuden mutta valtasuhteet olivat poliittisten edustajien hyväksi. Puolustuslaitokselle puolustusneuvoston perustaminen oli kuitenkin tärkeä virstanpylväs, jonka uskottiin vauhdittavan kehittämisspyrintöjä. Erityisen tärkeäksi välineeksi puolustusneuvosto tuli totaalisen maanpuolustuksen perusorganisaation luomistyössä. Puolustusneuvoston työn tuloksina syntyivät väestönsuojeluasetus vuonna 1959, laki puolustus-taloudellisesta suunnittelukunnasta vuonna 1960, maanpuolustuksen tieteellisen neuvot-telukunnan asettaminen vuonna 1961 sekä asetus henkisen maanpuolustuksen suunnitte-lukunnasta vuonna 1962.

Kenraaliluutnantti Viljasen johtaman työryhmän, Säteilyvalvontatoimikunnan, mietintö valmistui vuoden 1965 aikana. Sen keskeisiä suosituksia oli valtakunnallisen säteilyvalvontakeskuksen perustaminen, mikä oli esillä myös puolustusneuvostossa. Säteilyvalvontatoimikunnan mietintö ohjasi puolustuslaitoksen valmistautumista ja säteilyvalvontaverkon kehittämistä merkittävällä tavalla ja pitkäjänteisesti. Puolus-tuslaitoksen tehtävät valtakunnan säteilyvalvonnassa oli tarkasti määritelty Ilmaohje-säännössä ja Viljasen komitean mietinnössä, jonka mukaisesti puolustuslaitoksen raken-tama valvontaverkosto muodosti kriisiajan säteilyvalvonnan rungon. Komiteamietinnön asettamana tavoitteena oli, että säteilyvalvonnan runkoverkoston muodostaisi 350 puolustuslaitoksen ylläpitämää säteilyvalvonta-asemaa. ”Valtakunnan ilmatilaa sekä ylemmissä ilmakerroksissa että lähellä maanpintaa on jatkuvasti valvottava”, sillä ”säteilyvalvontaverkoston rakentaminen on puolueettomuuden suojaamisen kannalta ensiarvoinen tehtävä”. Laivaston valvontamittarit palvelivat merellä tapahtuvaa valvontaa ja säteilyluotausasemia sondeineen tarvittiin 2-25 kilometrin korkeudessa liikkuvien saastepilvien toteamiseen jo rauhana aikana. Liikkuvia säteilykenttä-laboratorioita käytettiin nopeisiin laskeuma-aineiden analyysihin, ja mittaamaan radio-aktiivisen vaaran suuruutta sekä arvioitua kestoaa.

Säteilysuojausasiain neuvottelukunta organisointiin uudelleen vuonna 1967 ja sen piiriin muodostettiin erityinen valvontajaos, joka jatkoi valtakunnallisen säteilyvalvonta-järjestelmän kehittämistä kenraali Viljasen toimikunnan mietinnön pohjalta. Valvonta-jaoksen jäsenenä toimi Pääesikunnan suojelupäällikkö eversti Gunnar Öhman.

Näillä toimenpiteillä, unohtamatta tietenkään hankintojen hyväksi tehtyä työtä, luotiin pohja 1960-luvun kehittyville puolustusvoimille ja totaalisen maanpuolustuksen periaat-teiden yleiselle hyväksymiselle. Toisaalta suunnittelukuntien ja toimikuntien tehtävänä oli integroida puolustuslaitos tiukemmin yhteiskuntaan ja poliittiseen valvontaan, mikä ainakin presidentti Kekkonen mielestä epäonnistui jossain määrin [Suomi, 1994, s. 56-61 ja 81-85].

## **7. Uhkakuvan kehittyminen**

Puolustuslaitoksen kaasusuojelutoimintaa johtavien upseerien pitäytyminen perinteisessä taistelukaasuihin liittyvässä uhkakuvassa toisen maailmansodan jälkeen merkitsi suojelualan ajautumista sivuraiteelle. Vuodesta 1949 lähtien esiintyi yrityksiä laajentaa uhkakuvaa myös ydinasesuojelun suuntaan. Esitykset eivät kuitenkaan johtaneet tulok-siin, sillä aselajin kehittämiseen ei ollut reaalaisia mahdollisuuksia. Kuten presidentti Paasikivi asian esitti, oli puolustuslaitos "väliaikaisessa tilassa" vielä 1950-luvun alku-

puolella, eikä mitään uusia puolustuksen tai väestönsuojelun kehittämiseen liittyviä hankkeita ollut mahdollista toteuttaa. Tilanne muuttui kuitenkin vuoteen 1955 mennessä, jolloin puolustuslaitoksen tilasta oltiin valtiojohdossa huolestuneita ja äänenpainot kehittämisen puolesta vahvistuivat [Paasikiven päiväkirjat osa II, s. 467-469 ja Penttilä, 1988, joka ajoittaa muutoksen vuoteen 1954].

Neuvostoliiton nouseminen ydinasevaltioksi syksyllä 1949 oli välittömänä syynä atomiasetta koskevan tietouden lisääntymiseen myös Suomessa. Se sama kiire, millä Yhdysvalloissa ja Länsi-Euroopassa levitettiin tietoutta ydinaseesta, heijastui myös Suomeen. Ensimmäiset sotatieteelliset artikkelit atomiasesta ja sen otaksutuista vaikutuksista ilmestyivät samana vuonna ja puolustuslaitoksen piirissä herätettiin keskustelua uhkaan varautumisesta. Väestönsuojelutoimenpiteiden kartoitus ja aloittaminen sotilasviranomaisten johdolla kertovat myös uhkakuvan tiedostamisesta, vaikka valtiojohto lopettikin kyseiset valmistelut sisäpoliittisen kohun takia jo seuraavana vuonna.

Näitä 1940-luvun lopun ja 1950-luvun alkupuolen valmisteluja ei kuitenkaan voi pitää erityisesti ydinaseuhan laukaisemina toimintoina vaan taustalla oli yleinen valmistautuminen poikkeusoloihin sekä puolustuslaitoksen halu normalisoida toimintaansa muun muassa liikekannallepanovalmisteluja suorittamalla. Ydinaseuhan merkityksen kasvanut tiedostaminen asiantuntijapiireissä ei pysähtynyt valtiojohton nuivaan suhtautumiseen vaan jatkui muun muassa Sotakorkeakoulussa tehdyissä diplomitöissä, joissa käsiteltiin totaalisen sodan vaikutuksia.

Kun valtiovallan suhtautuminen puolustuskysymyksiin muuttui vähitellen myönteisemmäksi, aloitettiin puolustuslaitoksessa kiireinen tiedonhankinta ja ajantasaistaminen. Yksi keskeisimmistä uusista alueista oli juuri ydinaseisiin ja niiltä suojautumiseen liittyvät kysymykset, jotka jo tuolloin nähtiin puolustuskyvyn uskottavuuden kannalta keskeisiksi. Tästä on osoituksena myös Puolustusvoimien tieteellisen työn tutkimuskohteita selvittänyt toimikunta, joka antoi mietintönsä huhtikuussa 1952. Tuossa mietinnössä käsiteltiin atomiaseseen liittyviä tiedonhankinta-kysymyksiä hyvin laajasti [SArk T 18055/97, Pl:n Tutkimuskeskuksen kokeilu- ja opetusosasto OT-sal 1951-52].

1950-luvun alussa perustettiin Pääesikuntaan erityinen turmantorjunta toimikunta, jonka tehtävä on ollut samantyyppinen kuin lukuisten väestönsuojelua pohtineiden toimikuntien. Turmantorjunta toimikunnan tehtävänanto käsitteli luonnollisesti sotilassuojelua, termiä ei tosin vielä tuolloin käytetty. Toimikunnan tehtäviin kuului myös sodan ajan kaasusuojelualan henkilöstön ja materiaalin määrävahvuuksien suunnittelu ja ratkaisuesitysten teko. Toimikunnan puheenjohtajana toimi insinöörieverstiluutnantti A. Havulinna ja sihteerinä everstiluutnantti Tyko Karstila. Toimikunta raportoi työnsä tuloksista Pääesikunnan operatiiviselle osastolle [SArk T 18055/94, PvPE Kaasusuojelu-toimisto, salaiset 1948-1952].

Maaliskuussa 1951 turmantorjunta toimikunta lähetti mietintönsä operatiiviselle osastolle. Mietinnössä turma-aseiksi oli määritelty:

- a. taistelukaasut, atomiase ja radioaktiiviset aineet
- b. biologiset turma-aineet
- c. muut mahdolliset turma-aseet, kuten polttoaseet, myrkkysavut ym.

Toimikunta totesi päättäväisesti, että "mainittujen turma-aseiden tuho vaikutusta vastaan on kyettävä suojautumaan". Suojeluorganisaatio ja koulutusjärjestelmä olisi luotava jo

rauhan aikana ja sitä olisi jatkuvasti kehitettävä ajan vaatimusten mukaan. Sodan ajan prikaatiin olisi saatava suojeleorganisaatio, prikaatin esikuntaan suojele-upseeri (sijoitettuna operatiiviseen toimistoon) ja pataljoonan komentojoukkueeseen erillisryhmä aseiden puhdistusta varten. Toimikunnalla oli kuitenkin osuutta myös kaasusuojeleualalla tehtyihin ratkaisuihin, joilla supistettiin muun muassa kaasusuojeleualan materiaalin sodan ajan määrävahvuuksia [SArk T 18055/97, Pl:n Tutkimuskeskuksen kokeilu- ja opetus-osasto OT-sal 1951-52].

Turmantorjunta toimikunnan nimikin korostaa uutta tilannetta, jonka edessä puolustusvoimissa oltiin. Uusi joukkotuhoase, atomiase, tiedettiin tuhoisaksi, mutta sen tuho vaikutuksesta ei oltu täysin perillä, kuten ei suojautumismahdollisuustakaan. Terminä turma viittaakin konkreettiseen tuhon uhkaan, joka näin armeijan piirissä tiedostettiin. Jo vuonna 1951 Karstila käytti turmantorjunnan rinnalla termiä "suojeletoiminta" ja turma-aseen rinnalla "joukkotuhoasetta". Kyse lienee kuitenkin ollut termistön kokeilusta, koska ne eivät vielä tuolloin juurtuneet käyttöön. Vielä vuonna 1960 julkaistussa sotatieteellisessä artikkelissa joukkotuhoase-termi oli suluissa ja lainausmerkeissä [Tiede ja Ase, 1960, s. 132]. Turmantorjunta toimikunnasta tuli monivuotinen toimielin, jota täydennettiin tarpeen mukaan. Ohjesäännöissä turmantorjunta eli terminä vain vuoteen 1954, jolloin Kenttäohjesääntö I otti käyttöön termin erikoissuojele. Termi CBR-aseet oli esillä ensimmäisen kerran vuonna 1960 yhdysvaltalaisen artikkelin suomennoksessa [SArk T 25979/2, PE slutsto salainen kirjeenvaihto, omat toimitteet 1960-67, D1 sal].

Mielenkiinnon suuntautumisen osoituksena on pidettävä useiden upseerien perehdyttämistä suojelekysymyksiin Ruotsin "Armens Skyddskola":ssa peräkkäisinä vuosina vuodesta 1956 alkaen. Näiden viisiviikkoisten kurssien välittömänä tuloksena oli suomalaisen ydinasedoktriinin syntyminen, taktiikan ja sen opetuksen kehittäminen sekä lukuisia ydinaseisiin liittyviä diplomitoita. On merkillepantavaa, että useat ydinasekysymyksiin perehtyneet upseerit päätyivät urallaan varsin huomattaviin aseisiin. Näistä upseereista, jotka olivat kehittämässä suomalaista ydinasedoktriinia, kenraalit Keinonen, Leinonen ja Valtanen päätyivät puolustusvoimain komentajiksi, kenraali Aimo Pajunen puolustusministeriön kansliapäälliköksi sekä kenraaliluutnantti Otto Ylirisku rajavartiolaitoksen päälliköksi. Tätä taustaa vasten on nähtävissä, että nykyaikaiseen suojeleluun ja sen uhkakuviin perehtymistä arvostettiin nimityksiä valmisteltaessa. Kaikki kenraalitason nimitykset käsiteltiin valtioneuvoston istunnoissa, joten kenraaliylenyksillä oli poliittinen sidos.

1950-luvun puolenvälin jälkeen puolustuslaitoksella voi sanoa olleen ajanmukainen uhkakuva, jossa huomioitiin ydinaseen aiheuttamat muutokset niin taktiikassa kuin myös joukkojen varustamisessa ja kouluttamisessa [Asiasta on myös vastakkaisia näkemyksiä, muun muassa Penttilä, 1988, s. 112-113. Visuri, 1994, s. 147, tosin pitää myös ydinasevaltioiden taktiikkaa haparoivana ja epämääräisenä tuohon aikaan.]. Muutokset alkoivat yleisesikuntaupseerien koulutuksesta ja siirtyivät sitä kautta kentälle - joukkojen koulutukseen. Näitä koulutuksessa ja varustuksessa tapahtuneita muutoksia ei kuitenkaan ole syytä liioitella - alkuun uudelleen aloitettu suojelekoulutus oli kaasunaamarin käytön opettelua ja diakuvien katselua. 1950-luvun puolivälissä alkoi myös väestönsuojelejärjestön toiminta aktivoitua, valistusta ja koulutusta aloitettiin tunnustellen. Kun sotilasviranomaiset olivat luoneet ydinaseuhan vaatimat uudet uhkakuvat ja käynnistäneet niiden pohjalta toimenpiteet, niin väestönsuojelejärjestö seurasi perässä.

