

ATS

Tiedotuslehti n:o 2/1974

Sisältö:

Ydinenergia ja yleisö

Esitelmä ATS:n ekskursion yhteydessä
Finlandia-laivalla 1973-05-13
Risto Tarjanne

Referaatit pohjoismaisen säteilyntutkimuksen ja
säteilyteknologian yhdistyksen 4. vuosikokouk-
sesta sekä symposiosta "Ydintekniikan käyttö
vieraiden aineiden tutkimiseksi ravinnossa ja
ympäristössä:

Esitelmä ATS:n kokouksessa 1973-09-27
Juhani Kuusi

Henkilökohtaisen säteilytarkkailun menetelmät
ja toimintaohjelmat normaali- ja poikkeusolosuh-
teissa

Esitelmä ATS:n kokouksessa 1973-10-25
Matti Toivonen

DI Risto Tarjanne

Esitelmä ATS:n ekskursion yhteydessä Finlandia-laivalla
1973-05-13

YDINENERGIA JA YLEISÖ

	sivu
1. Johdanto	1
2. Ydinenergian käytön aiheuttamat vaarat	2
3. Energian tarve	3
4. Missä maissa on ollut vastustusta yleisön taholta	3
5. Ydinenergian vastaisten liikkeiden analysointia	4
6. Ydinenergian vastaista materiaalia	5
7. Suomessa tapahtunut kirjoittelu	7
8. Ruotsin ydinvoimalaohjelman nykytilanne	8
9. Varsinaisen yleisön suhtautumiseen vaikuttavia tekijöitä	9
Kirjallisuusviitteet	10

1. Johdanto

Esitelmän nimenä voisi yhtä hyvin olla ' ydinenergia, turvallisuus ja yleisö', koska yleisön suhtautuminen ydinenergian käyttöön perustuu suurimmalta osalta siihen, miten turvattomana tai turvallisena itse kukin pitää ydinvoimaa. Sana 'turvallisuus' on kuitenkin jätetty esitelmän nimestä pois, koska turvallisuutta käsitellään vain siltä osin, mitä se vaikuttaa yleisön suhtautumiseen ydinenergiaan.

Toinen täsmennystä kaipaava kohta esitelmän nimessä on sana 'yleisö'. Sillä voidaan tarkoittaa joko koko yleisöä tai sitä pientä ryhmää yleisöstä, joka tuo julki käsityksiään ja mielipiteitään ydinenergiasta. Tämä viimeksi mainittu joukko ei suinkaan edusta satunnaista otosta yleisöstä; päinvastoin. Toisaalta kuitenkin tämän aktiivisen joukon mielipiteet iskostuvat vastaanottavasta yksilöstä riippuvassa määrin yleisöön.

Bo Lindellin ja Sven Löfvebergin kirjassa "Kärnkraften, människans och säkerheten" /1/ on yritetty kuvata objektiivisesti kirjan nimen mukaista aihepiiriä. Myös tämä esitelmä perustuu paljolti ko. kirjan /1/ sisältämään monipuoliseen materiaaliin.

Korostettakoon jo näin aluksi, että aihe 'ydinenergia ja yleisö' on varsin monitahoinen, ja sen käsittely objektiivisesti on vaikeaa. Käsittelytapa riippuu edelleen siitä, minkä tasoiselle kuulijakunnalle asiasta puhutaan. Yksi tyypillinen asetelma on se, että ydinenergian käytön puoltaja yrittää kumota ydinenergian vastustajan väitteitä. Tällöin puoltajalla on painolastina se, että hänen oman tulevaisuutensa ammatissaan voidaan väittää kytkeytyvän melko läheisesti ydinenergian käyttöön. Tärkeätä on silloin se, että hän pystyy olemaan objektiivinen analysoidessaan ydinenergian vastustajan väitteitä, jotka yleensä pohjautuvat osittain tosiasioihin ja osittain virheellisiin, vaillinaisiin tai vääristeltuihin tietoihin.

Tarkasteltaessa yleisön suhtautumista ydinenergian käyttöön on syytä muistaa se, että yleisön vähäiset perustiedot sekä ydinenergian tunnetuksi tuleminen sotilaallisena tuhoaseena aiheuttavat yleisön keskuudessa pelonsekaista kunnioitusta ydinenergiaa kohtaan.

2. Ydinenergian käytön aiheuttamat vaarat

Jättämällä huomioonottamatta ydinvoiman tuottoon liittyvän jäähdytysveden lämpötilan nousun vaikutukset voidaan ydinenergiaan liittyvät riskit jakaa esim. reuraavalla tavalla viiteen eri ryhmään /2/:

- 1) Radioaktiiviset päästöt ydinvoimaloiden normaalikäytössä. Mikäli suunniteltu rakennusohjelma toteutetaan, nousisi v. 2000 keskimääräinen säteilytaso maapallolla n. 10% siitä, mitä luonnon radioaktiivinen taustasäteily aiheuttaa säteilyannosta. Säteilyn aiheuttama lisäriski syöpään ja geneettisiin vaurioihin on huomattavasti pienempi kuin mitä kemialliset epäpuhtaudet (rikkidioksidi ym.) aiheuttavat.
- 2) Onnettomuusriskit ovat vaikeammin arvioitavissa. Jos kaikki jäähdytysjärjestelmät pettäisivät samanaikaisesti ydinvoimalaitoksessa (esim. sabotaasiⁿ tai maanjäristyksen seurauksena), voisi reaktorisydän sulaa, mutta suljettu suojarakennus pitäisi kuitenkin niin, että kuumat radioaktiiviset kaasut vain hitaasti vuotaisivat ulos. Jos ydinvoimala sijoitetaan harvaan-asutulle seudulle, jää riski kuolettaville vammoille erittäin pieneksi myös em. onnettomuudessa. Koska suuri määrä ihmisiä saattaisi joutua suurten säteilyannosten vaikutuksen alaiseksi, ennenkuin kaasupilvi ennättäisi hajaantua ja säteily vähentyä, olisi em. onnettomuutta kuitenkin pidettävä erittäin vakavana. Todennäköisyyttä, että sellainen tapahtuu, voidaan kuitenkin pitää huomattavasti pienempänä kuin vastaavia suuronnettomuuksia muussa vaarallisessa teollisuudessa, kuten kaasulaitoksilla tai massatehtailla, joissa on suurta kloorisäiliöitä.
- 3) Käytettyjen polttoaine-elementtien kuljetukseen liittyvät omat vaaransa. Esim. Ruotsista kuljetetaan polttoaine englantilaiseen Windscalen jälleenkäsittelylaitokseen kuorma-autolla ja laivalla. Autot voivat ajaa kolareita ja palaa, ja laivat voivat palaa ja upota. Tämän johdosta kuljetussäiliöt on konstruoitu kestämään kymmenen metrin pudotuksen, bensiinipaloa puolisen tuntia ja suurien syvyyksien veden painetta vuotamatta. Itä- ja Pohjanmeren syvyys ei myöskään ole niin suuri, etteikö kponnutta kuljetuslaivaa aina voitaisi nostaa.
- 4) Kun polttoaine-elementti on jälleenkäsitelty kemiallisesti uraanin ja plutoniumin erottamiseksi, saadaan typpihappoon

liuotettua radioaktiivista jätettä, jonka varastointiin liittyy tiettyjä riskejä. Vaikka näiden jätteiden varastoinnin suhteen ei ole vielä tehty lopullista yleismaailmallista päätöstä, niin tuskin asiaan liittyy mitään ylitsepääsemättömiä vaikeuksia.

- 5) Ehkä vakavimmaksi riskitekijäksi tulee kysymys siitä, voiko joku pikkuvaltio tai järjestö salaa hankkia itselleen jälleenkäsittelystä saatavaa plutoniumia ja muuttaa sen terroriaseeksi. Esim. USA:n mafia hallitsee siinä määrin maantiekuljetuksia, että se pystyy saamaan haltuunsa mitä tahansa maanteitse kuljetettavaa tavaraa.

Mitä tulee kehitteillä oleviin hyötöreaktoreihin liittyviin vaaroihin, niin on toistaiseksi liian aikaista olla vakavasti huolissaan vaaroista, joita ei vielä ole olemassa.

3. Energian tarve

Tarkasteltaessa ydinenergian vastaista osuutta ja asemaa maapallon energianhoullossa on luonnollisesti samanaikaisesti oltava selvillä tulevaisuuden energiantarpeen kehityksestä ja mahdollisista pyrkimyksistä kehityksen ohjaamiseksi. Energian tarpeen tyydyttäminen taas tapahtuu pääasiallisesti ydinenergialla tai konventionaalisella polttoaineella. Tehtäessä valintaa näiden välillä on tiedostettava kumpaisenkin hyödyt ja haitat.

