

# ATS

## Ydintekniikka n:o 3/1976

---

---

KOTIMAAN PALSTA		s. 2
SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOKSEN YVL-OHJEET		s. 13
TIETOA ATOMIENERGIANEUVOITTELUKUNNASTA		s. 20
AJANKOHTAISTA YDINPOLTTOAINEEN JÄLLEEN- KÄSITTELYSTÄ JA JÄTEHUOLLOSTA		s. 24
Aka-selvitys Ruotsissa		s. 25
IAEA:n alueellinen polttoainekierto- tutkimus		s. 50
IAEA:n symposio maaliskuussa 1976	J. Heinonen	s. 58
YDINPOLTTOAINEKIERTOON LIITTYVIEN SELVITYS- TÖIDEN PERUSSUUNNITELMA SUOMESSA VUOSILLE 1977-1979	M. Ojanen	s. 63

# ATS YDINTEKNIikka

Número 3/1976  
Marraskuu 1976

Julkaisija: Suomen Atomiteknillinen Seura  
Päätoimittaja: Lasse Mattila  
Valtion teknillinen tutkimuskeskus  
Ydinvoimatekniikan laboratorio  
Lönnotinkatu 37  
00180 Helsinki 18  
puhelin: 90-648931

## ATOMIENERGIANEUVOITTELUKUNNAN NÄKYMIÄ

Valtioneuvosto asetti alkuvuodesta 1976 seuraavaksi kolmivuotiskaudeksi uuden atomienergianeuvottelukunnan ja nimesi sen puheenjohtajaksi ylijohtaja Erkki Vaaran. Puheenjohtajan vaihdos tapahtui neuvottelukunnan syntymästä kaksi vuosikymmentä jatkuneen akateemikko Erkki Laurilan toimikauden jälkeen, jonka toimikauden aikana maamme atomitekniikka on kehittynyt pienestä alusta nykyiseen usean suuren tehoreaktorin käyttöönnoton vaiheeseen.

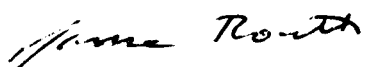
Uuden neuvottelukunnan toiminnan käynnistämiseen ovat kuuluneet jaostojen ja sihteeristön asettamiset. Jaostorakenne noudattaa lähes entistä käytäntöä, sen sijaan sihteeristö on eriytetty entistä selvemmin kauppa- ja teollisuusministeriön virkakoneistosta ja pääsihteerin lisäksi on nimetty teknilliset sihteerit neuvottelukunnan toiminnan tehostamiseksi.

Atomialaa koskeva lainsäädäntö on pieniä korjauksia lukuun ottamatta peräisin 1950-luvun lopulta eikä sitä kirjoitettaessa tietenkään ole voitu ottaa huomioon kaikkia nykyisiä tarpeita. Neuvottelukunta onkin käynnistänyt atomilain uudistustyön, josta esitystä laatii Laurilan johdolla toimiva työryhmä. Nykyisiin lakisääteisiin tehtäviin kuuluvat mm. lausuntojen antaminen ydinvoimalaitosten polttoaine- ja käyttöluvhakemuksista, joista käsittelyssä ovat olleet Loviisan käyttöluva ja Olkiluodon polttoaineluva.

Neuvottelukunnan ja erityisesti sen yleisjaoston tehtäviin kuuluvat myös aloitteiden ja suositusten laatiminen ydintekniikan tutkimus-, selvitys- ja valvontatoimen osalta. Näiden toimintojen viime vuosina tapahtunut voimakas kasvu ei valtion budjettikehityksen valossa näytä jatkossa mahdolliselta, vaan joudutaan toimimaan nykyisten tai hieman pienenevien resurssien puitteissa. Näissä olosuhteissa on voimavarojen oikea suuntaus entistä tärkeämpää. Samalla on huolehdittava siitä, että uudet tärkeät alat saavat välttämättömän rahoitustuen. Tällaisena mairittakoon ydinjätteitä koskeva selvitystyö, josta kokonaisesitystä laatiin on asetettu pääjohtaja Pekka Jauhon johdolla toimiva työryhmä.

