

Säteily- ja ydin- turvallisuus

1 2 3 4 5 6 7

Ydin- turvallisuus

Toimittanut Jorma Sandberg



Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarjan toimituskunta:
Sisko Salomaa, Jorma Sandberg, Tarja K. Ikäheimonen, Roy Pöllänen,
Anne Weltner, Olavi Pukkila, Wendla Paile, Heidi Nyberg,
Olli J. Marttila, Jarmo Lehtinen ja Hilikka Karvinen

Julkaisija

Säteilyturvakeskus

Toimittaja

Jorma Sandberg

Taitto

Hilikka Karvinen ja Eija Högman

Toimitussihteeri

Hilikka Karvinen

Kansi

Virma Oy

Grafiikka

Juha Järvinen

Copyright

Säteilyturvakeskus

ISBN

951-712-500-3 (sid.)

951-712-507-0 (pdf)

Paino

Karisto Oy:n kirjapaino, Hämeenlinna 2004

Tätä julkaisua myy

Säteilyturvakeskus, (09) 759 881

Laippatie 4, 00880 Helsinki

www.stuk.fi

ESIPUHE

Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarjan viidennen osan aiheena on ydinturvallisuus. Kirjassa käsitellään ydinvoimalaitosten turvallisuutta, ydinjätehuoltoa ja ydinaseiden leviämisen estämiseksi tehtävää ydinmateriaalivalvontaa sekä ydinlaitoksissa tapahtuneita onnettomuuksia.

Kansainvälisiä ydinenergiatekniikan ja ydinturvallisuuden oppi- ja käsikirjoja on julkaistu paljon. Sen sijaan käytettävissä on melko niukasti suomenkielistä materiaalia, jossa otettaisiin huomioon maamme olosuhteet ja käyttökokemukset sekä lainsäädännön ja hallinnollisen järjestelmän kansalliset erityispiirteet. Kirja pyrkii osaltaan korjaamaan tätä puutetta.

Ydinenergian käytön yhteydessä syntyy suuria määriä radioaktiivisia aineita, joiden pääsy ympäristöön pitää estää luotettavasti. Ihmisten ja ympäristön turvallisuuden varmistamiseksi ydinenergian käyttö on luvanvaraista ja tarkoin valvottua. Suomessa ydinlaitoksen rakentaminen edellyttää sijaintikunnan, valtioneuvoston ja eduskunnan hyväksyntää. Toisaalta rakentamisen ja käytön edellytyksenä on, että turvallisuusviranomaiset ovat varmistautuneet laitoksen turvallisuudesta. Ydinlaitoksia koskevaan päätöksentekoon sekä rakentamiseen, käyttöön ja valvontaan osallistuu hankkeen elinkaaren aikana suuri joukko eri alojen asiantuntijoita, luottamushenkilöitä, järjestöjen edustajia ja yksityisiä kansalaisia. Tavoitteena on, että kirja voisi palvella kaikkia niitä, jotka tarvitsevat tietoja alan perusteista sekä suomalaisesta tavasta varmistaa ydinlaitosten turvallisuus.

Kirja on pyritty kirjoittamaan niin, että lukijalta ei oleteta alan perustietoja. Fysikaalisia perusteita ja ydinvoimalaitosten tekniikkaa on kuvattu sen verran kuin on tarpeen ydinturvallisuusperiaatteiden ja onnettomuuskuvausten ymmärtämiseksi. Eräitä ajankohtaisia aiheita koskevat kohdat saattavat kuitenkin edellyttää lukijalta hiukan laajempia perustietoja.

Kirjan sisältö on pyritty saamaan mahdollisimman hyvin ajan tasalle ja vastaamaan Säteilyturvakeskuksen näkemyksiä, mutta aihepiiri on varsin laaja ja esitystä on jouduttu yksinkertaistamaan. Kirjassa ei siten voida kaikista aiheista esittää tyhjentävästi STUKin virallisia näkökantoja, joka selviävät YVL-ohjeista sekä STUKin päätöksistä ja lausunnoista.

Kirjaan on myös otettu mukaan jonkin verran ajankohtaisia aiheita, joita koskevat tiedot vanhenevat nopeasti.

Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarjassa ilmestyy kaikkiaan seitsemän osaa, joista neljä ensimmäistä käsittelee ionisoivaa säteilyä, sen ominaisuuksia, käyttöä ja terveysvaikutuksia, viides ydinturvallisuutta ja kaksi viimeistä osaa ionisoimatonta säteilyä. Kirjasarja on tarkoitettu säteily- ja ydinturvallisuuden parissa työskenteleville ammattikirjallisuudeksi sekä käytettäväksi koulutusmateriaalina yliopistoissa ja muissa oppilaitoksissa. Kirjoja voi tilata Säteilyturvakeskuksesta. Kirjat löytyvät myös pdf-muodossa STUKin Internet-sivuilta osoitteesta www.stuk.fi.

Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja täydentää ja uudistaa vuonna 1988 ilmestynyttä Säteily ja turvallisuus -teosta. Kiitämme edellisen teoksen kirjoitustyöhön osallistuneita Säteilyturvakeskuksen asiantuntijoita pohjatyöstä, joka on ollut hyvänä lähtökohtana uudelle kirjasarjalle.