Asia erikseen on kysymys siitä, kuinka kauan nykyinen kasvu voi jatkua; jossain vaiheessahan täytyy ihmiskunnan siirtyä nollakasvun linjalle. Varmaa on kuitenkin, että äkkinäinen nollakasvuun siirtyminen olisi niin jyrkkä toimenpide, että siitä olisi ihmiskunnalle enemmän haittaa kuin hyötyä

4. Missä maissa on ollut vastustusta yleisön taholta

USA, missä reaktoriteknologia on edennyt pisimmälle, on ollut edelläkävijämaa myös ydinenergianvastaisten mielipiteiden esiintuomisessa. Eurooppalaiset ydinenergian vastaiset liikkeet ovat saaneet paljon materiaalia USA:sta. Kiivainta keskustelu on ollut

Sveitsissä, Saksan Liittotasavallassa, Itävallassa ja Italiassa. Myös Ruotsissa on asiasta "innostuttu" jonkun verran. Suomen osalta on julkinen keskustelu ydinenergiasta ainakin toistaiseksi ollut melkoisen laimeata.

5. Ydinenergian vastaisten liikkeiden analysointia

Ydinenergian vastustuksen analysointi on siinä mielessä vaikeaa, että helposti syyllistyy itse subjektiivisuuteen, josta juuri vastapuolta arvostellaan. Vastustajien mielipiteet eivät ole kaikki vääriä; ne saattavat johtua väärinkäsityksistä, ymmärtämättömyydestä tai tietämättömyydestä.

Mitä tulee toiseen osapuoleen; niin ydinenergian puoltajat, kuten tiedemiehet ja säteilysuojeluasiantuntijat ovat usein liiankin herkkiä kritiikille, mikä myös saatetaan virheellisesti tulkita henkilökohtaiseksi. Koska esim. viranomaisilla on varsinaisen työnsä puolesta kova paine ja suuri vastuu, ei heillä useinkaan ole siinä määrin aikaa, mitä keskustelut ihmisten kanssa vaatisivat.

Useimmiten eriävien mielipiteiden esittäjillä on melkoinen maine tai akateemisia meriittejä, kuten "tunnettu tutkija, nobelpalkinnonsaaja, kansainvälinen tutkija jne.". Yleensä nämä meriitit on saavutettu muilla aloilla, joten ko. asiantuntijat edustavat tavallisten maallikkojen tietojen tasoa heidän lausussaan mielipiteitään ydinenergiasta. Hyviä esimerkkejä tällaisista henkilöistä on sveitsiläisten esittämässä Geneven konferenssin 1971 paperissa /3/, joskin kirjoittajat erehtyvät käyttämään liiankin kärkevää kieltä julkituodessaan mielipiteitään. Paperissa /3/ on mainittu mm. "naturalismin entinen apostoli prof. tri h.c. W.Zimmermann, jonka 'akateemiset' tittelit joku tunnistamaton japanilainen yliopisto on ilmeisesti myöntänyt hänelle kunnioittavassa ominaisuudessa".

Analysoitaessa kriittisiä ryhmiä ja heidän taustaansa voidaan jaottelu suorittaa monella tavoin. Viitteessä /1/ (s235) on esitetty seuraava jaottelu:

- Levottomat- ne, jotka tietämättömyyden ja vaillinaisten tietojen perusteella pelkäävät tuntematonta

- Fanaattiset - ne, joilla on fanaattinen asenne säteilyä kohtaan sinänsä
- Laskelmoivat - ne, jotka käyttävät säteilyyn liittyvää pelkoa taistellakseen jotakin muuta vastaan kuin heidän varsinaista maalitauluaan, esim. ydinaseita
- Poliittiset - ne, jotka tuntiessaan levottomuutta tulevaisuuden suhteen tai välittömistä poliittisista syistä pitävät kasvavaa energiankulutusta pahana ja ovat sen tähden ydinvoimailoita vastaan
- Paranoidiset - sairaalloisesti levottomat ja epäileväiset
- Epäileväiset - ne, jotka vetävät johtopäätöksensä pohjautuen yhteiskunnan tähänastisiin laiminlyönteihin ja kykenemättömyyteen käsitellä muita ympäristönlikaajia ja näin ollen olettavat, etteivät viranomaiset milloinkaan ole omistaneet säteily-suojelulle mitään suurempaa huolta.
- Varovaiset - ne, joilla on paremmat tiedot kuin levottomilla, mutta heidän tietonsa ovat epätäydelliset tai he arvioivat väärin säteilyriskit muihin riskeihin verrattuna.
- Närkästyneet - ne, joiden mielestä viranomaiset käyttävät väärää menetelmiä
- Asianosaiset - ne, jotka asuvat lähellä esim. ydinvoimalaitosta
- Julkisuudenkipeät - ne, joilla on halu esittää populaariset mielipiteensä ja siten saavuttaa mainetta

Edellä luetellut ryhmät menevät yleensä päällekkäin ts. yksi henkilö voidaan liittää pariin kolmeen ryhmään. Vastustajilla on yleensä kunnioitettavat motiivit, ja heillä on myös oikeata asiaa jossakin kohtaa kritiikissään. Oikeutettuun kritiikkiin vastattaessa on hyvä muistaa Thorildin motto (/1/s.236) : "Mitään ei tehdä sen vikojen vuoksi, vaan sen arvon vuoksi".

6. Ydinenergian vastaista materiaalia

Seuraavassa on tarkoitus käydä lävitse sitä materiaalia, jota on esitetty ydinenergian vastustajien taholta.

Einsteinin ja Schweitzerin siteerauksia, jotka itse asiassa liittyvät atomipommin arvosteluun, liitetään virheellisesti myös

ydinenergian rauhanomaiseen käyttöön.

Pauling ja Teller kävivät 1950-luvun lopulla keskenään sanasotaa ydinpommikokeiden hyödyistä ja haitoista. Edellinen esitti ehkä hieman liian suurina pommikokeiden aiheuttamat säteilyvahingot, kun taas jälkimmäinen puolusteli kokeita sillä, että säilyttämällä voimatasapaino USA:n ja Neuvostoliiton välillä turvataan rauha.

1950-luvulla julkaistiin melkoisesti vaihtelevan tasoista ydinenergianvastaista kirjallisuutta (/1/ s.244).

General Electricin ja Westinghousen tarjottua reaktoreitaan v. 1965 kaupalliseen käyttöön Yhdysvalloissa herätti närkästystä se, että AEC oli ottanut itselleen kaksinkertaisen vastuun: toisaalta se on mukana kehittämässä atomienergian hyväksikäyttöä ja toisaalta se vastaa reaktoreiden turvallisuudesta. Lisäksi syntyi paljon turhiakin epäluuloja AEC:tä kohtaan, kun se oli pitänyt salassa monia ydinaseisiin liittyviä tietoja. AEC:n toiminta antoi useita argumentteja ydinvoimaa vastaan, joskin vastustajat ampuivat usein paljon yli maalin.

Elisabeth Hogan voidaan lähinnä lukea kuuluvaksi ammattimaisiin populääritieteellisiin kirjaililijoihin, joka pyrkii vetoamaan lukijan sensaationälkään. Kuuluisin hänen teoksistaan lienee kirja "Perils of the peaceful atom - the myth of safe nuclear power plants" /15/ jonka hän on julkaissut yhdessä Richard Curtisin kanssa v.1969. Kirjoittajat käyttävät taitavasti hyväksi vajaita sitaatteja ja esittävät näennäisesti relevantteja, mutta todellisuudessa asiaankuulumattomia tietoja tavalla, jonka vain asian tuntija huomaa. Lisäksi kirjoittajat käyttävät tunneperäistä kieltä tehdäkseen lukijaan vaikutuksen.

Ruotsissa on julkaistu kirjoituksia ja pamfletteja, joissa on käytetty Elisabeth Hoganin tunneperäistä kieltä ja lainaustekniikkaa. Pamflettejen materiaali on saatu suureksi osaksi saksalaisista ja itävaltalaisista atomienergian vastaisista brosyreista. Tästä on peräisin mm. iskulause "Mieluummin aktiivinen tänään kuin radioaktiivinen huomenna".

Niitä tietoja, jotka levitetään tällä tavoin, on usein vaikea oikaista. Ensinnäkin tietolähde on harvoin selvästi ilmoitettu tai se on toisen tai kolmannen käden kirjoitus tai lausunto. Toiseksi on erittäin aikaavieppää tarkistaa, että tiedot ovat oikeita. Tässä kriitikot käyttävät hyväksi sitä asiantuntijoiden heikkoa kohtaa, että^{nämä} eivät tahdo antaa lausuntoja, joita ei voi nojata tarkastettavissa oleviin tosiasioihin. Kriitikko voi esittää väitteen vaivautumatta tarkistamaan lähdeä. Väitettä ei voida kumota tyydyttävällä tavalla, ennenkuin sellainen tarkistus on tapahtunut. Tällaisesta tuskin syntyy yhtäläisillä ehdoilla tapahtuvaa mielipiteiden vaihtoa.