Ydinenergiaan liittyvän keskustelun viime aikoina huomattavasti vilkastuttua on myös asiallisen tiedotuksen tarve lisääntynyt. Neuvottelukunta onkin asettunut avoimemman tiedotustoiminnan kannalle, vaikka käytännössä sen mahdollisuudet rajoittuvat lähinnä valtiokoneiston suuntaan tapahtuvaan toimintaan. Eräänä tähän liittyvänä toimenpiteenä valmistellaan vuosittaista toimintakertomusta, johon neuvottelukunnan toiminnan lisäksi koottaisiin tärkeimmät tiedot myös ydinenergiakentän kehityksestä maassamme. Asiatietojen jakaminen suurelle yleisölle tulee kuitenkin jatkossakin tarvitsemaan alalla työskentelevien, kuten Atomiteknillisen Seuran jäsenten, aktiivista panosta.

Atomiennergianeuvottelukunnan pääsihteeri

  
Jorma Routti

## KOTIMAAN TAPAHTUMIA

### TILANNE LOVIISASSA

#### Loviisa 1:stä ladataan

Valtioneuvosto myönsi istunnossaan 76-11-18 Loviisa 1:n käyttöönottamiseen tarvittavat atomienergiain mukaisen käyttöluvan ja säteily-suojauslain mukaisen turvallisuusluvan. Pian tämän jälkeen turvallisuusviranomainen myönsi lataamisluvan. Tätä kirjoitettaessa lataaminen on käynnissä. Latauksen jälkeen tehdään eräitä tarkistus- sekä ydinfysikaalisia mittauksia, joiden jälkeen reaktori voidaan ajaa kriittiseksi ja aloittaa tehokäynnistys. Kaupalliseen sähköntuottoon päästäneen kevättalven kuluessa.

Käyttö- ja turvallisuuslupien myöntäminen tapahtuu atomienergia- ja säteily-suojauslakien mukaan kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksellä. Suomen ensimmäisen ydinvoimalaitoksen tapauksessa päätös haluttiin kuitenkin alistaa valtioneuvoston päätettäväksi erityisesti ydinjättekysymykseen liittyvien pitkän aikavälin vastuukysymysten takia.

Nyt myönnettyjen lupien ehtoja ovat mm.,

että luvanhaltija toimii kaikissa olosuhteissa siten, että Loviisan voimalaitoksesta tai sen käytöstä tahi siellä olevista ydinaineista tai muista radioaktiivisista aineista tai niiden käytöstä aiheutuva henkilö-, omaisuus- ja ympäristövahingon vaara pysyy niin pienenä kuin kohtuudella on mahdollista; ja

että luvanhaltija käyttää Loviisan voimalaitosta ja siellä olevaa ydinainetta yksinomaan rauhanomaisiin tarkoituksiin sekä ryhtyy kulloinkin arvioitua tai todettua uhkaa vastaaviin tarpeellisiin toimenpiteisiin laitoksen ja siellä olevan ydinaineen suojaamiseksi oikeudettomalta haltuunotolta ja vahingoittavalta toiminnalta.

Loviisan laitoksen turvallisuustekniset käyttöehdot määritellään erikseen Säteilyturvallisuuslaitoksen lausuntonsa liitteenä esittämässä asiakirjassa.

Käyttölupaan liitetyt erikoisehdot kuvastavat ydinjätteisiin liittyvän ongelman keskeistä asemaa. Luvassa edellytetään mm:

a) Luvanhaltijan on ryhdyttävä toimenpiteisiin Loviisa 1:n reaktorissa käytettyjen polttoaine-elementtien toimittamiseksi pois maasta Suomen ja Neuvostoliiton välisen atomienergian rauhanomaista käyttöä koskevan yhteistyösopimuksen sekä Suomen hallituksen ja SNTL:n atomienergian käytön valtionkomitean välillä Moskovassa tammikuussa 1975 allekirjoitetun pöytäkirjan pohjalta laadittavan yrittystason sopimuksen mukaisesti. Luvanhaltijan tulee jatkuvasti informoida kauppa- ja teollisuus-

ministeriötä asiaa koskevista sopimusneuvotteluista ja mahdollisista muista toimenpiteistä. Ennen sopimuksen lopullista tekemistä on sille saatava ministeriön hyväksyminen. Saamansa informaation perusteella ministeriö tulee, niin tarpeelliseksi katsoessaan, antamaan täydentäviä määräyksiä Loviisa 1:n käytettyyn polttoaineeseen liittyvien kysymysten hoidossa. Polttoaine-elementtien luovuttamiseen toiselle tai siirtämisen pois voimalaitokselta on tarpeen erillinen atomienergiailaissa tarkoitettu lupa.