Neuvostoliiton pitkäaikaisen johtajan, Josef Stalinin kuolema maaliskuussa 1953 vaikutti epäsuorasti myös meikäläiseen väestönsuojelutyöhön ja -valmisteluihin. Jo syyskuussa 1953 kenraalimajuri Nikolai A. Talenski julkaisi sotatieteellisen artikkelin, josta Penttilä katsoo keskustelun vapautumisen alkaneen [Penttilä, 1988, s. 94]. Alkuun keskustelua ydinaseista käytiin tosin sotilaiden eli asiantuntijoiden omilla foorumeilla. Kun Malenkov julisti vuonna 1954, että uusi sota merkitsisi sivilisaation päättymistä, oli se jo liikaa perinteistä sodankäyntiä arvostaville neuvostokenraaleille. Malenkov erosi helmikuussa 1955, mutta keskustelu ydinaseiden merkityksestä synnytti kaksi leiriä puna-armeijan sisälle ja viivytti ydinasedoktriinin uusimista. Ydinaseiden ja niiden kuljetusvälineiden kehittämistyötä ristiriita ei häirinnyt, sillä Neuvostoliitto kehitti rintamakäyttöön tarkoitettut SS-1 ja SS-2 ydinohjukset 1950-luvun alussa sekä pidemmän kantaman SS-3 ydinohjuksen 1950-luvun puolivälissä. Mannerten väliset pommituskoneet MYA-4 ja TU-95 otettiin käyttöön 1950-luvun puolivälissä ja vuonna 1957 testattiin ensimmäiset mannertenväliset ohjukset.

Suomi hankki sotamateriaalia Neuvostoliitosta ja sai samalla ensikäden tietoa sikäläisistä suojelujärjestelyistä ja -välineistä. Esimerkiksi BTR-60 tiedustelupanssarivaunuissa oli kiinteä säteilyntiedustelumittari ja suojelujärjestelmä, ”jolla vaunun sisätilat tarvittaessa saadaan eristettyä ulkoilmasta, ilman sisääntulo tapahtumaan suodattimen kautta ja vaunun sisälle vallitsemaan ylipaine”. Lisäksi vaunussa oli kaasuntiedustelulaukku. T-55 panssarivaunussa oli vielä pidemmälle kehittynyt suojelujärjestelmä, joka toimi automaattisesti säteilynvoimakkuusdetektorin ohjaamana. Henkilöstön esipuhdistamiseen oli välineet. ”Kalustosta voitiin päätellä, että Neuvostoliiton panssarivoimien toimintakyky radioaktiivisen saasteen alueella on erittäin suuri”, ”panssarivaunut pystyvät liikkumaan saastealueilla, joissa esimerkiksi tavallisessa poterossa oleva mies ei korkean säteilynvoimakkuuden vuoksi pysty oleskelemaan”, ”Neuvostoliitossa pyritään säteilyntiedustelua muiden suurvaltojen tavoin suorittamaan panssarivaunuilla, koska niiden nopeus, esteiden ylityskyky ja säteilyn suojaamiskyky ovat suuria”.

Suomalainen ydinasedoktriini syntyi käytännön läheisistä lähtökohdista. Mallina oli tuolloin yleisesti tunnustettu ajatus ydinaseiden käytön suuresta todennäköisyydestä seuraavassa sodassa. Tätä mallia, jossa valmistauduttiin myös sodan henkisten järkytysten kestämiseen, sovellettiin muun muassa Ruotsissa, josta ydinasetietoutta alkuun hankittiin. Suomalaiset sotilasviranomaiset valmistautuivat ydinaseiden käyttöön, joskaan eivät uskoneet niiden laajamittaiseen ja onnistuneeseen käyttöön meikäläisissä olosuhteissa. Maaston ja asutuksen sirpaleisuudesta otaksuttiin Suomelle olevan suurta hyötyä, kuten oli opetettu jo talvisodan edellä. Ydinaseuhan tiedostamisen ja suojautumismahdollisuuksien korostamisen lopputuloksena oli suomalainen malli ”totaalisesta maanpuolustuksesta”, joka kaikki yhteiskunnan osa-alueet huomioimalla rakensi kuvaa Suomen puolustusvoimien mahdollisuuksista selviytyä seuraavasta sodasta. Ne tutkijat, jotka pitävät suomalaisten kehittämää ydinasedoktriinia epärealistisena ja naivina, eivät ota huomioon myös suurvalloissa vallinnutta epä tietoisuutta ydinaseen lopullisesta merkityksestä sodankäynnille.

## **8. Suojelun valmius 1960-luvun puolivälissä**

Totaalisen maanpuolustuksen oppirakennelma oli toimiva ja ajanmukainen - se antoi maanpuolustuksellisen kokonaisvastauksen kysymykseen maanpuolustuksen mahdollisuuksista yhä teknistyvämmässä sodankäynnissä. Totaalisen maanpuolustuksen merkitys

puolustuslaitokselle oli kaksisuuntainen - sen avulla puolustuslaitos pääsi irti eristyneisyydestään ja pystyi osallistumaan sekä vaikuttamaan omaan kehitykseensä, toisin kuin 1940-luvun lopulla. Maanpuolustukseen liittyvissä asioissa puolustuslaitos oli kiistaton asiantuntija, ja kuten 1950-luvun kehitystä tarkasteltaessa on huomattu, atomiaikakausi oli otollinen asiantuntijoille.

Totaalinen sodankäynti oli se uhka, jota vastaan tarvittiin totaalista maanpuolustusta. "Totaalisen maanpuolustuksen päämääränä on kansakunnan olemassaolon, toimeentulon ja elinmahdollisuuksien turvaaminen kaikissa olosuhteissa. Asetetun päämäärän saavuttaminen edellyttää poliittisten, hallinnollisten, sotilaallisten, taloudellisten, henkisten ja väestönsuojelullisten maanpuolustustoimenpiteiden tehokasta suorittamista" [MMM 1964, s 157. Eversti Niilo Riuttalan artikkeli]. Kun puolustuslaitos varautui kaikissa olosuhteissa turvaamaan kansakunnan olemassaoloa, merkitsi se yhdessä ydinaseen käyttöön varautumisen kanssa poikkeuksellisen laajaa uhkakuvaa. Totaalisen maanpuolustuksen oppi mahdollisti laajat spekulatiot erityyppisistä uhkista, jotka voisivat suorasti ja epäsuorasti maahamme kohdistua.

Noottikriisin merkityksestä puolustuslaitoksen yleiseen ja ilmapuolustuksen erityisratkaisujen kehittämiseen ollaan yleisesti yhtä mieltä. Uudempi tutkimus on korostanut myös Neuvostoliiton halua osoittaa vaikutusvaltaansa ja reagointikykyään sekä sitoa Suomi tiukemmin itäiseen yhteistyöhön, jolloin YYA-sopimus olisi saanut sotilaspoliittisemmän luonteen.

Pertti Salmisen valtiotieteen alaan kuuluvassa väitöskirjassa tarkastellaan sotilas- ja siviilijohdon suhteita, ja teoksessa käsitellään myös noottikriisin sotilaallista puolta. Heinäkuussa 1961 päämajamestari eversti Paavo Ilmola laati ajantasaistetun luettelon kriisitoimista, ja se sisälsi muun muassa säteilysuojauksen tehostamisen. Tästä Salminen tekee johtopäätöksen, että Suomi varautui mahdolliseen lähialueille kohdistuvaan ydinaseiskuun. On todennäköistä, että luettelossa mainitulla säteilysuojauksen tehostamisella tarkoitettiin säteilynvalvonnan tehostamista, mikä toteutui kokonaisuutena ottaen vasta seuraavana keväänä. Noottikriisillä ei kuitenkaan voi katsoa olleen suoranaista vaikutusta puolustuslaitoksen suojelujärjestelyihin, sillä vuonna 1961 kaikki oleellimmat ratkaisut oli jo tehty tai pitkälle valmisteltu. Suojelukoulutus oli järjestetty niin puolustuslaitoksessa kuin väestönsuojelussa, säteilynvalvontaa suoritettiin eri viranomaisten toimesta säännöllisesti ja Pääesikunnassa oli suojelutoimintojen kehittämistä valvova ja koordinoiva osasto. Myös kotimainen sotilasnaamari oli valmis ja odotti sarjatuotantoon pääsyä.

Puolustusvoimien materiaallinen valmistautuminen ydinasein käytävään sotaan oli tuolloin, ja vielä myöhemminkin, vaatimatonta. Samat välineet, jotka olivat käyneet kaasusuojelun tarpeisiin sodan aikana, muodostivat suojavälineistön rungon. Uutuutena oli havunoksa, jolla pyyhittiin laskeuman levittämä radioaktiivinen pöly suojaviitasta [Varusmiesslangissa "taikaviitta"]. Kotimaisen, kolmatta sukupolvea edustavan nykyaikaisen sotilassuojanaamarin valmistus oli vasta alkamassa - vuosittain valmistui vain muutamia tuhansia, kun tarve olisi ollut kymmeniätuhansia. Radioaktiivisen säteilyn toteamiseen ja valvontaan tarkoitettut mittarit ja kiinteä valvontaverkko palvelivat niin rauhan ajan kuin sodankin tarpeita. Kiinteän valvontaverkon kehittämistyö oli kesken ja säteilynvalvonta-asemien määrän suhteen oltiin kaukana Viljasen komitean asettamista tavoitteista.

Väestönsuojelun lainsäädäntö ja suojien rakentamisvelvoitteet eivät perustuneet niinkään ydinsodan ja radioaktiivisen säteilyn aiheuttamiin uhkakuviin vaan niiden lähtökohtana oli vuoden 1939 laki väestönsuojelusta. 1950-luvulla voimaansaatetut väestönsuojien rakentamisvelvoitteet itse asiassa vain kumosivat vuonna 1945 annetun asetuksen, jolla niiden rakentamisvelvoite oli purettu. Väestönsuojelun lainsäädäntöä tarkastettiin vastaamaan ydinaseuhkan vaatimuksia vasta vuonna 1973, jolloin uudistettu ydinasedoktriini oli jo valmistelujen perustana [Pajunen, 1974]. Käytännön taitoina eli varusmiehille annettavassa koulutuksessa sotilassuojelun painopiste oli yhtäläillä perinteisissä taistelukaasuissa ja polttotaisteluaeineissa kuin ydinasesuojelussa.

### Saavutettu valmius

Vuoden 1965 päättyessä Pääesikunnan suojelutoimisto saattoi ilmoittaa puolustusvoimain komentajalle osoitetussa valmiusilmoituksessa, että ensimmäisenä sotapäivänä ”ydinräjähdykset pystytään havaitsemaan ja paikantamaan seismisin menetelmin. Ilmakehäämme tuleva saaste pystytään toteamaan ilmavoimien käytössä olevilla näytteenottolaitteilla. Radioaktiivista säteilyä pystyvät jatkuvasti mittaamaan osa laivaston aluksista, puolustuslaitoksen säteilyvalvonnan runkoasemat (54 kpl), sisäasiainministeriön alaiset valvonta-asemat (noin 90 kpl) sekä kaikki ra-joukot [rauhanajan joukot. Toim. huom.]. Varsinaisia suojelujoukkoja ei ole käytettävissä, koska kaaderijoukot puuttuvat”.

Neljäntenä sotapäivänä käyttöön saataisiin yksi suojelukomppania, kahdeksantena sotapäivänä niitä olisi keskitysvalmiina 14 komppaniaa, joista seitsemän olisi koulutettua ja käyttöarvoa omaavaa, mitkä ”mahdollistavat tehokkaan suojelutiedustelun laajoilla alueilla maassamme”. Myös ”melko tehokas” puhdistustoiminta olisi mahdollista [1960-luvun puolessavälissä puolustuslaitoksen sodan ajan tarve suojeluhenkilöstöstä oli varalisineen 752 upseeria, 1008 aliupseeria ja 5474 miestä eli yhteensä 7234. Vajausta koulutetusta henkilöstöstä oli tuolloin yli 4000 sotilasta, mikä selittää koulutettujen suojelukomppanioiden vajausta. Koulutettuna ja sijoitettavissa oli tuolloin 557 ups, 756 au ja 1549 m, yhteensä 2826 sotilasta].

Kaikki nykyaikaisen suojelun elementit olivat tuolloin puolustuslaitoksessa käytössä - ja täydessä valmiudessa kuten nykyään sanotaan.