Muusta ydinenergianvastaisesta materiaalista mainittakoon seuraavat:

- Professori Ernest Sternglassin (säteily- ja sairaalafyysikko) kirjoitus "The Death of All Children" (/1/s.254) v.1969. Sternglass on tulkitsemalla varsin omaperäisesti lapsikuolleisuuden muuttumista vetänyt johtopäätöksiä ydinpommikokeiden ja lapsikuolleisuuden välisestä korrelaatiosta.
- V. 1965 julkaisi Mrs. Weik pamfletin "The Story Nobody Prints", jossa kerrottiin mm., miten kaksi poikaa oli löytänyt epämuodostuneita sammakoita eräästä lammikosta (/1/ s.260). Tapaus yhdistettiin yksioikoisesti ydinvoimateollisuuteen. Myöhemmin on epämuodostunut sammakko esiintynyt usein tiedotusvälineissä.
- Tutkijapari Gofman (ydinkemisti+lääketieteellinen koulutus) ja Tamplin (biokemisti ja biofyysikko) laskeskelivat säteilyn aiheuttamia syöpäriskejä lähtien melko kevyenlaisista alkuoletuksista ja päätyivät 5...10 kertaa niin suuriin syöpänsairastumislukuihin kuin mitä ICRP on arvioinut (/1/ s.277).

7. Suomessa tapahtunut kirjoittelu

Suomen osalta on yleisön suhtautuminen ydinenergian käyttöön ollut melko neutraalia; ainakin verrattuna USA:han, Sveitsiin ja Saksan Liittotasavaltaan. Mitään varsinaisia pidempiä kiistelyitä ei ole käyty sanomalehtien palstoilla. Joitakin irrallisia, lähinnä yleisön herättämiseksi tarkoitettuja ja melkoisesti yliammuttuja juttuja on esiintynyt viimeaikoina.

Helsingin Sanomat julkaisi 1973-04-30 The Guardian lehdestä lainatun jutun "Epäilyjä ydinvoiman tulevaisuudesta"/7/, jossa osittain on järkevää asiaa ja osittain tunneperäistä liioittelua. Nyrkkipostin artikkeli "Miksi ydinreaktoreiden vaaroista vaietaan"/8/ toi esiin lukijan tunteisiin vedoten ydinenergian aiheuttamia riskejä. Mainitsemalla joitakin pitkiä radioaktiivisten aineiden puoliintumisaikoja on pyritty lisäämään tekstin iskevyyttä.

Televisiossa 1973-05-05 (TV 2 klo 19.15) esitetty Granada TV:n tuottama filmi "Ovatko reaktorit turvallisia" /9/ toi esiin reaktoreihin liittyviä riskejä ja epäkohtia. Reportaasi perustui pääosalta noin viiden ydinvoimateollisuudesta syystä tai toisesta erotetuksi tulleen miehen haastatteluihin, jotka eivät suinkaan edustaneet satunnaista otosta alalla työskentelevistä. Tuntematta paremmin itse kunkin haastatellun ja hänen kertomuksensa taustaa on mahdotonta vetää kovin syvällisiä johtopäätöksiä näistä tapuksista.

Tuotakoon tässä yhteydessä myös esille Tiedonantajassa 1973-05-05 ollut artikkeli "Näinkö myös Suomessa: Imperialismin keskukset energiakriisin kourissa" /10/. Kirjoitus ei ole sinänsä ydinenergiaa vastaan, vaan se käsittelee idän ja lännen reaktoriturvallisuuden vertailua sekä Suomen reaktoritilauksia ja ydinvoimala-asiantuntemusta. Puuttumatta sen tarkemmin kirjoituksen eri yksityiskohtiin voin ainakin reaktoriturvallisuuden osalta todeta, että kirjoittajat ilmeisen vähäisen tietomääränsä pohjalta analysoivat idän ja lännen reaktoreiden turvallisuutta ja vetävät sellaisia johtopäätöksiä, joita en ole havainnut aikaisemmin niin idän kuin lännen reaktorialan kirjallisuudessa. Viittaan tässä yhteydessä Geneven konferenssissa 1971 esitettyyn neuvostoliittolaiseen paperiin /5/, joka ei erilaisten reaktorionnettomuuksien huomioonottamisessa ole sopusoinnussa Tiedonantajajan artikkelin antaman kuvan kanssa.

8. Ruotsin ydinvoimalaohjelman nykytilanne

Ruotsissa on ydinvoimaloiden rakentaminen kohdannut vastustusta Ruotsin valtiopäivien asettaman komitean mietinnössä, joka julkaistiin 1973-05-10 /11/. Tässä ehdotetaan, että "ydinvoimaloiden rakentaminen lopetetaan siihen saakka, kunnes radioaktiivisesta säteilystä aiheutuvat vaarat on täydellisesti tutkittu". Mietin-

nössä vedotaan edelleen siihen, että Ruotsilla on suhteessa maan väestöön maailman laajin ydinvoimalaohjelma, joten Ruotsilla olisi tilaisuus ja myös velvollisuus olla jonkinlaisena tiennäyttäjänä tällä alalla.

9. "Varsinaisen yleisön" suhtautumiseen vaikuttavia tekijöitä

Edellä on lähinnä käsitelty suhtaamista ydinenergian käyttöön sen pienen yleisöä edustavan joukon piirissä, joka tuo aktiivisesti mielipiteitään esille julkisissa tiedotusvälineissä ym:ssä. Varsinaisen yleisön eli ns. "kansan syvien rivien" suhtautumista on tarkasteltava ainakin osittain erillään tästä aktiivisesta ryhmästä.

Karlsruhessa pidetyn Reaktortagung-73:n yhteydessä käydyssä paneelikeskustelussa puututtiin tähän kysymykseen /12/. Selitykseksi siihen, että Sveitsissä ja Saksan Liittotasavallassa ydinenergian vastustus on saanut sangen suuret joukot liikkeelle todettiin mm. seuraavaa: Saksan koulukirjat antavat energian tuotannosta sellaisen kuvan, että hiili on ainoa ja riittävä energianlähde. Kouluopetuksessa pitäisi tuoda sopivalla tavalla esille tekniikan panos yhteiskunnan kehityksessä. Toiseksi syyksi todettiin se, että Saksassa ja Sveitsissä sähkön tuotanto on paljolti yksityisten käsissä, mikä jo sinänsä aiheuttaa tietoisissä piireissä vastustusta. Edelleen tuotiin esille se, että yleisön todetessa konkreettisesti riippuvaisuutensa energian tuotannosta, kuten tapahtui USA:ssa suuren sähkökatkoksen yhteydessä, muuttuu yleisön suhtautumisen^uⁿ asiaan.

Asiaa tuntemattomalle yleisölle soveltuvan kielen (=kielellisen ilmaisuuden) kehittäminen on myös tärkeätä. Esimerkiksi ilmaisu "se ja se laitos tulee kriittiseksi silloin ja silloin" saattaa tuntua pelottavalta. Samoin "riski"-käsite on vaikeasti selvitettävissä tavalliselle kansalle.

Viitteessä /4/ on varsin seikkaperäisesti analysoitu sitä, miten varsinaiselle yleisölle tulisi välittää asianmukaista tietoa ydinenergian käytöstä. Olosuhteista riippuen on valittava oikea strategia ja käytettävissä olevia keinoja ovat mm. seuraavat:

- yksityiset ja kollektiiviset yhteydet (kokoukset, informaatio-tilaisuudet, laitoksille järjestettävät vierailut jne.)
- suhteet joukkotiedotusvälineisiin
- julkituomiskeinot (ilmoitukset, ryhmäristisiteet, sanomalehti-artikkelit)
- kirjallinen ja visuaalinen materiaali (lentolehtiset, pamfleetit, kirjat, aikakausjulkaisut, kuvat, filmit)
- opetusmenetelmät (konferenssit, näyttelyt, opetusfilmit, stipendit, kilpailut) .