Ydinturvallisuus-kirjan toteutuksesta kuuluu kiitos asiantunneville kirjoittajille ja muille toimitustyöhön osallistuneille henkilöille. Tekijät haluavat esittää kiitoksensa kaikille niille, jotka ovat edistäneet kirjan valmistumista. Erityisesti Teollisuuden Voima Oy:n, Fortum Power and Heat Oy:n, Posiva Oy:n sekä Suomen Atomiteknillisen Seuran luovuttama kuva-aineisto on ollut suureksi avuksi kirjan laadinnassa.

Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja

- 1 Säteily ja sen havaitseminen
- 2 Säteily ympäristössä
- 3 Säteilyn käyttö
- 4 Säteilyn terveysvaikutukset
- 5 Ydinturvallisuus**
- 6 Ionisoimaton säteily - Sähkömagneettiset kentät
- 7 Ionisoimaton säteily - Ultravioletti- ja lasersäteily

SISÄLLYSLUETTELO

1	YDINVOIMAN TAIVAL SUOMESSA: ATOMI-INNOSTUKSESTA YDINREALISMIIN	11
	<i>Jarmo Lehtinen, Jorma Sandberg</i>	
1.1	Atomivoiman alkutaival	12
1.2	Ydinvoimalaitosten hankinta Suomeen.....	14
1.3	Ydintekniikka 2000-luvun alussa	21
2	YDINVOIMALAITOSTEKNIIKAN PERUSTEITA	25
	<i>Tapani Eurasto, Juhani Hyvärinen, Marja-Leena Järvinen, Jorma Sandberg, Kirsti-Liisa Sjöblom</i>	
2.1	Reaktorin ydinfysikaaliset perusteet	26
2.2	Ydinvoimalaitostyytit	41
2.3	Kevytsireaktorilaitosten turvallisuusjärjestelmät	55
2.4	Ydinvoimalaitostekniikan kehityssuuntia	69
2.5	Ydinpolttoainekierto	78
3.	YDINTURVALLISUUDEN VARMISTAMINEN	89
	<i>Arto Isolankila, Marja-Leena Järvinen, Rauli Keskinen, Ilkka Niemelä, Matti Ojanen, Rainer Rantala, Jorma Sandberg, Petteri Tiippana, Keijo Valtonen, Reino Virolainen, Kaisa Åstrand</i>	
3.1	Ydinenergian tuotannon säteilyhaitat ja riskit	90
3.2	Yleiset turvallisuusperiaatteet ja -vaatimukset	91
3.3	Säteilyturvallisuusvaatimukset	92
3.4	Ydinturvallisuusperiaatteet	95
3.5	Käytönaikainen turvallisuuden varmistaminen	106
3.6	Käyttöiän hallinta	112
3.7	Todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi (PSA).....	126
4	YDINENERGIAN NORMAALIKÄYTÖN SÄTEILYVAIKUTUKSET	145
	<i>Kirsi Alm-Lytz, Veli Riihiluoma, Olli Vilkkamo</i>	
4.1	Säteilyn lähteet ydinvoimalaitoksilla	146
4.2	Säteilysuojelu ydinvoimalaitoksilla	150
4.3	Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyturvallisuus	158
5	VARAUTUMINEN HÄIRIÖIHIN JA ONNETTOMUUKSIIN YDINVOIMALAITOKSILLA	169
	<i>Lauri Pöllänen, Suvi Ristonmaa, Jorma Sandberg, Olli Vilkkamo</i>	
5.1	Turvallisuussuunnittelun lähtökohdat	170
5.2	Turvallisuusanalyysit	172

5.3	Kokeellinen tutkimus turvallisuusarvioinnin tukena	175
5.4	Analysoitavia kuvitteellisia onnettomuuksia	177
5.5	Muut polttoainekierron onnettomuusmahdollisuudet	190
5.6	Ydinvoimalaitosonnettomuuden päästöt	192
5.7	Valmiussuunnitelmat ja -järjestelyt	199
6	KOKEMUKSET ONNETTOMUUKSISTA JA POIKKEUKSELLISISTA TAPAHTUMISTA YDINLAITOKSILLA	207
	<i>Timo Karjunen, Seija Suksi, Kirsti Tossavainen</i>	
6.1	Kansainvälinen INES-asteikko	208
6.2	Tutkimus- ja sotilasreaktoreiden onnettomuudet	216
6.3	Vakavat ydinvoimalaitosonnettomuudet	219
6.4	Muut polttoainevauriota aiheuttaneet tapahtumat	239
6.5	Turvallisuuteen vaikuttaneita tapahtumia	249
6.6	INES 2 -luokan tapahtumat Suomen ydinlaitoksilla	259
7	RADIOAKTIIVISET JÄTTEET	269
	<i>Esko Ruokola, Esko Eloranta, Kaisa-Leena Hutri, Jaakko Tikkinen</i>	
7.1	Perustietoja radioaktiivisista jätteistä	270
7.2	Keski- ja matala-aktiiviset jätteet	277
7.3	Käytetty ydinpolttoaine ja korkea-aktiiviset jätteet	285
7.4	Geologinen loppusijoitus	294
7.5	Radioaktiivisten aineiden kuljetukset	311
8	YDINMATERIAALIVALVONTA KANSAINVÄLISEN ASEVALVONNAN EDELLÄKÄVIJÄNÄ	321
	<i>Tapani Honkamaa, Marko Hämäläinen, Erja Kainulainen, Elina Martikka, Mika Nikkinen, Tero Varjoranta</i>	
8.1	Johdanto	322
8.2	Historiallinen tausta	324
8.3	Ydinaseet	324
8.4	Valvontasopimukset	335
8.5	Valvontamenetelmät	344
9	YDINENERGIALAINSÄÄDÄNTÖ JA -HALLINTO	355
	<i>Pentti Koutaniemi, Heikki Reponen, Pekka Salminen, Jorma Sandberg, Tero Varjoranta</i>	
9.1	Ydinenergiainsäädäntö	356
9.2	Ydinenergia-alan hallinto	366
9.3	Tutkimuslaitokset	372
9.4	Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA	375
9.5	OECD:n ydinenergiajärjestö NEA	377