## **9. Lähdeluettelo**

### 1. Arkistolähteet

Kansallisarkisto, entisen Sota-arkiston kokoelma (SArk)

T 18055/94, PvPE Kaasusuojelutoimisto, salaiset 1948-1952

T 18055/96, PvPE Ksststo, laskelmia ja taulukoita. Tieteellisiä ja teknillisiä selostuksia. Salainen 1946-1952

T 18055/97, Pl:n Tutkimuskeskuksen kokeilu- ja opetusosasto OT-sal 1951-52

T 23650/D 2, TeknV omat toimitteet 1955-1958

T 23721/4, Suojelutoimisto/PE Pöytäkirjat C:1 1960-1973

T 24420/D 1, PvPEtväl-os kirjeistö Dc-Dd 1941-1950

T 25979/3, PE Slutsto Omat toimitteet 1968-1970 D2 SAL

T 25979/2, PE Slutsto salainen kirjeenvaihto, omat toimitteet 1960-67, D1 sal

Puolustusvoimien Tutkimuskeskuksen arkisto, suojelutekniikan osasto, Lakiala.

Kenraali Jaakko Valtasen yksityisarkisto, Tapiola.

## 2. Haastattelut

Pentti Keinänen, teknikkokapteeni evp, synt. 27.3.1935

## 3. Kirjallisuusviitteet

Beaton 1967, Leonard Beaton, Pommiko kaikille?, Porvoo 1967.

Heiskanen, 1993, Raimo Heiskanen, Noottikriisi ja yhteiset sotaharjoitukset, Keuruu 1993.

Helsingin Sanomat 1945 ja 19.12.1994

Mitä Missä Milloin - kansalaisen vuosikirja, vuodet 1955, 1956, 1964 ja 1973, Kustannusosakeyhtiö Otava, Helsinki.

Paasikiven päiväkirjat 1944–1956, osa II, toimittaneet Yrjö Blomstedt ja Matti Klinge, Juva 1986.

Pajunen, 1974, Aimo Pajunen, Finland's security policy in the 1970's: Background and perspectives, Helsinki 1974.

Penttilä, 1988, Risto E.J. Penttilä, Puolustuslinjat - Puolustuspoliittikka Suomen kansainvälisen aseman vakaannuttamisessa 1944-1967, Keuruu 1988.

Rhodes, 1988, Richard Rhodes, The Making of The Atomic Bomb, Great Britain, Penguin Books 1988.

Rautkallio, 1991, Hannu Rautkallio, Kekkonen ja Moskova - Suomi lännestä nähtynä 1956-1962, Jyväskylä 1991.

Salminen, 1995, Pertti Salminen, Puolueettomuuden nimeen - Sotilasjohto Kekkonen linjalla ja sen sivussa 1961-1966, Jyväskylä 1995.



- Schenzinger, 1952, K.A. Schenzinger, Kohti atomin salaisuutta, Helsinki 1952.
- Seppälä, 1974, Helge Seppälä, Sotakorkeakoulu 1924-1974, Joensuu 1974.
- Suojelumateriaalikuvasasto, Pääesikunta 1966, N:o 80/Slutsto/8
- Suomen historia 8, päätoim. Jukka Tarkka, Espoo 1988.
- Suomi, 1994, Juhani Suomi, Urho Kekkonen 1962-1968, Keuruu 1994.
- Tervasmäki, 1983, Vilho Tervasmäki, Puolustusneuvosto vuosina 1958-1983, Jyväskylä 1983.
- Tiede ja Ase, Suomen Sotatieteellisen seuran julkaisu, vuosikirjat 1949, 1952, 1957, 1958, 1960, 1962 ja 1968. Mikkeli
- Tynkkynen, 1996, Vesa Tynkkynen, Hyökkäyksestä puolustukseen - taktiikan kehittymisen ensimmäiset vuosikymmenet Suomessa, Joutsa 1996.
- Weart 1988, Stephen R. Weart, Nuclear Fear - A History of Images, Harvard University Press, London 1988.
- Vainio, 1989, Kimmo Vainio, Väestönsuojelu - osa julkista hallintoa, Helsinki 1989.
- Visuri, 1989, Pekka Visuri, Totaalisesta sodasta kriisinhallintaan – Puolustusperiaatteiden kehitys läntisessä Keski-Euroopassa ja Suomessa vuosina 1945–1985, Keuruu 1989.
- Visuri, 1994, Pekka Visuri, Puolustusvoimat kylmässä sodassa - Suomen puolustuspolitiikka vuosina 1945–1961, Juva 1994.
4. Taustamateriaalia
- Beck 1990, Ulrich Beck, Riskiyhteiskunnan vastamyrryt, Tampere 1990.
- Dupuy - Dupuy, 1980, R.E. Dupuy - T.N. Dupuy, The Encyclopedia of Military History, London.
- Elo, 1994, Mikko Elo, Suojeluvarikko 1944-1994, Jyväskylä 1994.
- Haahti, Sakari, Huuhtanen, Unto & Poppius, Uolevi, 50 vuotta väestönsuojelutyötä. Suomen Väestönsuojelujärjestö 1927-1977. Väestönsuojelusäätiö, Helsinki 1977.
- Halsti, 1954, Wolf H. Halsti, Suomen puolustuskyky, Kuopio 1954.
- Jatkosodan historia 6, toim. Maanpuolustuskorkeakoulun Historian laitos, Porvoo 1994.
- Jokipii, Mauno (toim.) Keski-Suomen historia 3, Jyväskylä 1993.

- Jyränki, 1990, Antero Jyränki, Kolme vuotta linnassa, Juva 1990.
- Kosonen - Pohjonen, 1994, Isänmaan portinvartijat - Suomen rajojen vartiointi 1918-1994, Keuruu 1994.
- Kuosa, 1963, Maunu Kuosa, Suojelukoulutuksen kolme vuosikymmentä 1933-1962, Mikkeli.
- Krause & Mallory, Joachim Krause and Charles K. Mallory, Chemical Weapons in Soviet Military Doktrine - Military and Historical Experience 1915-1991, USA 1992.
- Kronlund, 1993, Jarl Kronlund, Kansannoususta instituutioksi - Suomen Puolustusvoimat 1918-1993, Joensuu 1993.
- Kuosa, Tauno , Viljanen, T.V. & Kilkki, Pertti, Suomalainen upseerikoulutus 200 vuotta 1779-1979, Joensuu 1978.
- Käkönen, 1970, U.A. Käkönen, Miehistyksen varalta - Päämajan tiedustelua 1943-45, Helsinki 1970.
- Niitemaa, 1975, Vilho Niitemaa, Sotahistorian tutkimuksesta, HAik s. 239-250.
- Paasikiven päiväkirjat 1944–1956, osa I, toimittaneet Yrjö Blomstedt ja Matti Klinge, Juva 1985.
- Pajunen, 1966, Aimo Pajunen, Sarjatlulta, Helsinki 1966.
- Parlamentaarisen puolustuskomitean mietintö, Komiteanmietintö 1971:A 18, Valtion painatuskeskus 1971.
- Puolustusvoimien huolto 1918-1986, julkaisija Huoltoupseeriyhdistys ry, Mikkeli 1988.
- Puolustusvoimien Tutkimuskeskuksen julkaisuja A 1, 1992, Ylöjärvi.
- Päiväläinen, 1988, Erkki Päiväläinen, Kemian vuodet Harakassa, Painokaari Oy 1988.
- Ries, 1989, Tomas Ries, Luja tahto - Suomen puolustaminen, Helsinki 1989.
- Sihvo, 1956, Aarne Sihvo, Muistelmani I-II, Keuruu 1956.
- Siisiäinen, 1990, Martti Siisiäinen, Suomalainen protesti ja yhdistykset, Jyväskylä 1990.
- Simelius, 1983, Sakari Simelius, Puolustusvoimien puolesta, Juva 1983.
- Simola, Keijo - Koivisto, Keijo , Maanpuolustusopisto 75 vuotta - Vöyrin sotakoulusta Maanpuolustusopistoksi 1918-1993, Hämeenlinna 1993.
- Sotatekniikan kehitys tekniikan aloittain, STAE 1993 I osa, Jyväskylä 1993.

Sotilasaikakauslehti 1/2005, eversti, FT Vesa Tynkkysen ja majuri Petteri Joukon artikkeli "Kahden rintaman välissä - operatiiviset suunnitelmat Suomen puolustamiseksi 1950-luvulla".

Speer, 1970, Albert Speer, Diktaattorin työkaluna, Tampere 1970.

Matti Hyvärinen, ABC- ja polttosuojelu tänään - Suojelun kuusi vuosikymmentä 1933-1993, Jyväskylä 1993.

Suomen Kuvalehti, vuosikerta 1954.

Suomen taloushistoria 2, toim. Jorma Ahvenainen, Erkki Pihkala & Viljo Rasila, Helsinki 1982.

Suomi, 2001, Juhani Suomi (toim), Urho Kekkosen päiväkirjat 1 1958-1962. Keuruu 2001.

Suomi, 2002, Juhani Suomi (toim), Urho Kekkosen päiväkirjat 2 1963-1968. Keuruu 2002.

Talka, 1985, kapteeni Ismo Talka, Varikkojärjestelmämme kehittyminen II maailmansodan jälkeen vuoteen 1966 mennessä, Sotakorkeakoulun diplomityö, Helsinki 1985.

Tervasmäki, 1978, Vilho Tervasmäki, Puolustushallinto sodan ja rauhan aikana 1939-1978, Hämeenlinna.

The Technical Services, The Chemical Warfare Service: Chemicals in Combat, Washington D.C. 1966 (reprinted 1970)

Toivonen, 1994, Pentti Toivonen, Puolustusvoimien Tutkimuskeskus 1919-1994, Kouvola 1994.

## Suomalainen säteilymittarisaga

Tuomo Saarinen

### Wallacin aikakausi

Suomalaisten säteilymittareiden 60-vuotinen historia alkaa itse asiassa Jorma Wallasvaarasta, joka perusti Wallac Oy:n vuonna 1950. Wallasvaaran isä oli lääkäri, joka oli perustamassa Suomen ensimmäistä röntgenlaitosta Turkuun 30-luvun alussa. Jormakin tutustui säteilyn vaikutuksiin jo kasvuiässä, sillä eräiden kertomusten mukaan Wallasvaara senior säteilytti lapsiaan röntgenkoneella koska uskoi pienten säteilyannosten olevan vain terveellisiä!

Varsinaisesti Wallac Oy lanserasi ensimmäiset ns. geigermittarinsa vuonna 1955. Mittari oli yhdellä ilmaisinputkella ja korvakuulokkeella varustettu paristokäyttöinen malli RD-1, ja sen pääasiallinen käyttötarkoitus oli uraaninetsintä (Kuva 1). Tuolloin Suomessakin ihmiset kiinnostuivat etsimään uraanimalmia, ja tähän tarkoitukseen tarvittiin mittalaitteita. Ensimmäiset RD-1 -mittarit oli rakennettu tyhjömuovattuun mustaan muovikoteloon (edistyksellistä siihen aikaan!). Tuo RD-nimitys tulee sanoista Radiation Detector, Wallasvaara oli kielimiehiä!

Wallacilla oli jälleenmyyntisopimus Stockmannin tavaratalon kanssa ja mittareita oli esillä tavaratalon näyteikkunassa. Sattui niin, että kesästä tuli kuuma ja näyteikkunan takana lämpötila nousi niin korkeaksi että mustat muovikotelot alkoivat menettää muotoansa. Tämän seurauksena RD-1 -mittareiden kotelon väri muuttui vaalean harmaaksi, samalla tehtiin ensimmäinen evoluutiokierros ja mm. kallis kuulokeliitin jätettiin rakenteesta pois ja korvattiin kiinteällä johdolla.



Kuva 1. RD-1 -geigermittarimallit (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).

Tultiin 50-luvun lopulle ja puolustusvoimat hankkivat lisää kalustoa. Wallasvaara oli ollut varusmiesaikanaan suojelu-upseerin opissa Upinniemessä, joten hänellä lienee ollut jonkinlainen käsitys maahamme mahdollisesti hankittavien mittareiden suorituskykytarpeesta. Kävikin niin että Wallacin mittari pärjäsi puolustusvoimien testeissä parhaiten ja Wallac sai toimitussopimuksen.