Kirjallisuusviitteet

- /1/ Bo Lindell och Sven Löfveberg, *Kärnkraften, människan och säkerheten*, Allmänna Förlaget, Stockholm 1972
- /2/ Bo Lindellin haastattelu Dagens Nyheter-sanomalehdessä 1973-05-11
- /3/ P.Feuz et al., *Swiss public opinion and nuclear enrgy*, A/CONF.49/P/676 (1971)
- /4/ A.Robin et al., *Environmental effects and public relations*, A/CONF.49/P/681 (1971)
- /5/ Yu.A.Izrael and E.N. Teverovsky, *Prospectts of wide use of atomic energy with radiation safety of population*, A/CONF.49/P/684
- /6/ *Gefährdet Kernenergie die Umwelt? Atomwirtschaft-atomtechnik:in julkaisema kirjanen*
- /7/ Simon Winchester, 'Epäilyjä ydinvoiman tulevaisuudesta', *Helsingin Sanomat* 1973-04-30
- /8/ Timo Mäkelä, 'Tietoisku Loviisalle, Vuosaarelle, koko Suomelle... MIKSI ydinreaktoreiden vaaroista vaietaan? Nyrkkiposti no 1973
- /9/ Granada Tv, 'Ovatko reaktorit turvallaisia', esitetty TV 2:ssa 1973-05-05 klo 19.15
- /10/ Bruno Bärs ja Tuomas Mankamo, 'Näinkö myös Suomessa: Imperialismin keskukset energiakriisin kourissa', *Tiedonantaja* 1973-05-05
- /11/ Uutinen komiteamietinnöstä Dagens Nyheter-sanomalehdessä 1973-05-10
- /12/ *Matkakertomus DI Eero Patrakan ja DI Risto Tarjanteen matkasta Deutsches Atomforum E.V.:n reaktoripäiville 9.-14.4.1973*
- /13/ *Acht Argumente gegen die Kernenergie, Atomwirtschaft-atomtechnikin julkaisema kirjanen*
- /14/ *Antworten auf Fragen zur Kernenergie, Deutsches Atomforum E.V. (1971)*
- /15/ R.Curtis and E.Hogan, *Perils of the Peaceful Atom - The myth of safe nuclear power plants*, London 1970

REFERAATIT POHJOISMAISEN SÄTEILYNTUTKIMUKSEN JA SÄTEILYTEKNOLOGIAN YHDISTYKSEN 4. VUOSIKOKOUKSESTA SEKÄ SYMPOSIOSTA YDINTEKNIIKAN KÄYTTÖ VIERAIDEN AINEIDEN TUTKIMISEKSI RAVINNOSSA JA YMPÄRISTÖSSÄ
(ATS:n kokous 1973-09-27)

Pohjoismaisen säteilyntutkimuksen ja säteilyteknologian yhdistyksen 4. vuosikokous

Pohjoismaisen säteilyntutkimuksen ja säteilyteknologian yhdistyksen neljännen vuosikokouksen yhteydessä järjestettiin pääosiltaan VTT:n toimesta Otaniemessä 20...21.8. kaksipäiväinen symposio, minkä ensimmäisen päivän nimenä oli "Säteily ja tutkimus" ja toisen "Säteily ja teollisuus".

Symposioon osallistui noin 80 henkilöä, joista 30 oli muista pohjoismaista ja 2 kutsuttua esitelmöijää pohjoismaiden ulkopuolelta.

Säteily ja tutkimus

Ensimmäisen, mitemä säteily ja tutkimus kantavan päivän ohjelma käsitti prof. Joseph Silvermanin (University of Maryland, USA) kutsutun yleiskatsausluonteisen esitelmän "Research in Radiation Chemistry", 11 tieteellistä tiedonantoa sekä säteilyntutkimusta ja pohjoismaista yhteistyötä koskettelevan panelikeskustelun.

Säteilytyskemiaallinen tutkimus käsittää pääasiassa välittömästi

säteilyn ja aineen vuorovaikutustapahtuman jälkeen (10^{-15} - 10^{-5} s) tapahtuvien, suurelta osaltaan kemiallisluonteisten ilmiöiden selvittämistä. Silverman antoi esityksessään selkeän katsauksen tähän säteilyteknologian perustana olevaan tutkimustyöhön käsitellen myös niitä vaikeuksia, mitä ilmiöiden nopeus aiheuttaa kokeelliselle tutkimustyölle. Useiden ilmiöiden aikavakiothan ovat jopa luokkaa 10^{-12} , missä ajassa valo kulkee vain millimetrin kolmasosan.

Tieteelliset tiedonannot käsittelivät hyvin pitkälle spesiaalisoituneita tutkimuksia.

Säteily ja teollisuus

Kokouksen toisena nimeä "Säteily ja teollisuus" kantavana päivänä kuultiin 8 säteilyteknologian erilaisia teollisuussovellutuksia koskettavaa kutsuttua esitelmää sekä käytiin teollisia tulevaisuudennäkymiä koskettava paneelikeskustelu. Esityksistä mainittakoon J. Silvermanin yleiskatsaus teollisiin sovellutuksiin nyt ja tulevaisuudessa, prof. S. Okamuran (Kioton yliopisto) "Japanin katsaus" sekä prof. Jorma K. Miettisen elintarvikkeiden säteilysäilönnän tulevaisuuden näkymiä koskettava esitys.

Säteilytyslaitteistojen ja säteilytyskemiallisen perustietämyksen kehittymisen myötä ovat säteilyteknologian näkymät Silvermanin mukaan nykyään hyvin valoisat. Merkittävimmän sovellutusalueen muodostavat edelleen erilaiset muovien ominaisuuksien parantamismenetelmät (lämpöä kestävä eristeet, rypis-

tymättömät kankaat jne.), pinnoitepolymerointi ym. Huomattavana etuna tuotantoprosessien kohdalla piti Silverman näiden pientä energiankulutusta ja ympäristöystävällisyyttä. Säteily-säilönnän näkymiä kuvaavassa esityksessään selosti J.K. Miettinen mm. käynnissä olevaa suurta kansainvälistä nautittavuusprojektia, minkä avulla pyritään saavutettavien edistysaskeleiden käytännön hyväksi käyttö varmistamaan.

FAO/IAEA/WHO Symposium on Nuclear Techniques in Comparative Studies of Food and Environmental Contamination

Kansainvälinen atomienergiajärjestö (IAEA), YK:n maatalous- ja ravintojärjestö (FAO) sekä Maailman terveysjärjestö (WHO) pitivät Suomen hallituksen kutsumana symposion "Ydinteknillisten menetelmien käyttö ravinnon ja ympäristön vieraiden aineiden tutkimuksessa" Otaniemessä 27...31.8. Symposion paikallisista järjestelyistä Suomessa huolehti VTT.

Symposioon osallistui 23 eri maan ja 4 kansainvälisen järjestön lähettämää edustajaa, yhteensä 102. Esitelmien lukumäärä oli 56, joista 6 oli Pohjoismaista (4 Suomesta, 1 Ruotsista ja 1 Tanskasta).

Symposion päämääriä kuvaa ehkä parhaiten sen ensimmäisessä määrittelytekstissä mainittu pyrkimys "ottaa askel kohti ravinnon ja ympäristön saastumiseen liittyvien kysymysten laaja-alaista kokonaistarkastelua". Vaikka symposio nimensä mukaisesti olikin menetelmäpohjainen, oli esitelmien joukossa suuri määrä aivan yleisestikin saastumisongelmia käsitteleviä korkeatasoisia luentoja, joista esimerkkeinä mainittakoon seuraavat. F. Korte (Institut für Ökologische Chemie der T.U. München, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung) "Global inputs and trends of chemical residues in the biosphere"

sekä M.J. Karvonen (Työterveyslaitos, Helsinki, Finland)
 "Air pollution and its health effects: heavy metals and hydrocarbons" ja E. Häsänen (Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Otaniemi, Finland) "The mercury pollution of the aquatic environment in Finland".

F. Korte kuvaili esitelmässään havainnollisin esimerkein vaikuttavia parametrejä, muutosten kemiallisia riippuvuussuhteita sekä tarkasteli edellytyksiä saastumisen lisääntymisen estämiseksi. Liitteessä 1 nähdään "esimerkkeinä esimerkeistä" merkittävän ympäristövaaran muodostavien orgaanisten kemikaalien globaalisia tuotantolukuarvoja sekä konsentraatioita, joihin päädyttäisiin, mikäli nykytuotanto levitettäisiin eri tavoin maapallolle.

Eräänä ensimmäisistä askeleista saastumisen lisääntymisen ehkäisemiseksi tulisi pyrkiä mahdollisimman tarkkaan koko maapallon kemikaalien tuoton ja käyttötapojen inventointiin ja kehityksen ennustamiseen, jotta jo etukäteen voitaisiin kartoittaa ja eliminoida merkittävimpiä ympäristövaaratekijöitä, jottei tarvitsisi tyytyä vain haittoja toteavaan, passiiviseen ympäristösuojelutoimintaan.

M.J. Karvosen esittämiä ilman lyijypitoisuuksia erilaisissa kaupunkiolosuhteissa ja maaseudulla, väestön veren lyijypitoisuuksia kaupungissa ja maaseudulla sekä "lyijyvaarallista" työtä tekevien ihmisten veren lyijypitoisuuksia nähdään liitteissä 2 ja 3. Koska maaseudun ja kaupungin väestöillä havaitut pitoisuudet olivat yhtä suuria, on ravinnon osuus veren

lyijypitoisuuteen ilmeisesti dominoiva silloin, kun ilman lyijypitoisuus alittaa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mitä "lyijyvaarallista" työtä tekevien henkilöiden veren lyijypitoisuuteen ja terveydellisiin haittoihin tulee voidaan todeta, että klassillisen lyijymyrkytyksen oireita ei havaita pitoisuuden ollessa $150 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Kuitenkin on huomattava, että jo alueella $40-70 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ havaitaan vähäisiä muutoksia tietyissä biologisissa toiminnoissa.