b) Luvanhaltijan tulee varastoida Loviisa 1:n käytöstä peräisin olevat radioaktiiviset jätteet sekä myös sellaiset polttoaine-elementit, joita ei voida a)-kohdan mukaisesti toimittaa pois maasta, Loviisan voimalaitoksen alueella, ellei kauppa- teollisuusministeriö muuta määrää. Jätteiden käsittelyssä ja varastoinnissa tulee noudattaa säteilyturvallisuuslaitoksen hyväksymiä menetelmiä. Luvanhaltijan tulee jatkuvasti informoida ministeriötä toimenpiteistään jätekysymyksen hoitamiseksi. Saamansa informaation perusteella ministeriö voi antaa täydentäviä määräyksiä.

Jätekysymyksen pikaisen ottamisen tarkastelun kohteeksi valtakunnallisella tasolla on KTM todennut erittäin tärkeäksi. Kuten myös toisaalla tässä lehdessä todetaan, KTM onkin asettanut työryhmän valmistelemaan ehdotusta jätekysymyksen hoitamiseksi Suomessa. Työryhmä saanee ehdotuksensa valmiiksi vuoden 1977 aikana. Todennäköisimpänä ratkaisuna jätteiden varastoimiseksi KTM pitää hautaamista maaperään, esim. kallioluoliin.

Lupaa myönnettäessä KTM totesi ydinvoiman rakentamistilanteesta seuraavaa:

Toinen laitosyksikkö Loviisaan sekä kaksi 660 megawatin yksikköä Olkiluotoon valmistuvat vuosien 1978-81 välisenä aikana. Seuraavan eli viidennen yksikön valmistuminen ajoittunee vuosien 1985-86 paikkeille sähköenergian tarpeesta riippuen. Sen rakentaminen olisi näin ollen aloitettava viimeistään vuoden 1979 alkupuolella. Ajoitus on kuitenkin riippuvainen siitä, kuinka paljon sähkönkulutuksessa pystytään säästämään. Sitä ennen Suomessa pyritään ratkaisemaan jätekysymyksiä hoitaminen ottaen huomioon johtavien ydinenergia-valtioiden tekemät päätökset ja niiden saamat kokemukset.

## Loviisa 2

Toisen yksikön rakennustyöt jatkuvat vielä reaktori-rakennuksessa, jonka runkotyöt valmistuvat ensi kesän aikana. Urakasopimukset on jo tehty käytännöllisesti katsoen kaikista Lo2:n mekaanisista asennuksista ja ne käynnistyvät vuoden vaihteeseen mennessä. AEE:n pääkomponenttitoimitukset alkavat alkuvuodesta ja ensimmäisenä saapuu 1. höyrystin helmikuussa.

Päätoimitusten myöhästymisen ohella Lo2:n töitä on pahiten haitannut resurssien puute niin IVO:n laadun-

valvojen kuin valvovien viranomaistenkin piirissä. Tämä johtuu Lo1:n käyttöönottotarkastusten ja Lo2:n rakennetarkastusten ruuhkaantumisen samaan aikaan, mikä on tietenkin viivyttänyt asennustöiden käynnistymistä.

Viime heinäkuussa sovittiin AEE:n virallisesti ilmoittamien toimitusaikojen valossa, että laitos on kaupallisessa käytössä 15.11.1978.

... JA OLKILUODOSSA

Okiluodon työmaan kokonaisvahvuus on tällä hetkellä noin 3200 henkilöä, mukaanlukien sekä TVO I- että TVO II-laitoksilla työskentelevät. Pian vuodenvaihteen -77 jälkeen rakennustyövoiman osuus ensimmäisellä laitosyksiköllä alkaa laskea asennustyövoiman määrän pysyessä lähes vakiona.