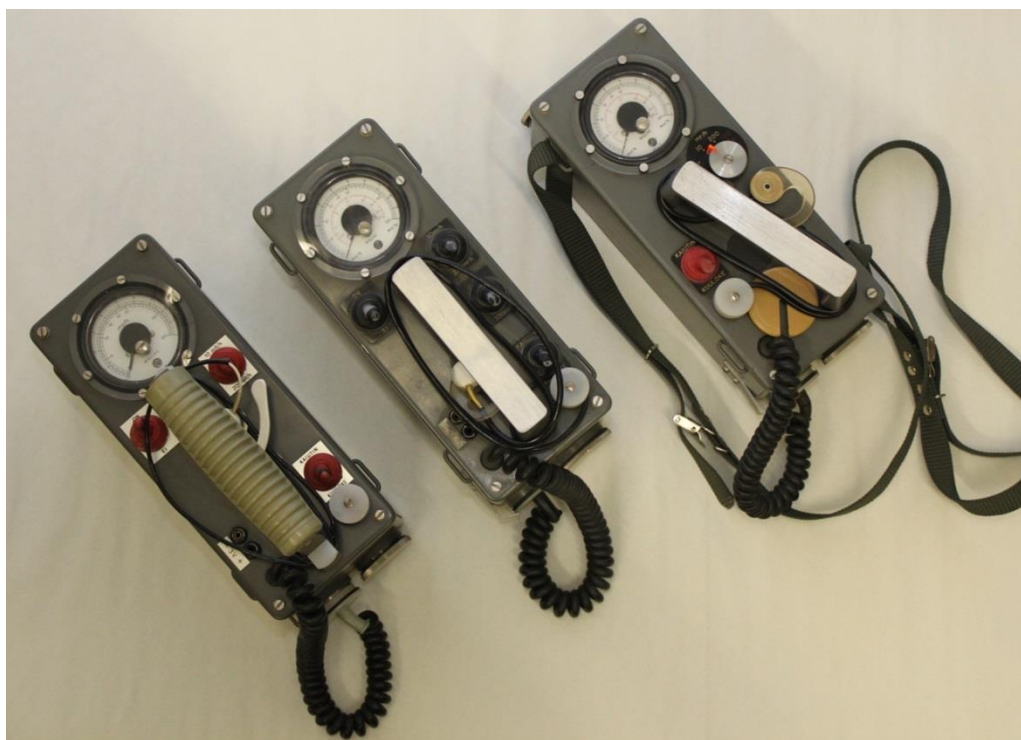
Viisikymmenluvun lopulla ja 60-luvulla puolustusvoimille ja yleiseen väestönsuojelukäyttöön toimitettiin erilaisia mittarisovelluksia, mm. HRD-2, RD-5, RD-6 ja RD-7 –malleja (Kuva 2). RD-malleissa käytettiin paljon samoja osia kuin Wallacin aiemmissa lämpö- ja virtausnopeusmittareissa, mm. osoitinkojeet ja paristokotelot ja niiden kannet ovat yhtäläisiä. Muutenkin Wallasvaara tarkkana talousmiehenä kehoitti suunnittelijoita käyttämään halpoja osia: tuohon aikaan polkupyörät olivat massavalmistustuotteita ja niistä saatiin esim. RD-5 -mittareihin sopivat kantokahvat (Kuva 3).



*Kuva 2. HRD-2, RAM ja RDP-mittarit (Kuva: Tuomo Saarinen).*

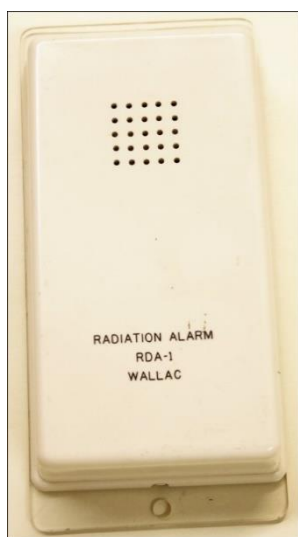
HRD-mallinimitys tulee sanoista High Radiation Detector. Mallissa oli yksi GM-putki ja sen mitta-alue oli 0 -300 rem/h (vastaa 0 – 3 Sv/h). Wallacilla oli USA:ssa jälleenmyyjänä Gelman Instruments Company ja mittareita myytiin mm. Playboy-lehden tarvikesuviilla. Eräiden kertomusten mukaan tosin RAM- ja RDP-mittareita toimitettiin Yhdysvaltojen ydinsukellusveneisiin...

RD-5 – RD-7 –mittarit noudattivat samoja suunnittelukriteerejä. Pieniä muutoksia tehtiin matkan varrella: RD-6:een tuli jo alumiinivalukahva ja RD-7:ssä alettiin käyttää kiertokytkimiä niiden laadun ja toimintavarmuuden parannuttua sotilaskäyttöön tarvittavalle tasolle.



*Kuva 3. RD-5, RD-6 ja RD-7 –mittarit. Huomaa RD-5:n kantokahva! (Kuva: Tuomo Saarinen)*

Valvontalaittepuolella Wallac toimitti aluksi kiinteään asennukseen mallia RDA-1 (A = alarm), muoviseen sähköasennuskoteloon tehty versio, joka rakenteeltaan ei sopinut vaativaan käyttöön (Kuva 4). Myöhemmin kehitettiin malli RDA-4, joka metallikoteloisena oli kehittyneempi versio ja laajan mitta-alueensa vuoksi soveltui armeijan ja VSS-muodostelmien tarpeisiin.



*Kuva 4. RDA-1 ja RDA-4 -valvontamittarit (Kuvat: Tuomo Saarinen).*

Seuraavat valvontamittarit tehtiinkin sitten jo kiinteäasenteisiksi ja niihin lisättiin mm. kiekkopiirturit. Valvontamittarit olivat moduulirakenteisia, eri moduulit oli sijoitettu valualumiinisiin koteloihin ja niistä koottiin sarjoja asiakkaiden tarpeisiin räätälöityinä (Kuvat 5 ja 6).



*Kuva 5. RD-120 –sarjan valvontamittari (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*



*Kuva 6. RD-1200 –sarjan valvontamittari (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Kannettavien mittareiden kehitys huipentui tultaessa 60-luvun loppupuolella. Puolustusvoimat uusivat kalustoaan eversti Gunnar Öhmanin johdolla ja Wallac hovihankkijan asemassa kehitti uutta mallia yhteistyössä heidän kanssaan. Tuloksena oli siihen aikaan edistyksellinen mittari: RD-8, josta on sanottu sen olleen siihen aikaan parhaan markkinoilla olleen kannettavan mittarin (Kuva 7). RD-8:ssa oli aiemmissa RD-versioissa käytetyt huoltoon vaatineet elektroniputket korvattu transistoreilla. Laitteessa oli kaksi sisäänrakennettua GM-putkea ja herkemmän alueen putkessa oli päätyikkuna mahdollistaen beetasäteilyn mittauksen. Päätyikkunan edessä oli alumiininen sulkijapyörä, jolloin voitiin mitata karkeasti gamma- sekä gamma + betasäteilyn voimakkuudet erikseen. Perimätieto kertoo, että laitteen suunnittelulähtökohtana oli kestävyys, ts. vertailuperusteena puolen metrin pätkä rataa: tiedättehän sanonnan, että jos se on lyhyempi, se varastetaan ja jos pitempi se taitetaan...

Kerrotaan, että Jorma Wallasvaara esitteli RD-8:n kestävyyttä varsinkin ulkolaisille potentiaalisille ostajille varsin dramaattisella tavalla: Wallacin silloisessa neuvotteluhuoneessa Vähä-Heikkiläntiellä oli avattava ikkuna ja kesken esittelyn Wallasvaara saattoi paiskata mittarin ulos näyttääkseen, että se kesti senkin käsittelyn. Tosin ikkunan alla oleva kukkapenkki oli etukäteen huolellisesti möyhennetty!

RD-8 tuli sarjatuotantoon v. 1968 ja sitä valmistettiin vielä Alnor Oy:n toimesta vuoteen 1983 saakka. Senkin jälkeen mittarista tuli paljon kyselyjä, mutta mittarin näyttönä käytettyjen osoitinkojeiden saatavuusongelmat ja niiden hinnan moninkertaistuminen pani tuotteen elinkaarelle pisteen.



*Kuva 7. RD-8 ja RD-9 –mittarit (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*



Ruotsin puolustusvoimien hankintaorganisaatio FMV (Försvarets Materialverket) antoi julkisen tarjouspyynnön tulevasta n. 1000 kpl säteilymittarihankinnasta 70-luvun puolivälissä. Wallac oli luonnollisesti mukana ja voittikin kovan kansainvälisen kilpailun. Tuloksena oli radikaali mittariratkaisu, joka sain tyypikseen RD-9, Ruotsin armeijan käytössä se tunnettiin mallimerkinnällä Intensimeter 23. Mittari oli rakennettu polykarbonaattikoteloon, näyttönä oli RD-8:sta tuttu osoitinkoje mustavalkoisella taustavalaistulla asteikolla karkaistusta lasista valmistetun etulevyn takana. Kaksiputkinen kierrekaapelilla varustettu ilmaisin oli laitteen sisällä, mutta se voitiin irroittaa tarkempia mittauksia varten.

Kuriositeettina mainittakoon RD-9:n lisävarusteeksi kehitetty kasettiteline. Näitä asennettiin Ruotsin ilmavoimien Draken-hävittäjiin. Näihin tulevissa RD-9 –mittareissa oli nopeaksi modifioitu näytön aikavakio. Tarkoituksena oli löytää ja saada välitön havainto mahdollisista radioaktiivisista pilvistä.

FMV:n vastaanottotarkastukset olivat varsin tiukat: Mittarit toimitettiin 100 kpl erissä. Toimitussopimuksessa oli määritelty kolmiportaiset laadunvalvontarajat ja jos yksikin 1- rajan poikkeama havaittiin, hylättiin koko erä. Näin taisi parikin kertaa tapahtua!

RD-9 oli malliesimerkki yhdelle käyttäjälle suunnitellusta mittarista eikä sen kysyntä tai myynti kohonnut lähellekään RD-8 –mallin lukemia. Itse asiassa RD-8 –mittarista tuli kyselyjä vielä 2000-luvullakin!

Täysin oma lukunsa Wallacin historiassa on silloisen Imatran Voima Oy:n Loviisan voimalaitoksille toimitetut RMS-järjestelmät (RD-1300 –sarja), jotka olivat käytössä 25 vuoden kunnioitettavan elinkaaren ajan. Loviisa 1:n järjestelmä myytiin suoraan laitostoimittajalle Atomenergoexportille, sen sijaan Loviisa 2:n järjestelmä IVO:lle. Edellytyksenä oli luonnollisesti toimiva yhteistyö Loviisan voimalaitoksen säteily-suojelupäällikön Björn Wahlströmin ja Wallacin henkilöstön välillä.

### **Alnor-vuodet**

Jorma Wallasvaara myi Wallac Oy:n ruotsalaiselle LKB-yhtymälle kahdessa osassa, puolet osakkeista 1969 ja loput vuonna 1970. Wallacin liiketoiminta oli kehittynyt 60-luvun aikana voimakkaasti kliinisen kemian mittalaitteiden suuntaan Erkki Soinin tultua mukaan yrityksen tuotekehitykseen vuodesta 1963 alkaen.

Wallac oli jaettu kolmeen liiketoimintayksikköön, joista yksi oli nimeltään CID eli Control Instruments Division ja käsitti alkuperäiset Wallac-tuotteet eli lämpötekniiset ja ulkoisen säteilyn mittalaitteet.

CID-yksikölle ei nähty LKB:n johdossa soveltuvuutta yhtymän portfoliossa ja sille alettiin etsiä soveliaista ostajaa. Tällaiseksi osoittautui Studsvik-yhtymä, ruotsalaisen energiatutkimuslaitoksen ympärille kasaantunut yritysrypäs. CID-yksikkö siirtyi Studsvik Instruments-divisioonaan vuonna 1979 ja sai nimekseen Alnor Oy. Alnor-nimi tulee itse asiassa kahdesta Obermaier-veljeksestä Alfred ja Norman. Heidän isänsä oli perustanut lämpötekniisiä mittalaitteita valmistavan yrityksen Chicagossa vuonna 1918 ja myöhemmin yritys vaihtoi nimensä Alnoriksi.

Omistuspuhjan muutos näkyi aluksi vain tuotteiden logoissa, joita uusittin sitä mukaa kuin uusia tarvittiin. Senaikaisista tuotteista osan tuotekehitys oli alkanut jo Wallac-aikana, esim. elektroniset RAD-21 ja RAD-22 –annosmittarit sekä RD-1600 –sarjan säteilyanalyysointorit.

Studsvikin omistuksen myötä Alnorin tuotevalikoimaan tulivat mm. TLD (termoluminisenssidosimetria)-järjestelmä, jonka lukijalaitteella oli hieman pahaennusteinen tuotekoodi 1313B, sekä neutroniannosnopeusmittari tyyppiä 2202D. Jälkimmäinen tunnetaan yleisesti lempinimellä possu tai neutronipossu omintakeisen polyeteenistä valmistetun neutronihidastimen ulkomuodosta johtuen.

Elektronisten dosimetrioiden kehityksessä tehtiin läpimurto kokonaisvaltaisten annosvalvontajärjestelmien toimittamiseen 80-luvun alussa Simo Malkamäen johdolla. Ensimmäinen laaja WDR-järjestelmä toimitettiin Electricite de France eli EDF:n le Bugey –ydinvoimalaan. Toki sitä edelsi pieni episodi kotimaassa, koska ranskalainen osapuoli oli kysellyt toimitusreferenssejä. Sellainenhan sitten saatiin, kun puoliväkinä toimitettiin pieni WDR-järjestelmä (dosimetrit, luku- ja latauslaitteet sekä tarvittava valvontaohjelmisto) TVO:n Olkiluodon voimalaan silloisen säteilysuojelupäällikkö Reijo Sundellin suosiollisella avustuksella.