Kokonaisuudessaan valotti symposio arvokkaalla tavalla vieraiden aineiden, erikoisesti raskaiden metallien ja orgaanisten kemikalioiden (erikoisesti DDT, dieldrin, ym.) ympäristöön leviämisen määriä ja mekanismeja sekä tämän leviämisen tutkimusmenetelmiä.

Luonnon radioaktiivisuuteen tai radioaktiiviseen laskeumaan liittyvistä esityksistä mainittakoon erikoisesti R.B.R. Perssonin (Lunds Universitet, Lund, Sweden) mielenkiintoinen luonnon radioisotooppia ^{210}Pb hyväksi käyttämä ravintoketjun tutkimus "Stable Lead and Radiolead (^{210}Pb) in the Food-Chain: Lichen-Reindeer-Man". Radioaktiivisuuden leviämistä ympäristöön käsiteltiin tavalla tai toisella seuraavissa kolmessa esityksessä: U. Häkkinen, E. Lakanen (Maatalouden tutkimuskeskus, Tikkurila, Finland) "The adsorption and the extraction of radiostrontium and -caesium in Finnish soils", H.M. Roushdy, M.K. Mouloukhia, S. Abdel-Latied, M.A. Abdel-Salam (Atomic Energy Authority and National Research Centre, Cairo, United Arab Republic of Egypt) "Availability of ^{90}Sr to different Egyptian plants through environmental radioactive contamination" and Y. Feige et al. (Radiation Safety Department Soreq Nuclear Research Center, Yavne, Israel) "Long-lived radionuclides in food: ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Israel diet".

Symposion viimeisessä istunnossa käsitteli F. Coulston (Institute of Comparative and Human Toxicology Albany Medical College of Union University, Albany, USA) esityksessään "No-effect level and extrapolation as applied to pesticide residues and radioactive substances" mielenkiintoisesti vieraiden kemikaalien määrän ja säteilyannoksen minimirajoja terveydellisten riskien kannalta. Yleisestihän on hyväksytty se, ettei säteilyannokselle voida esittää mitään selvää kynnyksrajaa, minkä alapuolella haittavaikutuksia ei lainkaan esiinny. Coulstonin mukaan tilanne on täysin vastaava vieraiden kemikaalien kohdalla ja vastaavaa ajattelutapaa tulisi soveltaa näidenkin suhteen.

Yleisesti voitaneen todeta, että radioaktiivisuus ja säteily yleensä on eräänlaisessa tavallaan malliksi kelpaavassa erikoisasemassa mitä ympäristövalvontaan, työsuojeluun ym. seikkoihin tulee. Ongelmat tällä sektorilla ovat niin nuoria ja tulivat ihmiskunnan tietoisuuteen niin dramaattisella tavalla, että näihin on alusta alkaen voitu ottaa sellainen ote mikä ehkä olisi ollut paikallaan monella muullakin sektorilla.

Referaatin loppuun liitettäköön seuraavat symposion tieteellisen sihteeristön laatimat suoritusluonteiset lopputoteamukset.

Conclusions (IAEA-SM-175/56)

1. Living animal and plant organisms are becoming exposed to an increasing range and complexity of foreign chemical and radioactive residues as a result of man's activities.
2. It is beyond present resources to measure and study all the likely residues and their possible biological effects either in isolation or on the basis of their possible joint action.
3. To obviate possibly unnecessary public alarm or the elaboration of unnecessary monitoring and control programmes it is possible to identify some research needs: -
 - 3.1 To obtain better comparative information on inputs, fate biological significance, with a view to identify critical pathways as a basis of monitoring and control.
 - 3.2 To intensify studies of the relationship between detectable biochemical or physiological effects in vivo or in vitro and corresponding significant effects, if any, on the health or behaviour of animal or plant organisms in vivo.
 - 3.3 To investigate the possibility of establishing limiting exposure parameters for multiple residues on the basis of common mechanisms of action (e.g. cholinesterase inhibitors, cyclodiene-derived pesticides) or on the basis of undesirable joint action (e.g. microsomal oxidation inhibitors and certain chemical residues, dietary nitrates and secondary amines, nitrites and atmospheric carbon monoxide).
 - 3.4 To seek more uniformity at international level in the principles of elaboration of acceptable or limiting exposure parameters for living organisms taking into account the multiple nature of exposure in fact, risks, benefits and needs.

	1950	1970	1985	Release in Env. 1970
grand total 10 ⁶ t	7	63	250	20

Organic Chemicals - World Production

manufactured 10 ⁶ t	natural sources 10 ⁶ t
solvents 10	methane 1600
detergents 1,5	terpene type hydrocarbons 170
pesticides 1	lubricating and industrial oils 2-5
gaseous base chemicals 1	
miscellaneous 7	

Release of Organic Compounds in the Environment, 1970

(Iliff, 1971)

MAXIMUM GLOBAL CONCENTRATIONS OF ORG. CHEMICALS

land surface of the earth	149 x 10 ⁶ km ²
volume of oceans	1.3 x 10 ⁹ km ³
weight of the atmosphere	5.1 x 10 ¹⁵ to

Org. chemicals production 1973, total app. 100 x 10⁶ to

Basis of calculation: no breakdown, dispersion of total amount in one medium only

<u>Dispersion on total land surface</u>	700 mg / m ²
or in 10 cm soil layer	2.5 ppm
<u>Dispersion in oceans</u>	0.8 x 10 ⁻⁴ ppm
or in 1 m layer	0.3 ppm
<u>Dispersion in atmosphere</u>	0.02 ppm

Table I

MEAN Pb-A AT SOME SAMPLING SITES

<u>Type and location</u>	<u>Pb-A $\mu\text{g}/\text{m}^3$</u>
Baseline Pertunmaa	0.025
Suburban Haaga	1.0
Downtown Helsinki	1.3
Industrial Tikkurila	2.1
(Storage battery factory, indoors	98)

Table II

MEAN Pb-B OF POPULATION GROUPS EXPOSED TO DIFFERING Pb-A LEVELS

<u>Location</u>	<u>Pb-B $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$</u>	
	<u>Males</u>	<u>Females</u>
Rural base level	11.7	9.0
Suburban	13.2	10.7
Helsinki downtown	11.4	8.5
Industrial	18.1	14.3

Table III

MEAN Pb-B IN OCCUPATIONS WITH EXPOSURE TO LEAD IN FINLAND

	<u>Pb-B $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$</u>
Brass foundry	80 - 99
Lead scrap smelting	60 - 79
Storage battery manufacture	
Ship breaking	40 - 59
Storage battery repair	30 - 39
Crystal glass manufacture	
PVC plastic industry	
Porcelain factory	
Radiator repair shops	
Cable industry	
Car repair shops	
Book printing shops	20 - 29
Painters	
Construction metal platers	
Shipbuilding	
Electric bulb manufacture	
Metal plate workers	
Metal workshops	
Paint industry	
Gasoline filling stations	20
Repair shops (misc.)	
Radio and telephone manufacture	10 - 19
Traffic policemen	
Street sweepers	

HENKILÖKOHTAISEN SÄTEILYNTARKKAILUN MENETELMÄT JA TOIMINTAOHJELMAT NORMAALI- JA POIKKEUSOLOSUHTEISSA

FM Matti Toivonen

1 (9)

1. Yleistä

1.1. Päämäärät ja standardit

Annosvalvonnan päämäärä on "dose commitment"-mittaus, ts. henkilön koko työikänsä työssään saaman säteilyannoksen mittaus. Muita päämääriä ovat a) työn tarkkailu niin, että se tapahtuu vuosittaisille ja neljännesvuosittaisille ajanjaksoille säädettyjen suurimpien sallittujen annosten puitteissa (Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 594) ja mieluummin vielä näitä selvästi pienemmin annoksina ja b) työolosuhteiden tarkkailu seuraamalla annosten kehitystä eri mittausjaksoilla. (Monipuolisimmat mittarit, kuten filmidosimetri, antavat joskus myös muuta informaatiota kuin annoksen.) Säteilyannos (rad) ja annosekvivalentti (rem) ovat luonnollisia standardeja valvonnan perustaksi, koska suurimpien sallittujen annosten puitteissa toimittaessa ei voida havaita terveydellisiä muutoksia. (Sikäli kuin niitä aiheutuu mahdollisesti säteilystä, ne saattavat tulla esiin kymmenien vuosien piiloajalla. Säteilystä (R) käytetään yhä laajasti annoksen sijasta, vaikka käytäntö on virheellinen. (Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä on myös vielä vanhentunut nimitys säteilytysannos.) Tulokset eivät kuitenkaan muutu, ilmoitettiin ne sitten R tai rad yksiköissä koska ulkoisen fotonisäteilytyksen tapauksessa voidaan varsin yleisesti yksinkertaistaa $1 R = 1 rad = 1 rem$. Neutronisäteilyn tapauksessa annosekvivalentti poikkeaa huomattavasti annoksesta. Vakavan onnettomuuden tapauksessa kiinnostaa neutronienkin osalta kuitenkin enemmän annos (rad) kuin annosekvivalentti (rem), koska neutroniannoksella on läheisempi yhtäpitävyys kuolettavaan γ -annokseen kuin annosekvivalentilla. (Säteilyn myöhäisvaikutuksia ei huomioida yhtä painotetusti kuin normaalikäytännössä.)