9.6	Euroopan unioni ja ydinturvallisuus	378
9.7	Muu kansainvälinen yhteistyö	380
10	SÄTEILYTURVAKESKUS YDINTURVALLISUUDEN VALVOJANA	385
	<i>Matti Ojanen, Hannu Ollikkala, Lasse Reiman, Esko Ruokola, Petteri Tiippana</i>	
10.1	Säteilyturvakeskuksen tehtävät ja tavoitteet	386
10.2	Säteilyturvakeskuksen toimintaperiaatteet	389
10.3	Ydinlaitoksen suunnittelun ja rakentamisen valvonta	391
10.4	Ydinlaitoksen käytön valvonta	396
10.5	Ydinjätehuollon valvonta	402
10.6	Radioaktiivisten aineiden kuljetusten valvonta	404
	LIITE	407
	HAKEMISTO	412



1

Ydinvoiman taival Suomessa:

ATOMI-INNOSTUKSESTA YDINREALISMIIN

Jarmo Lehtinen, Jorma Sandberg

SISÄLLYSLUETTELO

1.1	Atomivoiman alkutaival	12
1.2	Ydinvoimalaitosten hankinta Suomeen	14
1.3	Ydintekniikka 2000-luvun alussa	21

1.1 | Atomivoiman alkutaival

Suomi mukana rauhanomaisessa atomiyhteistyössä alusta asti

Atomien halkeamisen salat alkoivat selvitä tutkijoille 1930-luvulta alkaen. Ajatus ydinreaktorin käytöstä energian tuotantoon esitettiin jo 1930-luvun lopussa. Toisen maailmansodan alettua tutkimus kuitenkin suuntautui sotilaallisiin sovelluksiin. Yhdysvalloissa pelättiin, että Saksa käyttää ydinfysiikan tietoja uudenlaisen aseiden kehittämiseen. Pelko johti valtavaan rahalliseen ja tieteelliseen panostukseen, jonka tavoitteena oli kehittää uusi ase ensimmäisenä. Sodan lopussa vuonna 1945 Yhdysvallat pudotti murheellisin seurauksin kaksi atomipommia Japaniin.

Hiroshiman ja Nagasakin pommeihin johtaneen tietämyksen ja osaamisen muuttuminen rauhanomaiseksi ydinenergiaksi kesti kymmenisen vuotta. Yhdysvaltain Idahossa atomivoimalla tehtyä sähköä tosin syötettiin paikalliseen verkkoon jo vuonna 1951. Maailman ensimmäinen sähköntuotantoon tarkoitettu atomivoimalaitos aloitti toimintansa vuonna 1954 Obninskissa lähellä Moskovaa. Laitoksen teho oli vaatimattomat viisi megawattia.

Iso-Britannia oli ensimmäinen maa, joka käynnisti laajan ydinvoimalaitosten rakentamishjelman. Calder Hallin vuonna 1956 valmistunutta 50 MW:n laitosta voidaankin pitää maailman ensimmäisenä varsinaisena ydinvoimalaitoksena. Kaupallista toimintaa ydinsähkön tuottamisesta tuli vasta 1960-luvun alussa.

Vaikka atomien tie energiantuotantoon oli kivinen, 1950-luvulla maailmassa vallitsi suorastaan atomihurmos. Yhdysvaltain presidentti Eisenhowerin ”Atoms for Peace” -puhe Yhdistyneiden kansakuntien yleiskokouksessa 1953 oli merkittävä lähtölaukaus ydinenergian rauhanomaiselle käytölle. Ainakin osittain puheen luoman innostuksen takia YK järjesti maailman ensimmäisen atomikonferenssin vuonna 1955. Konferenssia leimasivat Yhdysvaltain ja Neuvostoliiton propagandakamppailu ja osittain lähes hurmoksellinenkin usko atomivoiman, kuten silloin vielä sanottiin, mahdollisuuksiin. Myöhemmin alettiin atomivoiman sijasta puhua ydinvoimasta ja hurmoskin muuttui vähitellen realismiksi.