Elektronisten dosimetrioiden lukulaitteissa (WDR-sarjan lukijat; WDR – Wallac Dosimeter Reader) ja RD-1600 –sarjan keskusyksikössä hyödynnettiin jo mikroprosessoritekniikkaa. Laitteiden piirikortit oli sijoitettu 19” laitekoteloon. Suurin osa piirikorteista oli peräisin Wallacin MOPSI-sarjasta, jonka CPU-yksikössä käytettiin Intel 8080 –prosessoria. Laitteissa käytettiin Wallacin analyysointilaitteista peräisin olevaa ilmaisintekniikkaa: yksikanava-analyysointori, jossa Wallacin patentoima spektrinstabilointijärjestelmä, ja vakioilmaisimena 2” x 2” natriumjodidikide.

Alnorin kukoistuskausi osuu 80-luvun vuosiin, jolloin yrityksestä tuli kiistatta maailman johtava elektronisten dosimetrijärjestelmien toimittaja, jopa siinä laajuudessa, että kun Saksassa hävitettiin globaalisti ensimmäinen järjestelmäkauppa saksalaiselle toimittajalle, alkoi Turussa melkein päätänsä maansuru, vaikkei nyt sentään säkkeihin pukeuduttu, tuhkan päälle sirottamisesta puhumattakaan! WDR-järjestelmät oli uudelleennimetty ADR-järjestelmiksi ja kehitetty uusi dosimetrimalli RAD-80, joka oli todellinen markkinoiden täsmäase (Kuva 8). Siinä käytettiin ilmaisimena GM-putkea, virtalähteenä olivat ladattavat NiCd-akut ja elektroniikka oli toteutettu modulaarisella hybridirakenteella.

RAD-80:n seuraajaksi kehitettiin mikroprosessorilla varustettua dosimetriä, mallinimeksi tuli RAD-85. Laitteen tuotannossa koettiin vaikeuksia: käyttöön oli otettu pintaliitostekniikka (SMD) jossa esiintyi lastentauteja. Samoin kaikkien tarvittavien/ haluttujen/toivottujen toimintojen liittäminen samaan rakenteeseen osoittautui ongelmalliseksi. Myöhemmin tässä kehityskaudessa otettiin askel taaksepäin ja palattiin käyttöön koeteltuun mekaniikkarakenteeseen yhdistämällä RSD-80:n mekaniikka ja moderni mikroprosessorielektroniikka RAD-100 –järjestelmäannosmittariksi.



*Kuva 8. RAD-80 -annosmittareita (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Markkinat myös kiristyivät ja kilpailijat tulivat mukaan uusilla malleilla. Käyttäjät halusivat pienikokoisempia laitteita ja ratkaisuksi tuli puolijohdeilmaisimien käyttö vaikkakin ne olivat epäherkkiä RAD-85:n GM-ilmaisimeen verrattuna.

Säteilysuojelumittareiden kehitys jatkui Alnorissa: RD-8 –mittarille kehitettiin seuraajaa yhteistyössä Pääesikunnan Suojeluosaston kanssa. Suojeluosastolle oli tullut tutkijaksi Juhani Juutilainen, jonka näkemyksiä toteutettiin tuotekehitystyössä.

Uusi mittari sai tyypikseen RD-10 (Kuva 9). Alun perin siitä piti tulla Alnorin ensimmäinen kannettava mikroprosessorimittari, mutta tarvittavien komponenttien saannissa todettujen viivästymisten vuoksi päädyttiin analogiaratkaisuun. Mittarissa oli kaksi sisäänrakennettua energiakompensoitua GM-putkea ja liikkuvan pisteen LED-näyttö. Virtalähteenä käytettiin kahta D-koon alkaliparia. Mitta-alue oli  $0,5 \text{ uSv/h} - 3 \text{ Sv/h}$ ; ts. laskennassa ei vielä päästy taustasäteilyarvojen tasolle (vrt. Tshernobyli). Alun perin mittarissa ei ollut liitintä ulkoisille ilmaisimille, sellainen lisättiin vasta Tshernobylin onnettomuuden jälkeen.

1980-luvulle tultaessa uudisti Sisäministeriön Pelastusosasto ulkoisen säteilyn mittaustalon kalustoa. Alnor kehitti uuden valvontamittarityypin, joka sai mallimerkinnäkseen RDA-31 (Kuva 10). Mittarin elektroniikka koostui kahdesta piirikortista, varsinainen mittauskortti oli suoraan RD-9:n konstruktioista, hälytys- ja virransyöttötoiminnot kerättiin toiselle kortille. Alun perin kotelona käytettiin Strömbergin pyöreähkökulmaista metallista sähkölaitekotelo tyypin MLKU. Sillehän sitten löytyikin heti kansanomaisen lempinimi...



*Kuva 9. RD-10 –mittari. Kuvassa on kuitenkin RD-10 –simulaattori, joita tehtiin puolustusvoimille koulutuskäyttöön. Simulaattorin erottaa varsinaisesta mittarista kannen keltaisesta käyttöohjekilvestä. (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

VSS- ja säteilyvalvontaverkon mittauskalusto ennen Tshernobylin onnettomuutta:

<b>Annosnopeusmittarit</b>	<b>Ilmaisin</b>	<b>Valmistaja</b>
RD-5, RD-6, RD-7	1 x GM-putki	Wallac Oy
RD-8	2 x GM-putki	Wallac Oy/Alnor Oy
RD-10	2 x GM-putki	Alnor Oy
<b>Valvontamittarit</b>	<b>Ilmaisin</b>	<b>Valmistaja</b>
RDA-3, RDA-4	2 x GM-putki	Wallac Oy
RD-120, RD-1200	1 (2) x GM-putki	Wallac Oy
RDA-31	2 x GM-putki	Wallac Oy/Alnor Oy

Myöhemmässä vaiheessa näitä edellä mainittuja metallikoteloita ei ollut enää saatavissa ja Alnor käytti pientä varsinaissuomalaista metallipajaa alihankkijana. Erään kerran suoritettiin Alnorissa RDA-31 –erän vastaanottotarkastusta, paikalla olivat mm. tarkastaja Jouko Kilpeläinen SM/PeO:sta ja myös metallipajan vetäjä. Sattui niin, että

Kilpeläisellä oli huomautettavaa koteloiden kannen saranoinnista, jolloin jäyhä metallimies tokaisi: ”Taidat olla aika makup\*\*\*e...” Tarkastus päättyi sillä silmänräpäyksellä ja koko erä hylättiin! No, saatiinhan se seuraavalla kerralla toimitukseen.

RDA-31 oli säteilyvalvontaverkon runkomittari myös Tshernobylin onnettomuuden aikana. Niistä kerätyistä lukemista saatiin melko tarkka tilannekuva jo muutama päivä onnettomuuden jälkeen.

Tshernobylin onnettomuus 26.4.1986 sai aikaan paljon muutoksia myös mittareiden kehityskaareissa. Tapahtuman ajan ja sen jälkeen havaittiin, että käytössä olevan kaluston herkkyys ei riittänyt taustan tasolla tapahtuvien muutosten havainnointiin eikä myöskään pintakontaminaation mittauksiin. Tähän reagoitiin Alnorissa nopeasti ja kehitettiin tarkoitukseen soveltuvia lisälaitteita: päätyikkunalla varustettu ulkoinen ilmaisimien liitettäväksi RD-10 Beta –mittariin (erona RD-10:een olivat mittarin liitin ulkoisille ilmaisimille ja uusi mitta-alue 0-1000 cps) sekä APC-31 –taustanäyttöyksikkö joka oli RDA-31:n lisälaite, itse asiassa täysin toimintakelpoinen mikroprosessorimittari, joka käytti taustasäteilyn ilmaisemiseen RDA-31:n alemman mitta-alueen GM-putken pulssitaajuutta (Kuvat 11 ja 12).



*Kuva 10. RDA-31 –valvontamittari alkuperäisessä kotelossaan. Ilmaisimien on sama kuin RD-9 –mittarissa, aluksi se oli PA-muovikotelossa, mutta myöhemmin kotelomateriaaliksi tuli eloksoitu alumiini häiriönsiedon parantamiseksi (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*



*Kuva 11. RD-10 Beta-malli (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*



*Kuva 12. RDS-31 –mittari ja APC-31 taustanäyttöyksikkö (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

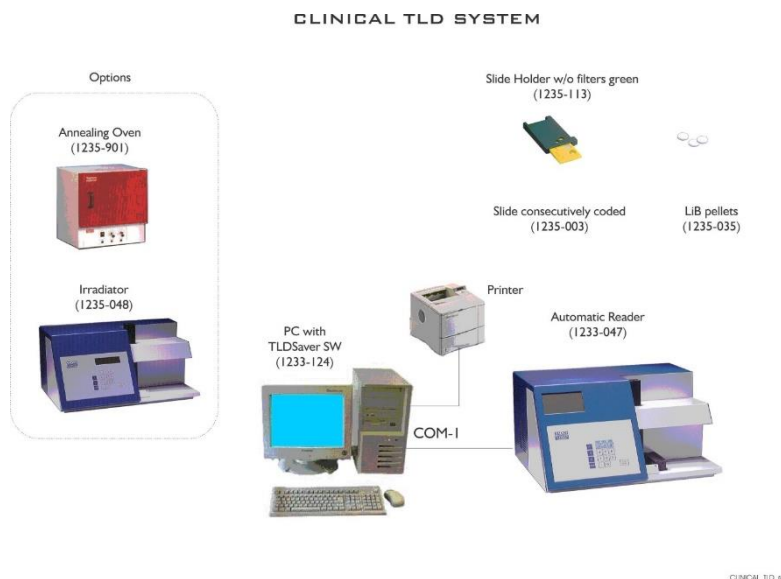
Kaikkiin RDA-31 –mittareihin ei vielä oltu asennettu APC-31 –yksiköitä, kun Kotkassa valvontamittari antoi hälytyksen ja saman tien varpailleen koko valtakunnan säteilyvalvontaorganisaation. Kyseessä oli – onneksi – väärä hälytys, joka aiheutui tietyistä syistä: RDA-31:ssä käytettiin summeria, joka oli tarkoitettu vaihtovirtakäyttöön mutta modifioitu tasavirtakäyttöiseksi. Summerin kärjet saattoivat kipinöidä aiheuttaen sähkömagneettista häiriötä ja koska Kotkassa RDA-31:n hälytysrajaksi oli säädetty mahdollisimman lähelle ohjeen mukaista arvoa 0,37 uSv/h (joka itse asiassa oli hyvin lähellä säätöpotentiometrin alkupäätä) liipaistui hälytys mittarin tulkitessa häiriötason säteilyksi.

Tästä aiheesta sai myös Helsingin Sanomien tunnettu ja tunnustettu pilapiirtäjä Kari hyvän aiheen murjaisulleen, jota Alnorissa katseltiin posket punaisina (Kuva 13).



Kuva 13. Pilapiirtäjä Karin kommentti väärästä säteilyhälytyksestä (Kuva: Kari Suomalainen, Helsingin Sanomat).

Viralliseen annosvalvontaan tarkoitettujen järjestelmien kehityksessä siirryttiin seuraavaan sukupolveen, kun vuonna 1985 Alnorin valmistama vanha Studsvikin ja Risø-tutkimuslaitoksen peruja oleva TLD-järjestelmä uusittiin. Dosimetrit ja niiden mekaniikka pidettiin ennallaan, mutta esim. vanha 1313B-lukulaite, jossa hyödynnettiin elektroniikkaa, mekaniikkaa ja pneumatiikkaa iloisessa sekamelskassa, korvattiin mikroprosessoriteknikkaa käyttävällä RE-1 –laitteella (Kuva 14). Järjestelmä sinällään oli varsin monimutkainen koostumus alkaen ilmaisinkiteistä ja päättyen annosvalvonta-ohjelmistoon henkilötietokantoiineen.



Kuva 14. TLD-järjestelmän kaavio (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).

Sisäministeriön talosuojeluohjeessa määriteltiin muiden asioiden lisäksi myös tarvittava säteilymittauskalusto. Sen mukaan suojissa piti olla annosnopeus- ja annosmittareita. Mikroprosessoritekniikka mahdollisti mittareiden toimintojen yhdistämisen. Alnor toi markkinoille ensimmäisen yhdistelmämittarimallin RDS-100 vuonna 1988 (Kuva 15). Mainittakoon, että kotimainen kilpailija Kata Electronics Oy sai oman DGM Turva - yhdistelmämallinsa valmiiksi seuraavana vuonna.

RDS-100 oli varsinainen perusmittari, selkeät annosnopeus- ja annosmittaustoiminnot, kalvonäppäimet, ei liitintä ulkoisille ilmaisimille, mutta iskunkestävä sekä vesi- ja pölytiivis IP67 -luokiteltuna. Mittaria jopa esiteltiin Helsingin Messukeskuksessa läpinäkyvään vesitankkiin metrin syvyyteen upotettuna. Ainoat näkyvät vauriot muutaman päivän upotuksen jälkeen olivat kantohihnan kiinnikkeiden alkava ruostuminen, taisivat olla halpaa materiaalia – ne korvattiinkin myöhemmin muovisilla.