Rakennustöiden näin vähin erin päättyessä voidaan kertauksenomaisesti todeta, että ne aloittivat toiminnan laitospaikalla ja edistyivät suhteellisen pitkälle ennen kuin koneistoasennuksia voitiin aloittaa. Tämä ei kuitenkaan estä sitä, etteikö valmistusajaltaan pitkäaikaisimpia mekaanisia ja sähkölaitteita olisi ehditty alkaa valmistaa jo ennen rakennustöiden aloittamista laitospaikalla. Esimerkiksi TVO I-laitoksen osalta aloitettiin reaktoripaineastian ja turbo-generaattorin ensimmäisten osien raaka-ainetoimitukset noin 6 kuukautta ennen kuin rakennustyöt Olkiluodossa alkoivat.

Kuitenkin vasta syksyllä 1975, noin kaksi vuotta rakennustöiden aloittamisesta, olivat TVO I-laitoksen rakennustyöt edistyneet niin pitkälle, että asennustyöt suuremmissa mittassa saatettiin aloittaa. Rakennustavasta johtuen alkoivat asennustyöt alimmista maanalaisista kerroksista, merenpinnasta laskettuna -9.0 metrin tasolta. Laitoksen rakennusjärjestyksestä johtuen asennustyöt keskittyivät syksyllä 1975 ja alkuvuodesta 1976 reaktorirakennukseen ja apujärjestelmärakennuksiin, ts. rakennuksiin, joissa sijaitsevat pääosiltaan reaktorilaitosta varten tarvittavat laitteistot.

Talvella 1976 reaktorirakennuksessa sattunut tulipalo pakotti muuttamaan alkuperäisiä, reaktorirakennuskeskeisiä asennussuunnitelmia jossain määrin muihin rakennuksiin painottuviksi muuttamatta kuitenkaan ratkaisevasti laadittuja suunnitelmia. Myös reaktorirakennuksessa on tilapäis- ja väliaikaisjärjestelyjä käyttäen mahdollisuuksien mukaan pyritty nopeuttamaan asennustöitä, jotka muutoin olisivat joutuneet odottamaan ennalta asetettujen asennusolosuhteiden valmistumista. Vain reaktorilaitoksen yläosaa lukuunottamatta voidaan todeta laitoksen asennustöiden olevan lähes aikataulussa, vaikka pitkät lakot vuosina 1974, -75 ja -76 ovatkin häirinneet töiden normaalia edistymistä.

Turbogeneraattorin lauhduttimen asennustyöt aloitettiin aikataulun mukaisesti maaliskuussa 1976, ja ensimmäiset matalapainepesien lohkot asennettiin lokakuussa, kuten suunniteltu.

Reaktoripaineastia, joka on valmistettu Ruotsissa, AB Uddcomb Sweden tehtaalla Karlskronassa, laivattiin kesällä 1976 Olkiluotoon. Paineastia joutui odottamaan tilapäisellä varastointipaikalla asennusalustalleen nostoa Olkiluodossa noin kaksi kuukautta.

Nosto tapahtui lokakuun 21-24 päivänä ja sujui jopa laadittua aikataulua nopeammin täysin kitkattomasti. Nosto sinänsä asennus-tapahtumana oli varsin keskeinen laitoksen valmistumisen kannalta ja ilmeisesti teknisenä suorituksena ainutlaatuinen Suomessa. Montaa kertaa maassamme ei ole nostettu 500 tonnia yhtenä kuormana pystysuunnassa noin 45 metriä, siirretty nostolaitteen varassa vaaka-suunnassa parikymmentä metriä, laskettu alas noin 20 metriä ja lisäksi rihdattu vaaka-, kierto- ja pystytasossa millimetrin osien tarkkuudella paikalleen. Koko operaatio kesti noin 3 1/2 vuorokautta.

Rinnan raskaimpien prosessilaitteasennusten kanssa on suoritettu sekä sähkö- että instrumenttilaitteiden asennuksia. Syksyyn 1976 mennessä on pääosa kytkinlaitoksista luovutettu asennusvalmiuteen ja niin laite- kuin kaapeli-asennustenkin työt ovat ehtineet täyteen laajuuteensa. Syksyn 1976 aikana on ensimmäiset kytkinlaitososat saatettu jännitteellisiksi ulkopuolisesta 110 kV-verkosta laitoksen oman 110/6 kV käynnistysmuuntajan kautta.