Konferenssin taustalla oli suurvaltojen muuttunut suhtautuminen ydintekniikkaan. Toisen maailmansodan jälkeen suurvallat pyrkivät aluksi säi-

lyttämään kaiken atomiasioita koskevan tiedon salaisena. Vähitellen sekä Yhdysvallat että Neuvostoliitto ymmärsivät tieteen salaisuuksien paljastuvan ennen pitkää kaikille fyysikoille, mikä johtaisi ydinaseiden hallitsemattomaan leviämiseen ja muodostaisi todellisen uhkan myös suurvalloille. Niinpä ne päätyivät sellaiseen ratkaisuun, että ydinenergian rauhanomaiseen käyttöön tarvittavat tiedot annetaan kaikkien maiden käyttöön, mutta vastalahjaksi nämä maat sitoutuvat olemaan siirtämättä tietojaan sotilaalliseen toimintaan ja olemaan valmistamatta ydinaseita. Tätä varten tehtäisiin kansainvälinen sopimus, joka pitäisi sisällään myös valvonnan. Sopimuksen toimeenpanoa ja valvontaa varten tarvittiin kansainvälinen järjestö. Vuonna 1957 Yhdistyneiden kansakuntien yhteydessä aloitti toimintansa Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA.

Suomi osallistui kansainväliseen yhteistyöhön heti siitä lähtien, kun atomiasiat sen verran arkipäiväistyivät ja rauhanomaistuivat, että ne eivät enää olleet yksinomaan suurten valtioiden hallinnassa. Suomi osallistui mainittuun konferenssiin 1955. Suomesta tuli myös Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n ensimmäinen perustajajäsenten jälkeen hyväksytty jäsen vuonna 1958.

Suomi pelkäsi energian tuontiriippuvuutta

Suomi oli vielä 1950-luvulla sodan köyhdyttämä maatalousvaltainen maa. Osittain sotakorvauksia varten luotu teollisuus vasta orasti. Teollistumisen edellytyksenä oli sen vaatiman energian tuotanto.

Suomi oli kiinnostunut ydinenergian käytöstä sähköntuotannossa. Sodan jälkeen voimalaitoksia oli jäänyt siirtyneen rajan taakse. Pitkälle 1950-luvulle energiasta olikin pula ja sähkön hinta oli korkea. Kiinnostukseen vaikutti myös yleismaailmallinen innostus, joka johti Suomessakin rohkeisiin ajatuksiin. Tuolloin nousi esiin ajatuksia muun muassa kunnallisista ydinvoimalaitoksista. Asennoituminen oli kuitenkin Suomessa enimmäkseen varsin realistista.

Luonnollisesti vesivoima oli kotimaisena energialähteenä tärkeä ratkaisu sähkön tuotannon ongelmiin. Sen hyödynnettävyydelle nähtiin kuitenkin rajat, varsinkin kun 1950-luvulle sattui myös huonoja vesivuolia.

Hiili oli niinkään varteenotettava vaihtoehto laajamittaiseen energian tuotantoon. Suomessa pelättiin kuitenkin riippuvuutta tuontipolttoaineesta.

Ydinvoimalaitoksissa tuontiriippuvuus ei ollut yhtä suuri ongelma, koska ydinpolttoaineen varmuusvarastointi on helpompi järjestää ja polttoaineen osuus kustannuksista on ydinvoimalaitoksessa pieni.

Ydinvoimaa ryhdyttiin selvittämään kansalliseen tapaan komitealla. Ensimmäinen komiteamietintö aiheesta syntyi vuonna 1956.

Komitea jatkoi työtään atomienergianeuvottelukuntana, joka teetti 1960-luvun alussa tutkimuksen ydinvoiman osuudesta Suomen energiantuotannossa. Tutkimuksen toteutti atomienergianeuvottelukunnan ja Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n sihteeristön muodostama tutkijaryhmä, jota johti professori Erkki Laurila. Tutkijaryhmä arvioi, että Suomeen kannattaisi rakentaa ydinvoimalaitos 1960-luvun lopussa.

Ydinvoiman käyttöönoton valmistelu jatkui vilkkaana 1960-luvulla. Lainsäädäntö kehittyi ja asiantuntijoiden koulutus aloitettiin myös Suomessa. Atomienergianeuvottelukunnan asettama tekninen atomienergiaohjelma- jaosto suosittelee vuonna 1963 täysmittaisen ydinvoimalaitoksen hankkimista Suomeen.

1.2 | Ydinvoimalaitosten hankinta Suomeen

Tutkimusreaktori Suomeen 1962

1960-luvulla ydinvoima valloitti alaa nopeasti, ja jo vuosikymmenen alkuvuosina maailmassa oli rakenteilla kymmeniä ydinvoimalaitoksia. Suomi eteni kuitenkin varovaisesti, sillä vuosikymmenen aikana valmistui ainoastaan FiR 1 -tutkimusreaktori Otaniemeen vuonna 1962. Yhä toimiva reaktori oli tarkoitettu tukemaan kotimaisen asiantuntemuksen kehittämistä.

Jo 1950-luvun loppupuolella oli Suomessa aloitettu ydinteknisiin mittausmenetelmiin perehtyminen, kun Voimayhdistys Ydin oli lahjoittanut Teknilliselle korkeakoululle alikriittisen miilun.