Kuva 15. RDS-100 säteilyn perusmittari (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).



Valtakunnallinen säteilyvalvontaverkko uusittiin myös 90-luvun alussa. Tarina kertoo, että SM:n virkamiehiltä olisi kysytty, paljonko rahaa he tähän tarvitsisivat, ja nämä olivat päätyneet yhden miljoonan silloisen markan tasolle, olisivat varmaan saaneet enemmänkin, sillä kuluneen sanonnan mukaan ei se ole hullu, joka pyytää...

Joka tapauksessa sanonnan mukaan ”kovan kansainvälisen kilpailun jälkeen” Alnor sai sopimuksen uuden järjestelmän kehittämisestä ja utteran tuotekehitystyön tuloksena syntyi AAM-järjestelmä Sisäministeriön Janne Koivukosken toimiessa tilaajan valvomana silmänä (Kuva 16). AAM lienee tarkoittanut määritelmää Alnor Alarm Monitor. Järjestelmä käsitti aluksi RD-02 –ilmaisimen, CB-02 ja CB-03 liitäntäyksiköt, jälkimmäinen akkuvarmennuksella varustettuna sekä AAM-90 –valvontaohjelmiston, joka toimi Windows-käyttöjärjestelmän alkeellisella run time –versiolla – oi niitä aikoja!



*Kuva 16. AAM-järjestelmän mittausasemia, paikallinäyttönä RDS-120 -mittari (Kuvat: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Näitä toimitettiin kotimaisen valvontaverkon mittareiksi lähes 290 kappaletta, mutta menestystä tuli myös vientimarkkinoilla: Ranskan silloinen säteilyvalvontaviranomainen Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI) tilasi vuonna 1992/1993 Alnorilta maanlaajuisen järjestelmän, joka vaiheittaisten laajennusten jälkeen käsitti 300 mittauspistettä. Varmasti korkeimmalla sijaitseva mittauspiste oli Mont Blancin lähellä Aguille du Midillä, korkeus 3842 m (Kuva 17).

Seuraavaksi tuli tarve kehittää RD-10 –mittarille seuraaja ja ratkaisuksi valittiin RDS-100:sta kehittyneempi versio, joka tunnetaan RDS-120 –mallina: kaksi ilmaisinputkea, kalvonäppäimet, luonnollisesti iskunkestävä ja vesitiivis ja mahdollisuus käyttää ulkoisia ilmaisimia (Kuva 18). Näytöksi ei enää riittänyt pelkistetty LCD-paneeli vaan valittiin tarkoitukseen räätälöity ratkaisu. Mittarissa oli myös tiedonkeruu- ja

siirtomahdollisuudet. Mittarin sulautettu ohjelmisto mahdollisti sen käytön myös AAM-  
asemien paikallisnäyttönä, tarvittaessa mittari voitiin kytkeä irti asemasta ja käyttää sitä  
tarkistusmittauksiin. Näitä mittareita toimitettiin RDS-100 –mittarien lisäksi puolustus-  
voimille ”huomattava määrä”.



*Kuva 17. RD-02 –ilmais-in sääsuojassaan SCRPI:n ukkossuojan sisällä Aguille du  
Midin näköalatasanteen reunalla, kyseessä ei siis ole roskakori. Korissa lukee Studsvik,  
koska Ranskan paikallisedustaja oli heidän agenttinsa. (Kuva: Mirion Technologies  
(RADOS) Oy).*



*Kuva 18. RDS-120 Säteilyn yleismittari. Kuvassa oleva yksilö kantaa Rados-logoa, mutta ensimmäiset sarjat tehtiin jo vuonna 1992, jolloin yritys oli vielä Alnor Oy (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

### **Rados Technology Oy:n synty**

Alnorin omistajayhtiö Studsvik alkoi 90-luvun alussa karsimaan toimintojaan tarkoituksenaan keskittyä ydinosaamiseensa. Potentiaalisille ostajaehdokkaille oli ilmaistu Alnor-ryhmän olevan myynnissä. Ryhmään kuuluivat mm. Alnor Oy Turussa ja erillinen yhtiö Alnor Nuclear, jonka pääpaikka oli Chicagossa.

Studsvikilla oli jo aiesopimus Alnor-ryhmän myynnistä Thermo Electron Inc. –yrityksen kanssa, mutta myyntiyritys kaatui useiden avainhenkilöiden irtisanouduttua Alnor Oy:stä. Monivaiheisten tapahtumien ja rahoitusetsintäkuvioiden jälkeen Alnor Oy:n säteilyvalvontaliiketoiminta siirtyi MBO-kaupalla perustettavan Rados Technology Oy:n hallintaan 6.3.1992. Alnor-tuotemerkistä oli luovuttava, se jäi Studsvikin haltuun kuten myös vastaavat liiketoimintayksiköt USA:ssa. Uudeksi toimitusjohtajaksi tuli hankkeen primus motor, suomalaisen säteilyvalvonnan Grand Old Man, fyysikko Simo Malkamäki. Radoksen pääomistajiksi tulivat Bio Fund Ventures 1, Sitra, 3i (ex-Start Fund of Kera) sekä muita säätiöitä.

Elettiin vielä 90-luvun lama-aikaa ja Saksassa Herfurth GmbH –yritys asetettiin selvitystilaan lähinnä autoteollisuuden suurjaksokuumentimien toimitusten peruuntumisen vuoksi. Herfurth oli toiminut Saksan edustajana jo Wallac-ajoista lähtien, vastaavasti Wallac/Alnor/Rados edustivat kukin aikakaudellaan Herfurthin kontaminaatiomittauslaitteita kotimaan markkinoilla, pääasiakkaina ydinvoimalamme Loviisassa ja Olkiluodossa. Herfurth GmbH:n säteilyliiketoiminta ostettiin konkurssipesältä vuonna 1993, ja tämä yhtiön osa sai nimekseen Rados Technology GmbH. Myöhemmin liiketoimintaa kasvatettiin vielä perustamalla yksiköt Brittein saarille, USA:han sekä Italiaan. Liiketoiminta jakautui kolmeen kolmeen pääalueeseen:

- dosimetria (elektroniset ns. työdosimetriajärjestelmät ja TLD-järjestelmät viralliseen annosvalvontaan), jotka olivat Turun yksikön päätoiminta-alueet
- pintakontaminaation- ja materiaalin valvontamittaukset, ollen Saksan yksikön vastuulla
- ympäristömittaukset, joista vastasi Italian yksikkö Rados Technology Srl.

Muut yksiköt vastasivat myynti-, asennus- ja kunnossapitotoiminnoista alueillaan.

Turun yksikössä aloitettiin erittäin merkittävä tutkimusprojekti silloisen Ruissalontien toimipisteen entisessä tupakkahuoneessa. Hanketta johti Jukka Kahilainen (myöhemmin Mirion Technologies –konsernin CTO) ja ensimmäiset prototyypit uudenlaisen passiivisen mittaajärjestelmän DIS-dosimetreistä saatiin kehitettyä vuoden 1993 aikana. DIS-järjestelmän kehitys oli aikaa vievää ja välillä tuskaisen turhauttavaakin, mutta lopulta menetelmä saatiin patentoitua ja kaupalliseksi tuotteistettua 90-luvun loppuun mennessä.

DIS-annosmittarit pääsivät myös julkisuuteen ja millä tavalla!

Bond-elokuvassa ”The world is not enough/Kun maailma ei riitä” esiintyvät myös DIS-annosmittarit Mr. Bondin käytössä. Itse asiassa tuotantoyhtiö Pinewood Studios oli ottanut yhteyttä Hampurin Rados-toimipisteeseen, koska he halusivat vuokrata säteily-suojelukalustoa elokuvarekvisiitaksi. Kyllä elokuvassa vilahtaa DIS-dosimetrien lisäksi myös saksalainen MicroCont-kontaminaatiomonitori - sen voi havaita, jos tietyssä kohtaa hidastaa kuvaa tarpeeksi...

Dis-dosimetrit sen sijaan loistivat olemassaolollaan, Rados sai myös käyttöoikeudet kuvien julkistamiseen (Kuvat 19 ja 20). Tietävästi kaluston käytöstä ei sitten koskaan vuokraa peritty!



*Kuva 19. DIS-1 –annosmittari Mr. Bondin rintapielessä (Kuvat: Cinescape.com).*



*Kuva 20. DIS-1 –annosmittari ja DBR-1 –järjestelmälukija, tässä jo Mirionin väreissä (Kuvat: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Elektronisten hälyttävien annosmittareiden kehittyä sai uutta puhtia Radoksen syntymisen myötä. Yksittäiskäyttöön kehitettiin muotoilultaan edelleenkin varsin moderni RAD-50 –malli ja järjestelmäkäyttöön malli RAD-51, molemmat piidiili-ilmaisimella varustettuja markkinoiden silloisten vaatimusten mukaisina (Kuva 21).



*Kuva 21. RAD-50 -annosmittari (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Kannettavien säteilymittareiden kehityksessä otettiin seuraava askel Ruotsin valtiollisen pelastuslaitoksen Räddningsverketin (SRV; myöhemmin MSB - Myndighet för Samhällsskydd och Beredskap) tarjouskilpailun ansiosta: SRV ilmoitti uuvansa vanhat RNI-mittarinsa modernimmalla mittarisukupolvella. Rados kehitti annettujen reunaehtojen, mm. käyttöliittymän piti olla vanhan RNI-10 -mittarin mukainen, perusteella mallin SRV-2000, joita toimitettiin SRV:lle kaikkiaan 1200 kpl lisälaitteineen (Kuva 22). Mittarissa oli kaksi energiakompensoitua GM-putkea ja kehittyneet tiedonkeruu- ja tiedonsiirtotoiminnot. Annosnopeuden mitta-alue oli 0,01 uSv/h – 10 Sv/h.



*Kuva 22. SRV-2000 –mittari. Käyttöliittymän symbolit yhteneväisiä RNI-10 –mittareihin, etulevytarran väri SRV-keltainen. (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Samalta pohjalta kehitettiin myöhemmin kaksi mittarimallia, varsinainen tuotantomalli, Rados-yleismittari RDS-200 sekä puolustusvoimilla räätälöity malli RDS-200M (Kuva 23). Tarina kertoo, että kun aikanaan RDS-200 –mallia esiteltiin puolustusvoimien materiaalilaitoksen esikunnan edustajille, saatiin varsin tyrmäävä lausunto mittarin ulkoasusta: keltainen on armeijassa käytössä vain harjoituskappaleissa, etulevyn tarran väri pitää muuttaa!

Tuli mittariin toki muitakin muutoksia, vesitiivyyttä parannettiin ja erillinen tiedonsiirto varten varattu liitin jätettiin pois. Tiedonsiirto tapahtui ulkoisten ilmaisimien liittimen kautta, materiaalilaitoksen lausunnon mukaan tiedonsiirtoa ja ulkoisia ilmaisimia ei koskaan tulla käyttämään samanaikaisesti, samalla laitteen NEMP-kelpoisuus lienee hieman parantunut.



*Kuva 23. RDS-200 –mittari ja RDS-200M -versio (Kuvat: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

DIS-järjestelmästä kehitettiin puolustusvoimille kenttäkelpoinen versio, kehitys alkoi 90-luvun lopulla ja ensimmäiset erät toimitettiin vuoden 2001 aikana (Kuva 24). Järjestelmän RDD-20 –annosmittari on täysin passiivinen, ts. se ei tarvitse toimiakseen mitään ulkoista virtalähdettä vaan mittaa kertyvää annosta koko elinkaarensa ajan. Mittari voidaan tarvittaessa nollata erityislaitteella kääntämällä polariteetti ja säteilyttämällä sitä, kunnes mittauskammiot ”tyhjentyvät” (itse asiassa, kunnes kammion varaus on täysi).



*Kuva 24. RDD-20 1-versio, RDD-20 2-versio sekä RDR-20 dosimetrin lukulaite (Kuvat: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Annosmittareiden lukulaitteessa hyödynnettiin kannettavissa mittareissa käytettyä mekaniikkaa, tosin RDR-20 –lukijan rungon alumiiniprofiili on hieman pidempi kuin RDS-mittareissa.

Tultiin 2000-luvun alkuun, ennen vuosituhannen vaihtumista pelätyt Millennium-vauriot eri järjestelmiin osoittautuivat odotettua pienemmiksi, ainoastaan AAM-ja annosvalvontajärjestelmien ohjelmistoihin jouduttiin tekemään pieniä muutoksia. Tuotekehitystyö jatkui taustalla kaiken aikaa: vuonna 2000 julkaistiin RAD-sarjan elektronisista dosimetreistä päivitetty mallit RAD-60 yksittäiskäyttöön ja sen sisarmalli RAD-62 järjestelmäkäyttöön (Kuva 25). Luonnollisesti myös ADR-järjestelmän oheislaitteet ja valvontaohjelmistot päivitettiin moderneiksi (Kuvat 26 ja 27).



*Kuva 25. RAD-60 ja RAD-62 –annosmittarit (Kuvat: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*



Kuva 26. ADR-285 -järjestelmälukija (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).