Lukuunottamatta reaktorirakennuksen yläosia ja turbiinirakennusta pääosa komponenteista on asennettu. Asennusten pääpaino jatkossa tulee olemaan mekaanisten laitteitten puolella komponenttien kytke-minen toimiviksi järjestelmiksi eli putkisto- ja kaapeli-asennuksissa ja niihin liittyvissä kytkentätöissä.

Sekä karkea että hieno asennustyö jatkossa edistyy kautta koko laitoksen. Asennustöitä seuraava luonnollinen toimintavaihe on valmiiksi asennettujen järjestelmien koestaminen, koeponnistaminen, puhdistus, viritys ja käyttöönotto. Näihin toimenpiteisiin kohdistuvat valmistelevat esityöt, ensisijassa niiden suunnittelu, toiminta-rutiinien luominen, organisaatioiden rakentaminen ja muu soft wear on jo edistynyt varsin pitkälle. Ensimmäiset järjestelmien syste-maattiset käyttöönotot tapahtuvat kevättälvella 1977.

TVO II-laitoksen rakennustyöt seuraavat TVO I:stä noin 18 kk vaihesiirrolla ja asennustyöt päästään aloittamaan vuoden 1977 toisella neljänneksellä.

FINNATOM KERTOO, että

lämmitysreaktoriprojektin (SECURE) 1-vaiheen toteuttaminen varmistettu ja täydessä vauhdissa ja ministerivierailujen muistioiden edellyttämät toimenpiteet arkipäivän neuvotte-lujen kohteena.

## SECURE-projekti

Valtion myönnettyä Finnatomille 1.3 milj. markan tuotekehitys-lainan ja VTT:lle 1.2 milj. markan avustuksen ruotsalais-suomalaisena yhteistyönä suoritettavaan, nimen SECURE itselleen ottaneeseen lämmitysreaktorin kehitysprojektiin, on hankkeen 1-vaiheen toteuttaminen varmistettu ja päässyt täyteen vauhtiin.

Koko hankkeen tarkoituksena on kehittää kaukolämmitykseen soveltuva, lähisijoituksen edellyttämän turvallisuustason omaava pienikokoinen (100-400 MW) reaktorilaitos. Neljän osapuolen (Finnatom, VTT, Asea-Atom ja Atomenergi) voimin toteutettavassa 1-vaiheessa (76-01-01...77-09-30), jonka rahoitus nyt Suomen osalta saatiin varmistettua, on tarkoitus laatia laitokselle niin yksityiskohtainen konseptikonstruktio, että sen perusteella pystytään luotettavasti arvioimaan hankkeen jatkamisen tekniset, taloudelliset, turvallisuus-kysymyksiin liittyvät yms. edellytykset. Jos näiden kohdalla päädytään positiivisiin tuloksiin pyritään kesällä 1977 käynnistämään myös puolitoista vuotta kestävä 2-vaihe, jonka puitteissa laaditaan tarjousten pohjaksi soveltuva referenssi-konstruktio.

Konseptikonstruktiovaiheen kokonaiskustannukset ovat lähes 10 milj. mk, mistä Suomen osuus on 30%. Ruotsin valtio maksaa kokonaan ruotsalaisten osapuolten kustannukset.

Varsinainen suunnittelutyö 1-vaiheen osalta suoritetaan Asea-Atomien tiloissa Västeråsissa toimivan projektiryhmän puitteissa. Parhaillaan ryhmässä toimii kymmenkunta suomalaista, joiden työskentelyaika projektissa vaihtelee välillä 6-18 kk. Kaiken kaikkiaan koko 1-vaiheen vaatima työpanos on 426 miestyökuukautta, mistä Suomen osuus on 153 kk.