Suomen sijoituksista ydinvoimaan tuona aikana kertoo jotain se, että Ruotsi panosti eräiden arvioiden mukaan rahaa alaan satakertaisesti. Ruotsin tavoitteet olivat kunnianhimoisemmat. Siellä pyrittiin itsenäisen ydinvoimalaitostekniikan asiantuntemuksen luomiseen ja tutkittiin myös oman ydinaseen valmistusta.



Kuva 1.1 Loviisan ydinvoimalaitoksen työmaa toukokuussa 1972

Suomessakin elintaso nousi ja teollisuus laajeni, jolloin vääjäämättä myös energian tarve kasvoi. Kilpailijamaita kalliimpi energian hinta rasitti voimistuvan teollisuuden kilpailukykyä.

Edullista sähköä pystyttiin tuottamaan suurissa yksiköissä. Hinnan laskiessa myös kotitalouksien sähköistäminen eteni, jolloin sähkön tarve kasvoi entisestään. Syntyi itseään vahvistava kierre, joka rohkaisi rakentamaan suuria energiantuotantoyksiköitä.

Tähän kehityskulkuun sopi myös ajatus ydinvoimasta, joka sai äkillisesti vauhtia, kun Kotkan Höyryvoima Oy ilmoitti kesällä 1965 aikovansa rakentaa Suomen ensimmäisen atomivoimalaitoksen. Uutinen herätti Imatran Voiman (IVO), joka lähetti elokuussa kymmenelle taholle, myös Neuvostoliittoon, tarjouspyynnön ydinvoimalaitoksesta. Tarkoitus oli saada voimalaitos käyttöön avaimet käteen -periaatteella.

Aluksi kilpailussa olivat vahvimilla länsisaksalainen AEG, Canadian General Electric ja yhdysvaltalainen Westinghouse. Uuden tarjouspyynnön jälkeen kärkijoukkoon nostettiin ruotsalainen ASEA, englantilainen

UKAEA (United Kingdom Atomic Energy Authority) ja neuvostoliittolainen tarjoaja, joka ei ollut jättänyt tarjoustaan ajoissa.

Liiketaloudellisten seikkojen ohella esiin nousivat kotimaisen tuotannon mahdollisimman suuri osa rakentamisessa, työllistäminen ja polttoainehuolto.

Kotimaisen teollisuuden etuja ajamaan syntyi Atomiteollinen ryhmä, johon kuului suurten suomalaisyritysten kärkiriväs. Mukana olivat A. Ahlström, Nokia, Rauma-Repola, Rosenlew, Strömberg, Tampella, Valmet ja Wärtsilä. Ryhmän tavoitteena oli saada suomalaiselle teollisuudelle ali-hankintoja ydinvoimalaitoshankkeissa.

Politiikka astuu kuvaan mukaan

Vuosina 1967 ja 1968 Imatran Voiman ensimmäiset yritykset ydinvoimalan tilaamiseksi kaatuivat. Epäonnistumiset johtuivat lähinnä siitä, että tilausta oli pitkään valmisteltu melko puhtaasti liiketaloudellisena hankkeena. Valtiovalta astui kuvioon mukaan vasta sitten, kun hanke oli jo päätöksentekovaiheessa.

Vähitellen kävi kuitenkin ilmeiseksi, että ydinvoimalaitoksen rakentaminen on niin iso asia, että päätöstä ei voi tehdä pelkästään liiketaloudellisten ja työllisyyspoliittisten seikkojen perusteella. Jo alan kansainvälisen herkkyyden, lukuisten sopimusten ja investoinnin kalleuden takia kansainvälinen politiikka, turvallisuusasiat sekä kauppapolitiikka, erityisesti idänkauppa, piti ottaa huomioon.

Kun poliittinen tausta oli hoidettu kuntoon, ydinvoimalaitoksen tilaamiselle oli todelliset edellytykset. Normaalilla tarjouskilpailulla voimalaitosta ei Suomeen kuitenkaan tilattu. Kilpailussa alun pitäen kärkisijat valloittaneet yhtiöt jäivät nuolemaan näppejään, kun valtioneuvosto vuoden 1969 kesällä päätti ydinvoimalaitosneuvottelujen aloittamisesta Neuvostoliiton kanssa. Valtiovallalla oli keskeinen asema ensimmäistä ydinvoimalaitosta koskevista neuvotteluista. IVO:n edustajat huolehtivat tekniikasta ja käytännön kysymyksistä.

Suomen viranomaiset ja IVO edellyttivät, että hankittava laitos täyttää länsimaiset turvallisuusvaatimukset. Neuvostoliitossa suunniteltuun laitokseen oli lisättävä tehokkaammat hätäjäähdytysjärjestelmät ja suojarakennus. Itäisen ja läntisen tekniikan yhdistäminen edellytti, että IVO



Kuva 1.2 Loviisan ydinvoimalaitoksen ensimmäisen yksikön projektipäällikkönä toiminut Kalevi Numminen esittelee laitosta kutsuvieraille käynnistystilaisuudessa maaliskuussa 1977. Esittelijän vieressä presidentti Urho Kekkonen ja Neuvostoliiton ministerineuvoston puheenjohtaja Aleksei Kosygin.

hankki syvällistä omaa ydinteknistä asiantuntemusta. Säteilyturvakeskukseen edeltäjä, säteilyfysiikan laitos, puolestaan vaikutti voimakkaasti Loviisan voimalaitokseen sovellettavien turvallisuusvaatimusten muotoutumiseen.