1.2. Vaadittava tarkkuus

Statistinen tarkastelu osoittaa, että jos 47 vuoden ajalta kertyvä annos (18 vuoden iästä 64 vuoden ikään) on määritettävä $\pm 10\%$ tarkkuudella, niin $\pm 50\%$ tarkkuus on täysin riittävä yksittäisten vuosiannosten mittauksessa, edellyttäen, että virheet eivät ole systemaattisia. Fysikaalisella dosimetriällä mitattaessa on kuitenkin muistettava, että lukema edustaa tavallaan "näytettä" yhdessä kohdassa kehoa ja varsinkin olosuhteissa, joissa säteily esiintyy keiloina tai muuten terävästi rajatuilla alueilla, dosimetrin virheellinen sijoittelu voi johtaa vakavaan annoksen aliarviointiin. Dosimetrien käyttö on siksi suunniteltava toteutettavaksi niin, että systemaattiset virheet ovat suurella todennäköisyydellä konservatiiviseen suuntaan, ts. tarkkailuohjelmat on laadittava

niin, että mitä suurempi on mahdollisuus systemaattisiin virheisiin sitä tarkemmin on työn ja annostarkkailun tapahduttava asiantuntijan valvonnassa. Instrumentaalinen tarkkuus saadaan fotonisäteilyn mittauksessa huomattavasti edellä mainittua 50 % paremmaksi. (Tarkkuus on osin menetelmän valinnasta kiinni ja siten talouskysymys.) Monessa työssä riittää tosin, annosten pienuuden vuoksi, varsin karkea annosten ylärajojen seuranta, mutta aivan yleisesti ei liene taloussyistä halukkuutta suureen mittausvälineiden vaatimaan konservatiivisuuteen tarkkailuohjelmissa.

1.3. Ketä pitää tarkkailla

Kansainvälinen säteilysuojelujärjestö ICRP antaa tähän kysymykseen ohjeita julkaisussaan No 12. Ulkoisen säteilyn osalta kriterioita on suomennettu myös kirjaan Säteily, sen käyttö ja valvonta.

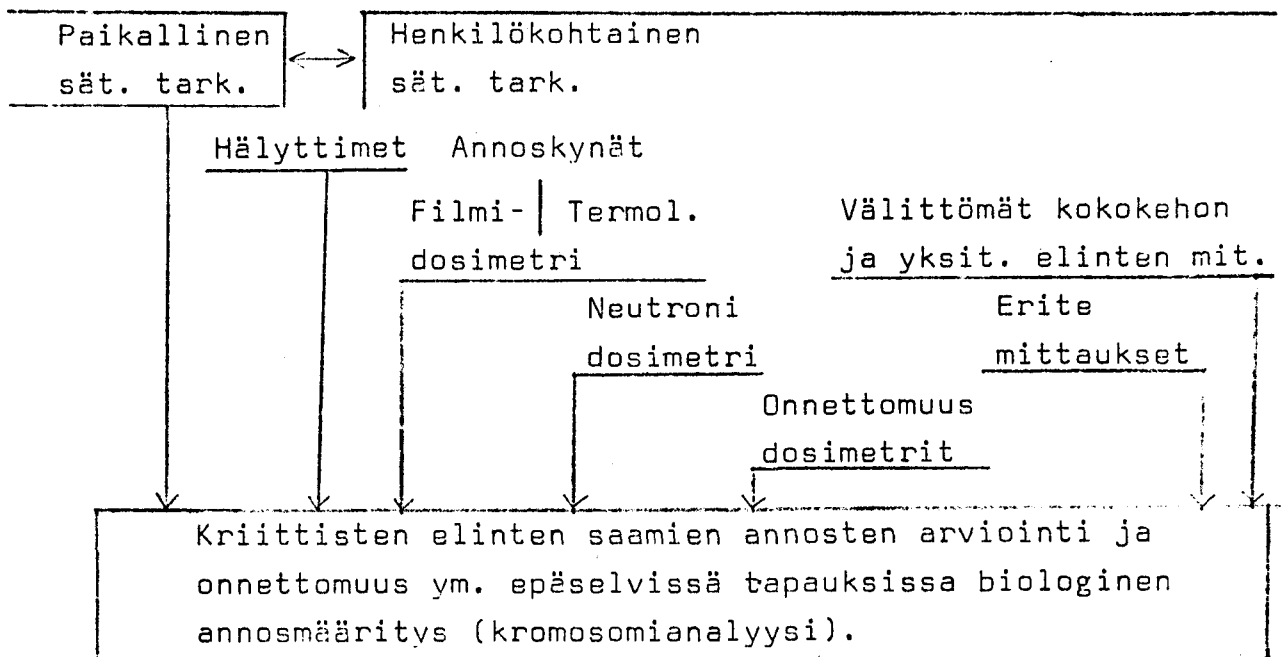
1.4. Kirjanpito

Annosten, jotka ovat suuruusluokaltaan hiukan alle 1/3 suurimmista sallituista annoksista tai tästä suurempia, tulee olla henkilökohtaisilla korteilla useiden kymmenien vuosien ajan. Pienemmät annokset kiinnostavat jälkikäteen vain tilastoissa, ja niiden yksittäinen vieni henkilökohtaisille korteille on turhaa. Tämän käytännön mukaisesti voidaan tulevaisuudessa yksinkertaistaa todistukset yksityisten henkilöiden säteilyrasituksesta seuraavaan tapaan: Lukuunottamatta seuraavia mittausjaksoja... annokset ovat olleet alle 50 mrem/2 viikkoa (tai alle 300 mrem/3 kk). Annoskirjanpidon ohella on tärkeää, että arkistoidaan juriidista syistä syistä monitorointiohjelmaan liittyvät ohjeet ja vaatimukset (mm. vaatimus, millä alueilla liikuttaessa henkilöllä tulee olla annosmittari), jotka työntekijöille on esitetty. Ohjeita annoskirjanpidosta on esitetty mm. IAEA raportissa No 109, Personnel Dosimetry Systems for External Radiation Exposures.

Ulkoisen ja sisäisen säteilyn aiheuttamien annosten summausta ei ole tarpeen järjestää kovinkaan laajassa mitassa kirjanpitoon, koska sisäisestä säteilystä saatavat annokset kohdistuvat yleensä yksittäisiin elimiin ja toisaalta ne pidetään hankalammin toteutettavissa olevan henkilökohtaisen tarkkailun vuoksi yleisemmin kuin ulkoiset annokset selvästi alle kolmennesten suurimmista sallituista annoksista. Jos sisäinen säteily kohdistuu koko kehoon tai vertamuodostaviin elimiin ja annokset ovat merkittäviä, on summaus kuitenkin järjestettävä. Tyyppiesimerkkinä ovat raskasvesireaktorit.

2. Tarkkailuohjelmat ja jaksot

Paikallinen ja henkilökohtainen säteilyntarkkailu takaavat rinnakkaisesti toteutettuina parhaiten työturvallisuuden. Kuitenkin on työtilanteita, joissa työturvallisuutta ei voida taata lainkaan rutiinimaisen tarkkailun avulla (esim. jos annosnopeus voi äkillisesti



nousta hyvin suureksi tai jos säteily esiintyy kapeina keiloina), vaan koulutuksen on oltava niin täydellistä, että jokainen työntekijä tietää ehdottoman tarkasti mitä tekee tai tekee sitten tehtävänsä toisen henkilön tarkassa valvonnassa.