Merkittävän päämääränsä lisäksi SECURE-projektia on tavallaan pidettävä eräänlaisena käännekohtana suomalaisen ydinteknologian piiriin kuuluvan tutkimus- ja kehitystyön kohdalla. Ensimmäistä kertaa ollaan nyt laajalla pohjalla vakavasti suunnittelemassa kokonaista laitosta. Kokeneen reaktorirakentajan Asea-Atomin mukana olo lisää luonnollisesti hankkeen kantavuutta ja sen hyödyllisyyttä jo pelkkänä suunnitteluprojektina. Työ Västeråsissa on erikoisesti valmistavan teollisuuden edustajien osalta komponentti-, prosessi-, layout- ja rakennussuunnittelua, jossa luotettavuus ja turvallisuuskysymyksiin kiinnitetään aivan poikkeuksellista huomiota. Tämä onkin leimaa antavaa koko hankkeelle, kuten projektille otettu SECURE-nimityskin kuvastaa.

#### Ydinalan teollisuuden neuvostoliittolais-suomalainen kaupallistekninen yhteistyö

Vuoden aikana suoritettujen useiden neuvostoliittolaisten ministerivierailujen yhteydessä laadituissa muistioissa on korostettu ydinvoimalaitosalan teollisuuden piirissä tapahtuvan kaupallisen ja teknisen yhteistyön kehittämisen ja kehitysmahdollisuuksien tutkimisen ja selvittämisen merkitystä. Muistioiden edellyttämiin käytännön toimiin onkin heti vierailujen päätyttyä ryhdytty. Kaupallisella sektorilla neuvottelut ovatkin eräiden vientitoimitusten osalta jo käynnistyneet ja teknistä yhteistyötä koskevia keskusteluja pyritään aloittamaan. Konkreettisiin tuloksiin päätyminen edellyttää merkittävää tutkimus- ja kehitystyöpanoksen lisäämistä, johon tulee tarpeen vaatiessa olla valmiutta suhteellisen lyhyellä varoitusajalla. Vaadittava volyymi saattaa edellyttää suomalaisten osapuolten kesken hyvin laajapohjaistakin yhteistyötä ja tehokasta kotimaisten resurssien hyödyntämistä.



Yhdysvaltain ja Pohjoismaiden välinen ydinreaktoreiden turvallisuustutkimusta koskeva sopimus allekirjoitettu

Yhdysvaltain ydinvalvontakomissio (NRC) ja Pohjoismaiden ydintutkimuslaitokset, Valtion teknillinen tutkimuskeskus Suomesta, Institutt for Atomenergi Norjasta, AB Atomenergi Ruotsista ja Forsøgsanaleg Risø Tanskasta, ovat vastikään allekirjoittaneet nelivuotisen sopimuksen, jonka perusteella Pohjoismaat toisaalta osallistuvat NRC:n toimesta Idaho National Engineering Laboratoryssa (lähellä Idaho Fallsin kaupunkia) suoritettavaan LOFT-tutkimusohjelmaan, toisaalta luovuttavat oman tutkimuksensa tuloksia NRC:lle.

LOFT-koeohjelma on ilmeisesti mittavin tällä hetkellä maailmassa käynnissä olevista kevytvesireaktoreiden turvallisuuteen liittyvistä tutkimuksista. Pääasiallisena tarkoituksena on verrata LOFT-reaktorilla (55 MW PWR) suoritettavissa jäähdytteenmenetykskokeissa saatavia mittaustuloksia käytössä olevien teoreettisten mallien ja niihin perustuvien tietokoneohjelmien antamiin tuloksiin sekä tehdä vertailujen mahdollistamia parannuksia malleihin. Osallistumalla aktiivisesti koeohjelman ja siihen liittyvän teoreettisen työn toteuttamiseen Pohjoismaat varmistavat saadun tiedon ja kehitettyjen tietokoneohjelmien mahdollisimman nopean ja täydellisen saamisen käyttöönsä. VTT on jo sijoittanut edustajansa Idaho Fallsiin.

LOFT-projektissa mm. kehitetään edelleen niitä jäähdytteenmenetysonnettomuuden laskentamalleja (erityisesti RELAP-ohjelmat), joiden nykyiset versiot ovat jo VTT:n käytössä ja joilla on jo suoritettu viranomaisten edellyttämiä reaktorien suunnittelun perustana olevan jäähdytteenmenetysonnettomuuden tarkistus-analyysejä Loviisa 1 -laitokselle.