Kesällä 1970 syntyi lopullinen päätös ydinvoimalaitoksen tilaamisesta. Imatran Voima tilasi V/O Technopromexportilta 440 MW:n ydinvoimalaitoksen. Toinen yksikkö tilattiin seuraavana vuonna. Loviisan ydin-

voimalaitoksen ensimmäinen yksikkö kytkettiin sähköverkkoon 1977 ja toinen 1980.

Voimalaitoksen tilaamisen yhteydessä tehtiin sopimus käytetyn ydinpolttoaineen palauttamisesta Neuvostoliittoon. Järjestely takasi IVO:lle ydinpolttoaineen saannin. Käytetyn ydinpolttoaineen palauttaminen ydinasevallalle oli myös sopusoinnussa ydinaseiden leviämistä ehkäisevän ydinsulkusopimuksen kanssa.

Ydinpolttoaineen palauttaminen Neuvostoliiton perilliselle Venäjälle lopui vuonna 1996 Suomen ydinenergialain muutoksen vuoksi. Uusi laki edellyttää, että Suomi huolehtii käytetystä ydinpolttoaineesta itse.

Teollisuus sai oman voimalaitoksen

Myös yksityinen teollisuus halusi rakentaa oman ydinvoimalaitoksen. Teollisuus halusi varmistaa omat vaikutusmahdollisuutensa energiahuollon turvaamisessa eikä halunnut jättää ydinvoimalaitosten rakentamista valtionyhtiö IVO:n yksinoikeudeksi. Tämä tavoite sai tukea poliittiselta puolelta aina presidentti Urho Kekkosta myöten, vaikka ajan poliittinen valtavirtaus ei muuten suosinut yksityistä energiantuotantoa. Taustalla oli ilmeisesti Suomen haluttomuus sitoutua yksipuolisesti neuvostoliittolaiseen tekniikkaan, ja poliittisesti oli helpointa jättää päätös länsimaisen ydinvoimalaitoksen tilaamisesta yksityisen yhtiön tehtäväksi.

Yksityinen teollisuus osasi ottaa oppia Imatran Voiman kokemuksista ja pohjusti poliittisen puolen hyvissä ajoin ennen varsinaista tilausvaihetta.

Vauhtia teollisuuden ydinvoimalaitoshanke sai vuonna 1969, kun metsäteollisuus perusti Teollisuuden Voima Osakeyhtiön (TVO). Tässäkään tapauksessa ydinvoimalaitosta ei tilattu perinteisen tarjouskilpailun perusteella. Siinä missä ulko- ja kauppapolitiikka olivat ohjanneet valtion omistaman yrityksen tilaamaan neuvostoliittolaisen ydinvoimalaitoksen, teollisuuden katseet suuntautuivat puolueettomaan Ruotsiin niinikään pohjimmiltaan poliittisista syistä. Neuvostoliittolaiselle laitokselle ei haluttu läntisen sotilasliiton vastinetta Suomeen.

Ruotsalaisen laitospaihtoehdon ongelmana oli aluksi ydinpolttoaineen saannin turvaaminen. Ruotsilla ei ollut merkittävää omaan uraanikai-

vostoimintaa, ja erityisesti uraanin väkevöinti oli suurvaltojen hallinnassa. Suurvallat olivat vielä 1960–70-lukujen vaihteessa haluttomia toimittamaan väkevöityä uraania muunmaalaisten yhtiöiden rakentamiin ydinvoimalaitoksiin. Lopulta Neuvostoliitto suostui väkevöimään uraania ruotsalaisvalmisteiseen reaktoriin, ja viimeinen este ruotsalaisen laitoksen hankkimiselta poistui.

Valtiovalta asetti kuitenkin ehtoja yksityisen voimalaitoksen rakentamiselle. Esimerkiksi valtion omistusosuuden TVO:ssa piti olla huomattava. TVO:n ja IVO:n piti lisäksi solmia energiasopimus TVO:n laitosten ja IVO:n voimaverkon yhteiskäytöstä ja varavoiman ylläpitämisestä.

Hankintasopimus TVO:n ja Asea-Atomin välillä allekirjoitettiin vuonna 1974. Sopimukseen sisältyi optio toisen yksikön tilaamisesta. Optio toteutui myöhemmin. Eurajoen Olkiluodossa lähellä Raumaa sijaitsevat kaksi yksikköä kytkettiin sähköverkkoon vuosina 1978 ja 1980.



Kuva 1.3 Vuorineuvos Björn Westerlund, presidentti Urho Kekkonen ja toimitusjohtaja Magnus von Bonsdorff Olkiluodon ydinvoimalaitoksen peruskiven muurauksessa elokuussa 1974

Viidettä yksikköä suunniteltiin jo 1970-luvulla

Loviisan ja Olkiluodon yhteensä neljän yksikön lisäksi Suomeen on suunniteltu viidettä ydinvoimalaitosyksikköä jo 1970-luvulta alkaen. Tie eduskunnan myönteiseen periaatepäätökseen vuoden 2002 toukokuussa on siis ollut pitkä.