ICRP:n suosituksen mukaan on maksimi tarkkailujakso 13 viikkoa. On luonnollista, että tarkkailun yliannostusta ehkäisevä vaikutus on sitä parempi mitä lyhyempi on henkilökohtaisten dosimetriiden käyttöjakso. Säteilöfysiikan laitoksen mittauspalvelussa on käytetty kuitenkin yksinomaan neljännesvuosittaista jaksoa yksittäisiin toimenpiteisiin tilattuja mittauksia lukuunottamatta. Suuren, postin välityksellä toimivan, mittausorganisaation on aiheetonta toimia lyhyen tarkkailujakson puitteissa, koska a) sairaaloissa ei saada työjärjestelyjen vuoksi pelaamaan lyhyttä jaksoa lainkaan ja kokemus on osoittanut, että sairaalassa jää vääriä henkilöitä pois tarkkailtujen joukosta, jos vähennystä tapahtuu järjestelyjen vaikeuden vuoksi, ja b) vasta viikottainen tarkkailujakso on hyvin oleellisesti tehokkuuden suhteen neljännesvuosittaisesta eroava, koska viikko on jätensakin muistissa säilyvä toimintajakso. Lyhyiden jaksoiden tarkkailu olisi siksi

pyrittävä hoitamaan paikallisesti, mutta tässä asiassa nousee talous monesti vastaan.

3. Mittausmenetelmät

3.1. Hälyttimet

Edellä mainittiin, että kaikissa työolosuhteissa ei voida taata turvallisuutta rutiinimaisin menetelmin. Tyyppiesimerkki siitä, missä säteilytysnopeudenhälyt-in voi olla tehokkain väline, on mm. seuraava: Kaksi työryhmää työskentelee samassa hallissa ja toinen ryhmä saattaa virhetoiminnallaan aiheuttaa huomattavan säteilytysnopeuden nousun toisen alueelle. Samoin laitevikojen sattuessa hälyttimet, joko paikalliset tai henkilökohtaiset, ovat ennakkoehkäisevän käyttöpäämääränsä vuoksi parhaita. Henkilökohtaisten hälyttimien kohdalla on vain toivottava ratkaisevaa kehitystä tapahtuvaksi, koska ne eivät juuri ole nykyisen teknillisen tilanteen mahdollistamalla tasolla luotettavuudessa.

3.2. Annoskynät

Nämä ovat huomattavan tarkkoja fotonisäteilyn mittausvälineitä, toiset koko mahdolliselle energiavälille soveltuvia, toiset pelkästään n. 100 keV:n energiasta ylöspäin käyttökelpoisia ja siten esim. diagnostiikka-röntgensäteilyn mittaukseen sopimattomia. Suoraan luettavien kynien etu jäljempänä esitettäviin luminesenssi- ja filmidosimetreihin verraten on annoksen tarkistusmahdollisuus milloin ja missä tahansa. Heikkoutena on ylöspäin rajoitettu annosväli ja suurempi vioittumisalttius.

3.3. Luminesenssidosimetrit

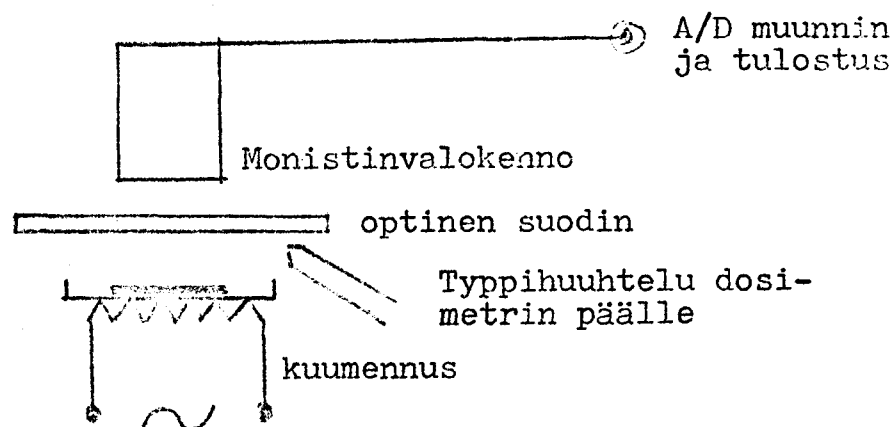
3.3.1 Radiofotoluminesenssi

Hopealla aktivoituja fosfaattilasien palasia, jotka fluorisoivat UV-valossa punavaloa säteilyannokseen verrannollisessa määrässä on käytetty ja käytetään sangen laajassa mitassa onnettomuus ja kriisiajan dosimetreissä. 1960-luvun alussa menetelmä kehittyi ratkaisevasti ja silloin elätettiin toiveita, että oikea ja valittu menetelmä oli löytynyt korvaamaan filmin säännöllisessä säteilyntarkkailussakin. Sittemmin osoittautui, että luvattu herkkyys oli näennäistä laatua lasiin syöpyvien pintavikojen aiheuttaman virhealttiuden vuoksi. Menetelmä on jäänyt reserviin niin Säteilyfysiikan laitoksella kuin monessa muussakin laboratoriossa.

3.3.2 Radiotermoluminesenssi

Termoluminesenssi on kehittynyt fotoluminesenssia herkemmäksi mittausmenetelmäksi. Sen tärkein käyttösuositus dosimetriaan on kuitenkin pehmeän kudoksen kanssa säteilyn absorptioon suhteen lähes ekvivalenttien loisteaineiden olemassaolo. Tämä merkitsee sitä, että kalibrointikerroin on fotonisäteilyn energiasta riippumaton ja γ -säteilyn mittaukseen riittää siten yksi näyte. Näin on mahdollista saada kolmesta erilaisesta näytteestä eritelty informaatio säteilyn γ -, β - ja hitaiden neutronien-komponentista tarkemmin kuin filmidosimetrin monimutkaisemman menetelmän avulla. Samoin käsivarsi- tai sormiannosmittauksessa monet TL-dosimetrit ovat tarkempia ja lisäksi käytännöllisempiä. TL-dosimetri onkin korvannut filmin jo ehkä 30 % (arvio Attix'n tilastosta, Health. Phys. 22 287 (1972)). Laaja rutiinimainen toiminta on alkanut suurissa tutkimuskeskuksissa, joissa automatisoinnin melkoiset kustannukset ovat siedettäviä. Toisaalta henkilökunnan tarkkailu on huomioitu tutkimuslaitoksissa osana kokonaissuunnitelmaa, ja näin välttämättömät organisaation muutokset, kun halpa kertakäyttöfilmi korvataan kalliilla toistuvasti käytettävällä dosimetrillä, eivät ole myöskään ylivoimaisia.

LiF: Mg, Ti ja $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$:Mn ovat yleistyneimmät kaupallisesti saatavissa olevat loisteaineet γ - β -säteilyannosten mittaukseen. Ne ovat lähes kudosekvivalenteja ja loistekäyrän maksimin lämpötila on sopiva (n. 200°C). LiF on sikäli monipuolisempi aine, että se on saatavissa myös neutroneille epäherkkänä Li-6 vapaana versiona. TL-mittauksen periaate selvinnee seuraavasta kuvasta.

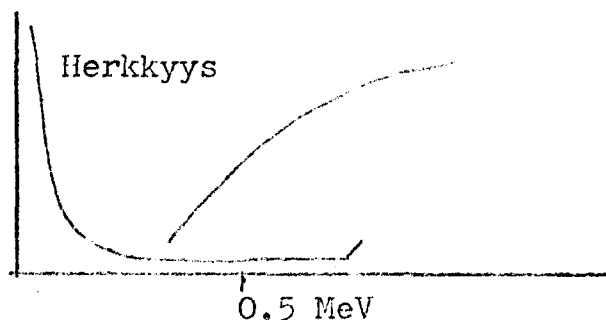


3.4. Filmidosimetri

Filmidosimetria on nimitetty varsin sattuvasti henkilodosimetrian "grand old man'ksi", joissain yhteyksissä pilkallisesti toisaalla myös täydellä kunnioituksella. Filmidosimetri on vaikeampi esitellä kuin yksinkertainen TL-systeemi, ja esittelyn osalta viitataan alan kirjoihin. Muutama lause esitettäköön tässä kuitenkin filmidosimetrinkin puolesta. Filmidosimetri on muista menetelmistä sikäli täysin poikkeava, että filmin radiografiakuva antaa muutakin tietoa kuin annoksen. Tämän tiedon avulla voidaan a) pelastua tulkintavirheeltä, joka esimerkiksi TL-dosimetrian tapauksessa johtaisi annoksen virhearvioon, b) saada selville ylisäteilytyksen syy, joka muuten jäisi selvittämättä ja c) saada hälytys saastutuksesta huonetilassa, jossa filmiä on kannettu. Filmidosimetrian pahinta heikkouttakaan ei pitäne jättää mainitsematta. Tämä on riittämätön stabilisuus. Jos pyritään tekemään hyödyntämisarvio filmi- ja TL-dosimetrian välille erilaisissa olosuhteissa, niin reaktorit ja sairaalat ovat ehkä ääriarvotapauksia. Reaktoreilla fotonisäteilyn spektri on yleensä niin kova, että filmin radiografiakuvaan tulee huono kontrasti ja sen arvo on vähäinen. Saastevaroitusta saadaan yleensä paikallismonitoreista. Sitä vastoin täsmällisellä dosimetrialla saattaa olla hyvinkin arvoa, koska on mahdollista, että joudutaan toimimaan suurimpien sallittujen kokokehoannosten tuntumassa joidenkin erikoisammattimiesten kohdalla. Sairaalassa tilanne on suunnilleen päinvastainen paitsi muilta osin, myös sikäli, että rajoittavana tekijänä annosten suhteen on osa kehoa (käsivarret ja pää).