LOFT-koeohjelman mittasuhteita voitaneen parhaiten kuvata toteamalla koe-laitteiston rakentamisen maksaneen noin 750 Mmk. Tutkimusohjelman vuosikustannusarvio on luokkaa 120 Mmk/vuosi.

Yhdysvaltain ulkopuolisista maista ovat Saksan liittotasavalta ja Japani jo ennen Pohjoismaita sopineet osallistumisestaan LOFT-ohjelmaan. Pohjoismaat asettavat osuutenaan NRC:n käyttöön Pohjoismaiden NORHAV-yhteisprojektissa saavutettuja tuloksia, tietokoneohjelmia ja kokeellisia mittaustuloksia. Eri-tyisesti NRC:llä on oikeus ohjata vuosittain 6 henkilötyövuoden vuotuista panosta. NRC:n välittömästi ohjaamaa työtä suoritetaan tällä hetkellä lähinnä Tanskassa. Tavoitteena on v. 1977 aikana saada valmiiksi uusi, entistä realistisempi kiehtusreaktorin hätäjäähdytystä analysoiva ohjelma. VTT on jo sijoittanut tutkijan Tanskaan.

VTT SECURE-projektissa

VTT on osallistunut vuoden 1976 alusta ruotsalais-suomalaiseen lämmitysreaktoriprojektiin. Projektiryhmässä Västeråsissa työskentelee tällä hetkellä neljä ydinvoimatekniikan laboratorion tutkijaa osallistuen rakenneanalyysityöhön, sydämen reaktorifysikaaliseen ja termohydrauliseen suunnitteluun sekä säätöjärjestelmän suunnitteluun. Sähkötekniikan laboratorion luotettavuusryhmä vastaa turvallisuustutkimusten luotettavuusteknisistä selvityksistä, tällä hetkellä kahden tutkijan voimin. Lämmitysreaktorin ympäristövaikutuksia ja -riskejä tullaan arvioimaan suomalaisissa sijoitusoloissa mm. Kopparnäs-tutkimuksessa kehitetyn ohjelmiston avulla.

VTT:n kannalta projektiin osallistumisella on suuri koulutusmerkitys. Niemenomaan luotettavuustekniikan osalta projekti on ensimmäinen tilaisuus päästä tekemään järjestelmäselvityksiä jo suunnitteluvaiheessa, jolloin niistä on suurin hyöty. Projekti on erityisen mielenkiintoinen myös turvallisuusfilosofialtaan. Tavoitteena on suunnitella allastyypinen reaktori, missä ei tarvita aktiivisia turvallisuusjärjestelmiä ja missä vakavat reaktorionnettomuudet ovat mahdottomia lukuunottamatta hyvin harvinaisia ääriolosuhteita (täysin odottamattomia luonnonmullistuksia, totaalisia tuhoamisoperaatioita sotaolosuhteissa).

VTT osallistuu kansainväliseen Inter-Ramp -polttoainetutkimukseen

Syksyllä 1975 solmittiin kansainvälinen projektisopimus kiehutusvesireaktoreiden polttoaineen käyttäytymisen tutkimiseksi. Sopimuksen mukainen kokeellinen tutkimustyö tehdään AB Atomenergin Studsvikin koereaktorissa Ruotsissa. Projektin arvioitu kesto-aika on n. 3,5 vuotta ja kokonaiskustannukset kohoavat 10 milj. markkaan.

Sopimuksen allekirjoittajina on alan tutkimuslaitoksia, polttoaineen valmistajia sekä voimayhtiöitä Euroopasta, Yhdysvalloista ja Japanista:

Ab Atomenergi	Ruotsi
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	Suomi
Institutt for Atomenergi	Norja
Atomenergikomissionen	Tanska
Japan Atomic Energy Research Institute	Japani
Comitato Nazionale per l'Energie Nucleare ja Nuclital	Italia
Commissariat a l'Energie Atomique	Ranska
Kraftwerk Union Aktiengesellschaft	Saksan liittotasavalta
Exxon Nuclear Company Inc.	U.S.A.
Ab Asea-Atom	Ruotsi
Electronic Power Research Institute	U.S.A.
Oskarshamnsverkets Kraftgrupp Ab	Ruotsi
Statens Vattenfallsverk	Ruotsi
Sydsvenska Kraft Ab	Ruotsi