Kolmannen ja neljännen yksikön tilaaminen Loviisaan oli valmisteltu pitkälle kahden ensimmäisen yksikön rakentamisen jälkeisinä vuosina, mutta 1970-luvulla elettiin vielä Lähi-idän sotaa seuranneen energiakriisin jälkeisessä epävarmassa markkinatilanteessa, eikä lopullisiin päätöksiin ollut halukkuutta.

Loviisan ja Olkiluodon neljän yksikön rakentaminen ei aiheuttanut juuri lainkaan vastustusta, mutta aivan 1970-luvun lopussa Suomessakin alkoi vaikuttaa ydinvoiman vastainen liike. Ensimmäinen ydinvoiman vastainen mielenosoitus pidettiin Suomessa vuonna 1978. Ydinvoiman vastustajat toimivat pääasiassa EVY:n (Energiapoliittinen yhdistys vaihtoehto ydinvoimalle) riveissä.

Ydinvoiman vastustajat saivat puhtia Harrisburgissa Yhdysvalloissa vuonna 1979 tapahtuneesta ydinvoimalaitosonnettomuudesta sekä Tshernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta huhtikuussa 1986. Erityisesti Tshernobylin turman jälkeen vastustus oli vilkasta ja mielipidetiedusteluissakin ydinvoiman suosio oli pohjalukemissa.

Hieman ennen Tshernobylin onnettomuutta IVO ja TVO olivat perustaneet Perusvoima Oy:n ja jättäneet kauppaja teollisuusministeriölle hakemuksen uuden ydinvoimalaitoksen rakentamisesta. Onnettomuuden jälkeen hallitus ja teollisuus kuitenkin panivat voimalaitoshankkeen jäihin, koska yleinen mielipide ei ollut hankkeelle otollinen vakavan ydinurman jälkimainingeissa.

Vuonna 1988 astui voimaan uusi ydinennergialaki, jonka mukaan eduskunnan on vahvistettava valtioneuvoston periaatepäätös siitä, että ydinvoimalaitoksen rakentaminen on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista. Poliitikot joutuivatkin käsittelemään ydinvoimalaitoshanketta 1990-luvun alussa. IVO ja TVO jättivät vuonna 1991 hakemuksen laajentaa joko Loviisan tai Olkiluodon voimalaitosta yhdellä yksiköllä. Vuonna 1993 valtioneuvosto teki myönteisen periaatepäätöksen äänin 11–6. Eduskunta ei kuitenkaan seurannut valtioneuvoston esimerkkiä, vaan kaatoi viidennen yksikön rakentamisen äänin 107–90.

Vuoden 1993 päätöksen jälkeen suomalaiseen keskusteluun on jonkin verran vaikuttanut se, että ydinvoiman kansainvälinen suosio on hiipunut. Ruotsissa tehtiin vuonna 1980 kansanäänestyksen jälkeen päätös luopua ydinvoimasta. Päätös on edelleen voimassa, mutta vain yksi reaktori on suljettu. Saksa puolestaan päätti vuonna 2000 luopua ydinvoimasta pitkän siirtymäkauden kuluessa.

Sähkön markkinatilannekin on muuttunut perusteellisesti sinä aikana, kun viidettä ydinvoimalaitosta on maahan puuhattu. Säädellyn sähkökaupan sijaan Pohjoismaihin syntyivät avoimet sähkömarkkinat 1990-luvulla. Sähköstä tuli kansainvälinen kauppatavara, joka ei tunne valtakunnan rajoja.

Syksyllä 2000 Teollisuuden Voima Oy jätti valtioneuvostolle periaatepäätöshakemuksen uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseksi Olkiluotoon tai Loviisaan. Valtioneuvosto päätti tammikuussa 2002 äänin 10–6 puoltaa hakemusta.

Eduskunnan ratkaiseva äänestys oli 24.5.2002. Äänestykseen osallistuvat kaikki kansanedustajat ensimmäistä kertaa lähes 30 vuoteen. Eduskunta päätti äänin 107–92 hyväksyä periaatepäätöshakemuksen.

Tämän kirjan painoon mennessä uutta ydinvoimalaitosyksikköä koskeva tarjouskilpailuvaihe on päättynyt. TVO on ilmoittanut solmineensa 18.12.2003 Framatome ANP:n ja Siemensin muodostaman yhteenliittymän kanssa sopimuksen noin 1 600 MW:n painevesireaktorilaitoksen rakentamisesta Olkiluotoon. Vuoden 2004 alussa TVO toimitti valtioneuvostolle uutta laitosyksikköä koskevan rakentamislupahakemuksen.

1.3 | Ydintekniikka 2000-luvun alussa

Uuden vuosituhannen alkaessa ydintekniikka on saavuttanut kypsän teollisuudenalan aseman. Suomen neljä ydinvoimalaitosyksikköä tuottavat lähes 30 prosenttia maassamme kulutettavasta sähköstä. Laitosten käytövarmuus on ollut kansainvälisestikin katsoen erinomainen ja laitosyksiköiden sähkötehoa on korotettu jopa viidenneksen alkuperäisestä.