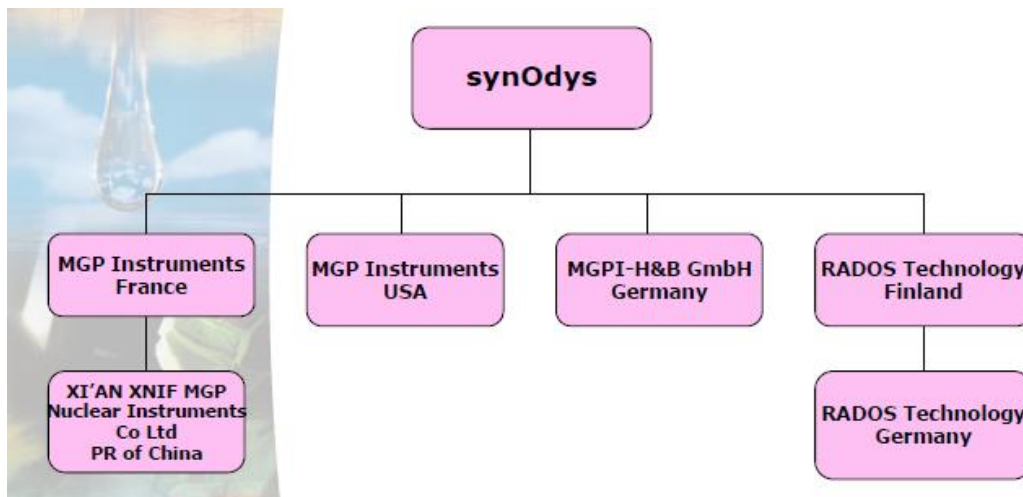
Kuva 27. Täysimittainen ADR-työdosimetrijärjestelmä (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).



Tämä ADR-sukupolvi jäi viimeiseksi Turun toimipisteen elektronisten dosimetrijärjestelmien tuotekehityksessä. Konserniajattelun mukaan vastuu näiden tuotteiden ja järjestelmien tuotekehityksestä siirtyi yksin Ranskan yksikölle.

Vuonna 2001 alkoi tapahtua: Rados Technology Oy:n tuotanto ulkoistettiin KSH-Productor Oy:lle (myöh. Selmic Oy; Partnertech Oy), jonka palvelukseen siirtyi 20 henkilöä 1.3.2001 alkaen. Tämä enteili jo tulevia tapahtumia, olihan jo pitkään tiedetty, että silloiset pääomasijoittajat tulevat poistumaan kuvioista jossain vaiheessa. Toinen merkittävä tekijä oli, että USA:n markkinoilla oli aloitettu patnership-yhteistyö MGP Instruments Inc:n kanssa.

Vuonna 2002 tuli sitten ilmoitus, jonka mukaan perustettava Synodys-ryhmä, pääosakkaana MGP:n omistaja ranskalainen pääomasijoittaja Acland Capital, oli ostanut Rados Technology Oy:n osakkeet. Radoksen konsernirakenteessa Saksan yksikkö oli tuolloin Turun tytäryhtiö. Synodys-konsernirakenne oli suoritettujen järjestelyjen jälkeen jo varsin monimuotoinen (Kuva 28).



Kuva 28. Synodys-ryhmän konsernirakenne (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).

Synodys-aika jäi lyhyeksi seuraavien omistuspohjamuutosten takia, mutta kerittiin konsernin logoa hyödyntämään muutamissa tuotteissa ennen tulevia muutoksia. Vuonna 2005 julkistettu RDS-30 säteilyn perusmittari esiintyi aluksi Rados-logolla, se vaihtui väliaikaisesti Synodys- ja myöhemmin Mirion-logoon, kuten myös samaan konseptiin kehitetyssä RDS-80 –kontaminaatiomittarissa (Kuva 29).

Vuonna 2004 amerikkalainen NASDAQ-listattu pääomasijoittaja American Capital osti Synodys-ryhmän osakekannan. American Capitals hankki myöhemmillä yrityskaupoilla kaikkien ryhmän yritysten osakekannat hallintaansa.

Tähän aikakauteen ajoittuu myös TLD-järjestelmän 3. sukupolven kehitys. Tällä kertaa uusittiin itse lukijalaitteen ja säteilyttimen lisäksi myös dosimetrien mekaniikkaa. Vanha RE-1 –lukijamalli korvattiin RE-2000 –lukijalla ja IR-1 –säteilytin mallilla IR-2000 (Kuva 30).



*Kuva 29. RDS-30 –säteilymittari ja RDS-80 –kontaminaatiomittari (Kuvat: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*



*Kuva 30. RE-2000 –lukijalaite sekä dosimetrikotelo edestä ja takaa (Kuvat: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Vuodenvaihde tultaessa vuoteen 2006 toi mukanaan uuden konsernirakenteen: Mirion Technologies –ryhmän organisoituneena viiteen divisioonaan: Radiation Monitoring Systems Division, Health Physics Division, Sensing Systems Division, Imaging Systems Division ja Dosimetry Services Division.

### **Mirion-ajan alku**

Mirionin Turun toimintojen virallinen nimi Health Physics-divisioonan alla muutettiin vuonna 2009 muotoon Mirion Technologies (RADOS) Oy. Turun toimipisteen päävastuu konsernissa oli passiivisten dosimetriajärjestelmien (DIS/TLD) ja kannettavien

säteilynvalvontamittareiden tuotekehitystoiminnassa. Omassa tuotekehitystoiminnassa saatiin myös tuloksia aikaan.

Vuonna 2010 Mirion toi markkinoille uuden monipuolisen säteilymittarityypin RDS-31 ja siihen kehitetyt lisälaitteet (Kuva 31).



*Kuva 31. RDS-31 monitoimimittari (Kuva: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

RDS-31:een oli kerätty uusia ominaisuuksia, siinä oli mm. reaaliaikakello, langaton ja langallinen tiedonsiirto, graafinen näyttö (ensimmäisissä tuotantosarjoissa oli kuitenkin vielä segmenttinäyttö), ohjelmoitavat toiminnot, mahdollisuus käyttää makrotoimintoja jne. Mittarin varusohjelmisto mahdollisti mm. sulautetun ohjelmiston päivityksen ja historialokin tietojen siirron PC-sovelluksiin. Lisälaittevalikoimaan kuuluvat mm. monipuolinen valikoima ulkoisia ilmaisimia alfa-, beta- ja gammasäteilyn ja pinta-kontaminaation mittauksiin. Mittarista on myös kehitetty useita eri radiolähettimillä varustettuja versioita, liitettäväksi Mirionin kokonaisvaltaisiin säteilynvalvontajärjestelmiin sekä useita eri valvontamittarisovelluksia kiinteään ja mobiiliin käyttöön (Kuva 32).



*Kuva 32. RDS-31 –pohjaisia valvontalaitemalleja (Kuvat: Tuomo Saarinen).*

Turussa kehitettiin DIS-periaatteella toimivia annosmittareita Mirionin Dosimetry Services Division-yksikölle (ex- Global Dosimetry Solutions (GDS)). Kyseessä oli itse asiassa annosvalvontaan sovellettu pilvipalvelu: asiakas sai käyttöönsä annosmittarin, jonka luku tapahtui PC:n USB-liittimen ja Internet-yhteyden avulla palvelimelle. Käyttäjällä oli asiakastili, josta hän saattoi tarkastella annoskertymänsä (Kuva 33).

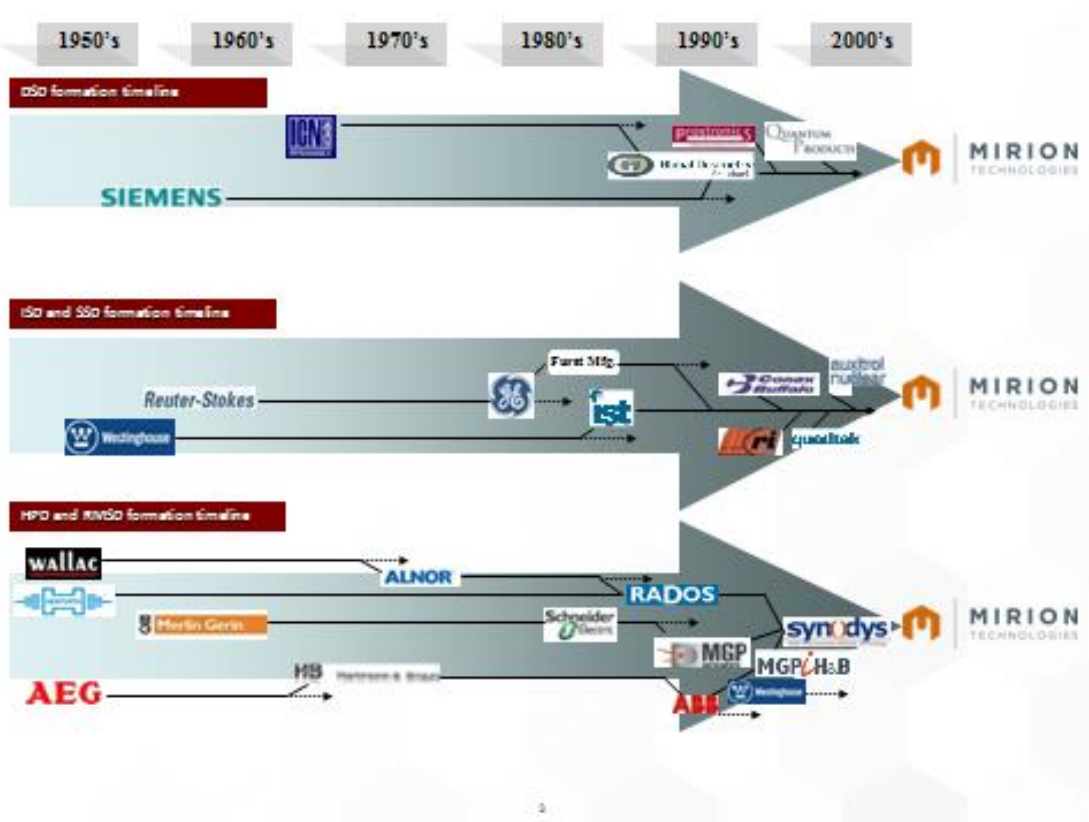


*Kuva 33. Instadose versiot 1 ja 2 (Kuvat: Mirion Technologies (RADOS) Oy).*

Vuonna 2014 Mirion-konserni työllisti yli 1000 henkilöä, ja sillä oli yhteensä 13 toimipistettä Yhdysvalloissa, Euroopassa ja Aasiassa. Pääkonttori sijaitsi San Ramonissa Kaliforniassa. Mirion-tuotenimi otettiin käyttöön kaikissa HP-divisioonan tuotteissa, Turun tuotteiden Rados-logo vaihtui Mirioniin ilman suurempia vaikeuksia tai mielenilmaisuja.

Uskotaankin, että Mirionilla on varsin valoisat, jollei suorastaan säteilevät tulevaisuudennäkymät edessään!

Taustatietoa



Kuva 34. Historiakaavio 1950–2006.

# säteilyvaara?

## RADIOAKTIIVINEN LASKEUMA

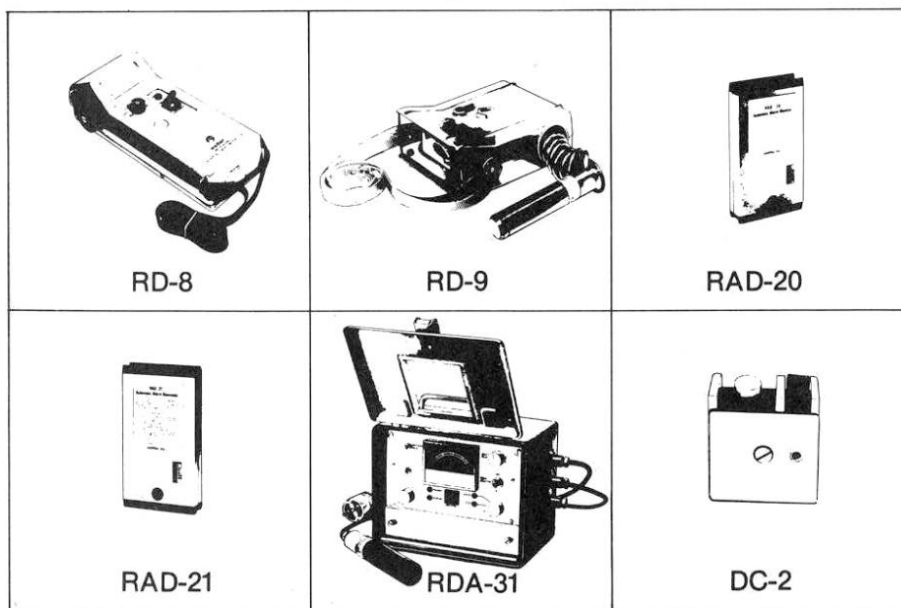
Laskeuman jälkeen Sinun on tunnettava maaperän saasteen annosnopeus ja ravintoaineiden aktiivisuus. Mittalaitteesi ovat tällöin RD-8, RD-9 ja RDA-31.