3.5. Neutronidosimetrit

Neutroniannosten tarkkailuun ei ole olemassa yleispätevää henkilökohtaista mittaria. Pääongelma on siinä, että kaikki mahdolliset neutronien ilmaisureaktiot jättävät energiavälin 10 keV-0,3 MeV epä-määräiseksi. Oheinen kuva havainnollistaa tätä tilannetta.



Neutronifilmi on kylläkin tarkka, jos energia on yli 0,3 MeV, jos hermeettisesti pakatun filmin käyttöaika on korkeintaan 1 kuukausi, ja jos γ -tausta ei ole mustannut filmiä liiaksi. Rajoituksia on siis melkoisesti.

Ns. albedo dosimetrin ja muovi-etsausjälkidosimetrin yhdistelmä näyttää mahdollistavan jonkinlaisen neutronifilmiä vaivattomamman ja monissa oloissa ehkä tarkemmankin vaihtoehdon konstruoinnin. Tekniikan osalta viitataan piakkoin ilmestyvään IAEA:n julkaisuun "Neutron monitoring for radiation protection purposes".

3.6. Onnettomuusdosimetrit

Dosimetrin päämääristä ja merkityksestä mahdollisen onnettomuuden jälkeisessä tilanteessa ei ole riittävästi keskustelua, koska vakavat onnettomuudet ovat olleet kaikeksi onneksi harvinaisia. γ -säteilyn osalta säännöllisesti tarkistettavat dosimetrit peittävät vaadittavan annosvälin n. 1000 radiin saakka (esim. TL-dosimetrit ja filmi). Kuitenkin on huomattava, että tilanteen perusasettelu on normaaleihin mittauksiin nähden ratkaisevasti toinen, koska:

- a) tilanne on ennalta suunnittelematon ja dosimetricien suuntaus on satunnainen
- b) psykologisista syistä ja joskus myös pelastustoiminnan vuoksi on tärkeää saada nopea tilanearvio annosten suuruusluokasta
- c) toimintoja ei voida yleensä käynnistää uudelleen ellei saada perusteellista selvyyttä onnettomuuden syistä ja kulusta.

Helposti on pääteltävissä, että kaikki tieto, mikä on saatavissa dosimetreistä, ihmiskehosta, vaatteista tai työympäristöstä tehdyistä mittauksista, on arvokasta. Yksinkertaisin onnettomuusdosimetri on esim. indiummetalliliuska henkilökohtaiseen dosimetriin tai henkilön tunnuskilpeen upotettuna. Liuskan aktiivisuuden mittaaminen standardigeometriassa voidaan tehdä yksinkertaisesti esim. kannettavalla tarkkailumittarilla ja näin saadaan karkea arvio neutroniannoksesta kriittisyysonnettomuudessa. Tekniikan osalta viitataan IAEA:n julkaisuun "Nuclear accident dosimetry systems".

4. Henkilökohtaisen säteilyntarkkailun nykytilanne ja lähitavoitteet (ulkoinen säteily)

Filmidosimetreilla tarkkaillaan Säteilyfysiikan laitoksen keskitetystä mittauspalvelusta käsin n. 5000 henkilöä eli lähes kaikkia säteilytyöntekijöistä maassamme. (Filmejä tilataan monesti selvästi enemmän kuin ICRP:n henkilökohtaisen tarkkailun tarvetta koskevat kriteerit edellyttäisivät joko organisaatorisen yksinkertaisuuden vuoksi tai sitten tavallaan työntekijöiden sosiaalieduksi käsitettynä toimenpiteenä.) Käytössä oleva filmidosimetri (kasetti + filmi) on suunniteltu täyttämään ICRP:n foton- ja β -säteilyn yleisdosimetrille suosittelemat minimivaatimukset, ja toisaalta se on pyritty tekemään mahdollisimman käytännölliseksi (keveys, kestävyys jne.). Muutamien työntekijäryhmien (esim. Ra-neulojen käsitelijät ja työntekijät tutkimusreaktorilla ja siirrettävin laittein tehtävässä teollisuusradiografiassa) kohdalla on filmidosimetreissa käytetty TL-pulverinäytteitä lisäkomponentteina tarkoituksella parantaa γ -säteilyn (syväannos) mittaustarkkuutta. Kiinteiden TL-dosimetrien avulla on nykyään teknisesti helppoa hoitaa laajaakin mittauspalvelua, kun taas pulverinäytteiden käsittely on varsin vaivalloista. Tämän vuoksi korvataan pulverinäytteet kiinteillä dosimetreilla ja TL-dosimetrien käyttöä lisäkomponentteina filmidosimetreissa laajennetaan siinä mitassa kuin se tulee taloudellisesti mahdolliseksi. Samalla pyritään saamaan pienessä mittakaavassa käyttöön filmidosimetreissa Li-6 ja Li-7 isotooppien suhteen rikastettujen TL-näytteiden parin ja nopeiden neutronien muovi-etsausjälki-ilmaisimen sisältävä lisäkomponentti mahdollisten neutroni tai neutroni/ γ -onnettomuusannosten määrittystä varten.

Säteilytysnopeuden tai säteilytyksen mukaan toimivien henkilökohtaisten hälyttimien merkitys tulee lisääntymään siirrettävillä laitteilla tehtävän radiografian kuvauksen ja suuren säteilytysnopeuden alaisena tehtävän huolto- ja korjaustyön yleistyessä, koska nämä laitteet ovat merkittävän riskin alaisissa töissä kaikkein parhaita ennaltaehkäisevän toimintatapansa vuoksi. Säteilytysnopeuden mukaan tapahtuva hälytys on tehokkain ennalta odottamattomissa tilanteissa, kertyneen säteilytyksen ilmaiseva hälytys on puolestaan käytännöllisempi toimintatapa niissä tilanteissa, joissa joudutaan työskentelemään suunnitellusti suuren säteilytysnopeuden alaisina. Ydinvoimaloissa saattaa osoittautua välttämättömäksi tehdä huolto- tai korjaustöitä olosuhteissa, joissa säteilysuojelujärjestelyt ovat varsin vaativia. On luonnollista, että silloin tarvitaan täsmällisiä, säteilystä riippumattomien häiriötekijöiden suhteen stabiileja, juridisestikin päteviä (informaatio ei saa hävitä esim. erehdyksen kautta kuten elektronisissa laitteissa saattaa joskus

tapahtua), ja lyhytjaksoiseen tarkkailuun soveltuvia annoksen mittausvälineitä. Termoluminesenssidosimetrit täyttävät ehkä parhaiten edellä sanotut ehdot. Annoskyniä ei pidä kuitenkaan unohtaa, niillä on käytönsä nopean informaation vuoksi, joskin juuri ne korvautuvat eniten elektronisilla laitteilla sikäli kun päteviä taskulaitteita ilmaantuu markkinoille.

Maassamme on olemassa runko-organisaatio henkilökohtaisten säteilyannosten tarkkailua varten (Säteilyfysiikan laitoksen mittauspalvelu). Postin välityksellä toimivaa mittauspalvelua ei kuitenkaan saada mahdollisesta automatisoinnista huolimatta riittävän tehokkaaksi kaikkia työolosuhteita ajatellen käytettiin sitten mitä hyvänsä mittausvälineitä. (Mittausvälineiden tarkkuus ja luotettavuus on nykyään pääosin talouskysymys. Filmin korvaaminen täsmällisemmällä mittausvälineellä parantaa kuitenkin tehokkuutta vain yksittäistapauksissa ja tulos voi olla varsin yleisesti epätoivottu vaihtoehtoisen menetelmän antaman niukeman informaation vuoksi). Lienee tarkoituksenmukaisinta, että missä lyhytjaksoinen tarkkailu katsotaan tehokkuuden vuoksi tarpeelliseksi, se tehdään paikallisesti. Näin tulee taattua, että henkilökohtaisen säteilyntarkkailun ongelmat tuntevia henkilöitä on siellä missä heitä tarvitaan ja toisaalta kirjanpito voidaan järjestää käytännöllisimmin sekä lyhytjaksoisen (operaatioiden mahdolliseen ohjaukseen tähtäävän) että pitkäjaksoisen (elinikäisen annoksen määritykseen tähtäävän) tarkkailun osalta. Tämä käytäntö on myös joustava kansallisesti ja kansainvälisesti hyödyllistä annosten tilastointia ajatellen.