Myös maailmanlaajuisesti ydinenergialla on merkittävä asema. Ydinvoimalaitokset tuottavat noin 17 prosenttia maailman sähkönkulutuksesta eli noin seitsemän prosenttia energian kokonaiskulutuksesta. Eräillä alueilla ydinvoiman osuus on huomattavasti suurempi, Euroopan unionissa noin kolmannes ja Ruotsissa lähes puolet sähköntuotannosta. Uusia ydin-

voimalaitoksia otetaan jatkuvasti käyttöön etenkin Kaukoidässä ja samanaikaisesti vanhimpia laitoksia jo poistetaan käytöstä. Viime vuosina ydinenergian osuus maailman sähköntuotannosta on pysynyt suunnilleen ennallaan.

Keskustelu ydinenergian eduista ja haitoista sekä sen mahdollisuuksista tulevaisuuden energiahuollossa jatkuu maailmanlaajuisesti. Eräissä maissa on tehty päätöksiä ydinenergian käytöstä luopumisesta. Laitosten sulkemisen suunnitellut aikataulut ovat joka tapauksessa pitkiä, eikä mahdollisilla sulkemispäätöksillä ole lähitulevaisuudessa vaikutusta ydinvoimalaitosten ja ydinjätehuollon turvallisuusvalvonnan tai -tutkimuksen tarpeeseen.

Toisaalta esimerkiksi Yhdysvaltojen teollisuuden piirissä on vuosittain vaihteessa virinnyt uudestaan mielenkiinto ydinvoimaa kohtaan. Teollisuuden rakennemuutosten ja sähkömarkkinoiden vapautumisen seurauksena ydinvoiman kilpailukyky on parantunut. Yhdysvalloissa suuret yhtiöt, joilla on enemmän ydinvoimalaitosten käytön vaatimaa asiantuntemusta, ovat ostaneet ydinvoimalaitoksia pienemmiltä yrityksiltä. Monissa maissa kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämiseen tähtäävät kansainväliset sopimukset ovat nostaneet esiin kysymyksen ydinenergian merkityksestä hiilidioksidipäästöjen rajoittamisessa.

Ydinvoimalaitoksen suunniteltu käyttöikä on pitkä. Ensimmäiset laitokset suunniteltiin 30–40 vuoden käyttöä ajatellen, mutta viime aikoina esimerkiksi Yhdysvalloissa käyttöluvia on pidennetty 60 vuoteen. Osa laitoksen tärkeimmistä laitteista on suunniteltu kestävänsä koko käyttöiän, kun taas joitain järjestelmiä, kuten automaatio, on tarkoitettu uudistaa vähintään kerran laitoksen käyttöiän aikana. Ydinvoimalaitoksella tapahtuu jatkuvaa kehitystä, kun uutta tekniikkaa ja uusia toimintatapoja otetaan käyttöön.

Myös yleinen toimintaympäristö muuttuu. Viime aikoina yhteiskunnan kehitykselle on ollut tunnusomaista lisääntynyt taloudellinen kilpailu ja toisaalta ympäristö- ja turvallisuusnäkökohtien korostuminen. Ydinturvallisuuden varmistaminen muuttuvissa olosuhteissa entistä luotettavammin vaatii sekä jatkuvaa työtä että asiantuntemuksen ja toimintatapojen kehittämistä kaikilta asianosaisilta: ydinvoimayhtiöiltä, laitetoimittajilta, valvontaviranomaisilta ja tutkimuslaitoksilta.

KIRJALLISUUTTA

ATS Ydintekniikka -lehti 3/96 (30-vuotisjuhlanumero).

Kommonen I, Rundt D. Finlands kärnkraft, en bok om kedjereaktioner i vårt samhälle. Helsinki: Schildts, 1976.

Laurila E. Atomienergian tekniikkaa ja politiikkaa. Keuruu: Otava, 1967.

Laurila E. Muistinvaraisia tarinoita. Keuruu: Otava, 1982.

Laurila E. Ydinenergiapolitiikan harhailut. Helsinki: Otava, 1977.

Auer J, Teerimäki N. Puoli vuosisataa Imatran Voimaa, Imatran Voima Oy:n synty ja kehitys 1980-luvulle. Helsinki, 1982.

Ruostetsaari I. Energiapolitiikka ja vaikuttajat. Tampereen yliopisto, 1987.

Ruostetsaari I. Energiapolitiikan päätöksenteon ja hallinnon kehityksestä ja nykytilasta Suomessa. Tampere: Tampereen yliopisto, 1986.

Keskinen R (toim.). Suomen energiatekniikan historia. Teknis-historiallinen tutkimus energian tuottamisesta ja käytöstä Suomessa 1840-1980. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1993.

Tammilehto O. Miksi viidettä ydinvoimalaa ei rakennettu? - Ydinvoimavastaisen liikkeen historiaa. Artikkelit, joka on julkaistu mm. Ruohonjuurista elämänpuuksi -kirjassa. Helsinki: Vihreä Sivistysliitto ry, 1996.

Björklund N G, Westerholm W, von Bonsdorff M. Ydinsähköä, Teollisuuden Voima Oy 1969–1994. Rauma: TVO, 1994.

IAEA:n verkkosivut www.iaea.org