## SÄTEILYLÄHDE

Tarkistaessasi säteilylähteen suojuksen kuntoa ja kartoittaessasi säteilyvaarallista aluetta Sinä tarvitset tietoa annosnopeudesta. Mittarisi ovat RD-8, RD-9 ja RDA-31. Huolehtiessasi säteilyvaarallisella alueella saamastasi henkilökohtaisesta annoksestasi ovat RAD-20, RAD-21 DC-2 tarpeen.

# ALNOR

PL506 20101 Turku 10 puh.921.308.700 telex 62.376



Kuva 35. SM:n talosuojeluohjeen takakannen mainos 1970-luvulta.

**ALNOR**Control Instruments  
PL10 20101Turku 10 Finland

## Universal gamma radiation survey meter RD-9

A MULTI-PURPOSE RADIATION SURVEY METER FOR MILITARY, CIVIL DEFENCE AND GENERAL SURVEY USE.

- Portable use-hand held detector-light weight.
- Extension cable for remote detection of radiation.
- Energy compensated for 45keV-2,5MeV gamma energies.



### Features

- Measures gamma radiation on two logarithmic ranges from 0,05mR/h to 400R/h.
- GM-detector can be kept inside the instrument or used as a hand held detector outside the unit.
- Scale illumination.
- Meets strict military standards.
- No control or zero adjustment or recalibration required.
- Rugged shockproof plastic case.
- Powered by two standard size dry cells -automatic battery condition indication.
- Compensated for changes in battery voltage and temperature.
- Radiation overload tests: 5000R/h.

RD-9-EC2-76

*Kuva 36. RD-9 –mittarin esite (Mirion Technologies (RADOS) Oy).*



*Kuva 37. RDS-100 –mittarin esite (Mirion Technologies (RADOS) Oy).*



**ALNOR**

## RDS-120 Säteilyn yleismittari

*Joustavuutta säteilymittauksiin*



Alnor RDS-120 on kotimainen, monikäyttöinen säteilymittari, joka on suunniteltu toimimaan laajalla sovellettasalveella. Analogia- ja digitaalimuodoissa esitettävien normaalimittausten ja hälytystoimintojen lisäksi annostusprofiilimet voidaan varastoida muistiin ja siirtää PC:lle tai talostimelelle. RDS-120:een voidaan myös yhdistää erillinen beta- tai gamma-anturi tai sitä voidaan käyttää paikallisuunnittimena Alnorin AAM-90 -järjestelmässä. RDS-120:n pöly- ja vesitiivis alumiinikotelo ja laaja toimintalämpötila-alue mahdollistavat mittaukset kaikissa olosuhteissa.

- |                                |                    |                           |
|--------------------------------|--------------------|---------------------------|
| • Väestönsuojelu               | • Sairaalat        | • Teollisuus              |
| • Laboratoriot                 | • Sotilaskäyttö    | • Kenttä- ja laituskäyttö |
| • Monipuolinen                 | • Helppokäyttöinen | • Kevyt                   |
| • Kestävä                      | • Luotettava       | • Vesitiivis              |
| • Analogia- ja digitaalinäyttö | • Tiedon keruu     |                           |
| • Erilliset ilmaisimet         | • Tiedon siirto    |                           |



Kuva 38. RDS-120 –mittarin esite (Mirion Technologies (RADOS) Oy).

### Lähteet

Hyvönen Anneli, Kauppi Outi, Storm Henri: *Valo työssä Wallac Oy - Seitsemäntoista tarinaa 50 vuodesta tieteen etujoukoissa*. Wallac Oy, 2000. ISBN 951-9489-34-7.

## **Aihepiiriin liittyvää kirjallisuutta**

Aaltonen, Aarre. Nokian elektroniikkateollisuuden synty: nuorten kokeilijoiden ja keksijöiden pajasta huipputeollisuudeksi. Suomen Kaapelitehtaan elektroniikka 1960-1966. Kirjassa: Tienari, Martti (Toim.). Tietotekniikan alkuvuodet Suomessa. Suomen ATK-kustannus Oy, 1993. ISBN 951-762-182-5.

Ahosniemi, Arno. Jotta Suomessa voitaisiin huoletta kulkea. Ydinaseiden ja ydinpolttolainekysymyksen seuranta Suomessa kylmän sodan aikana. STUK-YTO-TR201. Säteilyturvakeskus, Helsinki 2004. ISBN 951-712-821-5.

Airo, Meri-Liisa (Ed.). Aerogeophysics in Finland 1972-2004. Methods, System Characteristics and Applications. Special paper 39. Geological Survey of Finland, Espoo 2005. ISBN 951-690-915-9.

Allo, Mai. Yhdessä ilmakehässä. Tieteen huipulle ydinturman jäljiltä. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura 2016. ISBN 978-952-222-726-3.

ATS – Ydintekniikka 2/2007. Suomen Atomiteknillinen Seura – Atomtekniska Sällskapet i Finland ry. ISSN-0356-0473.

ATS – Ydintekniikka 3/2007. Suomen Atomiteknillinen Seura – Atomtekniska Sällskapet i Finland ry. ISSN-0356-0473.

Bärs, Bruno. Drag ur FiR 1 reaktorns historia – del 1/2. ATS – Ydintekniikka 3/2008, s. 28-31.

Bärs, Bruno. Drag ur FiR 1 reaktorns historia – del 2/2. ATS – Ydintekniikka 4/2008, s. 18-21.

Elo, Mikko. Suojeluvarikko 1944-1994. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 1994. ISBN 951-25-0719-6.

Erkkilä, Veikko & Iivari, Pekka. Kylmää sotaa Lapissa. Vaiettujen tapahtumien todistajat. Kustannusosakeyhtiö Otava, Helsinki 2018. ISBN 978-951-1-31981-8.

Hiltunen, Jukka. Radiokemia Suomessa. Opetuksen, tutkimuksen ja sovellusten kehittyminen. Suomen Kemistiliiton Radiokemistien jaosto, Helsinki 1985. ISBN 951-99612-7-5.

Hoffman, Kai. Säteilyturvakeskuksen historia 1958-2008 – STUK 50. Säteilyturvakeskus, Helsinki 2008. ISBN 978-952-478-328-6.

Hyvärinen, Matti. ABC- ja polttosuojelu tänään. Suojelun kuusi vuosikymmentä 1933-1993. Suojelukoulun perinneyhdistys, 1993. ISBN 952-90-4654-5.

Hyvönen, Anneli, Kauppi, Outi & Storm, Henri: Valo työssä. Wallac Oy – Seitsemäntoista tarinaa 50 vuodesta tieteen etujoukoissa. Wallac Oy, 2000. ISBN 951-9489-34-7.

Jäfs, Daniel. Introduktionen av kärnkraften i Finland - En undersökning med fokus speciellt på vår verkstadsindustris roll. Åbo Akademis förlag, Åbo 2009. ISBN 978-951-765-473-9.

Järvinen, Seppo J. ja Markkanen, Jari J. Väestönsuojelu Helsingin suojana 1939-2014. Helsingin kaupungin pelastuslaitos, Helsinki 2015. ISBN 978-952-272-777-0

Kananen, Ilkka. Suomen huoltovarmuus. Riittääkö energia ja ruoka, toimiiko tiedonkulku? Docendo, Jyväskylä 2015. ISBN 978-952-291-188-9.

Kauranne, Kalevi. Ikuisesti nuori. Geologian tutkimuskeskuksen 125-vuotishistoriikki. Geologian tutkimuskeskus, Espoo 2010. ISBN 978-952-217-129-0.

Kiukas, Urho, Haahti, Usko Sakari, Huuhtanen, Unto ja Poppius, Uolevi. 50 vuotta väestönsuojelutyötä: Suomen väestönsuojelujärjestö 1927-1977. Väestönsuojelusäätiö, Helsinki, 1977. ISBN 951-99134-6-7.

Knuutila, Jukka. Helsingin väestön suojelu. Väestönsuojelun taustaa, toimintaa ja tapahtumia 1927-1989. Helsingin kaupungin väestönsuojelukeskus, Helsinki 1990. ISBN 951-771-903-5.

Koivukoski, Janne. Tshernobylin onnettomuus säteilyvalvontajärjestelmän kehittämisen käännekohtana – Säteilyvalvonta ennen ja jälkeen Tshernobylin. Publications of the University of Eastern Finland. Dissertations in Forestry and Natural Sciences No. 420. Itä-Suomen yliopisto, Kuopio 2021. ISBN 978-952-61-3736-0.

Kojo, Matti. Ydinjätepolitiikan osallistava käänne. Acta Universitatis Tamperensis 1987. Tampereen yliopisto, Johtamiskorkeakoulu 2014. Suomen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print, Tampere 2014. ISBN 978-951-44-9604-2.

Kuosa, Maunu. Suojelukoulutuksen kolme vuosikymmentä 1933-1962. Suojelukoulu 1963.

Lähteenmäki, Leena Elisa. Ydinkokeista ydinvoimaan – unohtuiko ympäristö? Asiantuntijoiden huomioimat ydinkokeiden säteilyvaikutukset sekä ydinvoiman tulevien ympäristöhaittojen arviointi Suomessa 1955–1969. Talous- ja sosiaalhistorian pro gradu. Helsingin yliopisto, Valtiotieteellinen tiedekunta 2006.

Marcus, Franz R. Half a Century of Nordic Nuclear Co-operation – An Insider's Recollections. NKS Secretariat, Roskilde 1997. ISBN 87-7893-018-9.

Mattsson, Rolf. Radioaktiivisuusmittausten alku Ilmatieteen laitoksessa. Kirjassa: Heikki Nevanlinna (Toim.). Kaisaniemestä Kumpulaan. Tutkimusta, havaintoja ja ihmisiä Ilmatieteen laitoksessa. Ilmatieteen laitos, Helsinki 2005, s. 185-194. ISBN 951-697-602-6.

Mäkinen, Markku, Mesilaakso, Markku ja Kantolahti, Erkki. Suomalainen NBC-symposiumi. CBRN-suojelun puolesta 20 vuotta. Juhlakirja. Suojelu, pelastus ja turvallisuus ry, 2012. ISBN 978-952-93-0814-9.

Nevanlinna, Heikki. Ilmatieteiden vaiheita ja vaikuttajia Suomessa. Bidrag till kännedom av Finlands natur och folk 215. Suomen Tiedeseura, Helsinki 2021. ISBN 978-951-653-455-1.

Poutanen, Lauri. Ankaraa kilpailua, säteilevää ystävyyttä. Verkostotutkimuksellinen näkökulma Suomen ydinvoima-alan kansallisiin henkilöverkostoihin ja sidosryhmiin 1950–1975. Historian pro gradu -tutkielma. Tampereen yliopisto, Yhteiskunta- ja kulttuuritieteiden yksikkö 2014.

Päiväläinen, Erkki. Kemian vuodet Harakassa. Harakan Perinneyhdistys ry, 1988. ISBN 951-99926-1-8.

Rajajärvi, Pekka. Väestönsuojien rakentamisen historia ja käsikirja 1927-2016. ISBN 978-952-93-7498-4.

Rytsä, Erkki (Toim.). Maatalouden tutkimuskeskuksen kahdeksan vuosikymmentä 1898-1978. Valtion painatuskeskus, Helsinki 1978. ISBN 951-729-117-5.

Räsänen, Tuomas. Supervaltojen ydinasevarustelun ympäristö- ja terveysvaikutukset. Kirjassa: Simo Laakkonen & Timo Vuorisalo (Toim.). Sodan ekologia. Nykyaikaisen sodankäynnin ympäristöhistoriaa. Historiallinen Arkisto 125. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Helsinki 2007, s. 527-578. ISBN 978-951-746-875-6.

Seppinen, Ilkka. Ilmatieteen laitos 1838-1988. Ilmatieteen laitos, Helsinki 1988. ISBN 951-697-272-1.

Suksi, U. J., Jaakkola, T., Lehto, J., & Suorsa, V. (Toim.). Radiokemia Suomessa II-osa: Opetuksen, tutkimuksen ja sovellusten kehittyminen. Helsingin yliopisto, Radiokemian laboratorio, Helsinki 2014. ISBN 978-952-10-9937-3.

Särkikoski, Tuomo. Rauhan atomi, sodan koodi. Suomalaisen atomivoimaratkaisun teknopolitiikka 1955–1970. Historiallisia tutkimuksia Helsingin yliopistosta XXV. Helsingin yliopisto, Filosofian, historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos. Unigrafia, Helsinki 2011. ISBN 978-952-10-7286-4.

Säteilyvalvontatoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1965: B 63. Helsinki 1965.

Toivonen, Pentti. Puolustusvoimien Tutkimuskeskus 1919-1994. Puolustusvoimien tutkimuskeskus, Helsinki 1994. ISBN 951-25-0685-8.

Tuomi, Paavo. 50 vuotta atomin särkemistä Suomessa. Tekniikan Waiheita 3/05. s. 5-16.







**Suojelu, pelastus ja turvallisuus ry**

**ISBN 978-952-69028-3-8 (pehmeäkantinen)**

**ISBN 978-952-69028-4-5 (PDF)**

**Picaset Oy  
Helsinki 2023**