Syynä tutkimusohjelman aloittamiselle on mm. se, että polttoainesauvojen tehonmuutosnopeudelle on jouduttu asettamaan rajoituksia polttoaineen ja suojakuoren välisen mekaanisen vuorovaikutuksen välttämiseksi tai ainakin vähentämiseksi. Voimakkaan vuorovaikutuksen seurauksena saattaa polttoainesauvoissa tapahtua muodonmuutoksia, jotka joissain tapauksissa aiheuttavat suojakuoren puhkeamista.

Vuorovaikutusilmiöiden ja niistä johtuvien käyttörajoitusten parempi ymmärtäminen ja kontrollointi saattaa, tinkimättä ollenkaan turvallisuusvaatimuksista, lisätä monen tehoreaktorin vuosituotantoa 1-5 prosenttia. Tämä lisäenergia merkitsee huomattavaa taloudellista säästöä.

Tutkimusohjelman tärkeimpinä päämäärinä voidaan pitää:

- tutkia polttoaineen ja suojakuoren välisestä vuorovaikutuksesta aiheutuvia venymiä suojakuoriputkessa
- tutkia tärkeimpien suunnitteluarvojen vaikutuksia sekä
- kokeellisesti määrittää polttoainesauvojen maksimitehoa ja tehonnostonopeuden suurinta sallittua arvoa, jota polttoainesauvat kestävät vaurioitumatta.

Polttoainesauvojen käyttäytymistä seurataan jäljitellyissä tehoreaktoriolosuhteissa palaman (käyttöiän) funktiona. Sauvojen suunnitteluarvot ovat tyypillisiä kaupallisille kiehutusvesireaktoreille.

VTT pyrkii aktiivisella osallistumisella tämän nk. "Inter-Ramp"-projektin toimintaan saamaan siitä Suomelle mahdollisimman suuren hyödyn.

Projektin toimintaa ohjaa projektikomitea, jossa kaikilla osallistujilla on yksi äänivaltainen jäsen. Komitean puheenjohtajana toimii budjettivuoden 1976-1977 ajan VTT:n edustaja, tekn. tri. Jarl Forstèn.

Projektin käytännön toimintaan osallistutaan myös muilla tavoin. VTT on saanut tutkittavakseen polttoainesauvojen valmistukseen liittyvää arkistomateriaalia (zircaloy-suojakuorta ja  $UO_2$ -polttoainetabletteja), joille tullaan rinnan muiden osallistujien kanssa suorittamaan laadunvalvonnallisia kokeita. Varsinaisen sopimuksen mukaisen koeohjelman rinnalla on useiden osallistujien kesken käynnistynyt yhteistyö polttoaineen käyttäytymismallien testaamiseksi ja niillä saatavien ennustusten vertailemiseksi. Myös tähän yhteistyöhön VTT osallistuu aktiivisesti.

Koeohjelmaan kuuluvista 20 polttoainesauvasta on 16 parhailaan perussäteilytysvaiheessa ja vuoden 1977 alussa tullaan neljälle ensimmäiselle sauvalle suorittamaan tehonkorotuskokeet.

#### TKK:n ja VTT:n yhteinen laboratoriohanke harjakorkeudessa

Rakennuksen kokonaistilavuus on  $32600 \text{ m}^3$  ja kerrosala  $6891 \text{ m}^2$ . VTT:n osuus on  $16200 \text{ m}^3$  ja  $2304 \text{ m}^2$  sekä TKK:n osuus  $14400 \text{ m}^3$  ja  $2044 \text{ m}^2$ . Rakennuskustannukset ovat VTT: 10,18 milj.mk ja TKK: 9.02 milj.mk ja koko rakennuksen kiinteät kustannukset 550 000,-.

Teknillisen fysiikan osaston tiloista sijoittuu toiseen kerrokseen henkilö- ja toimistotiloja, valokuvauslaboratorio sekä sosiaalitiloja ja kolmanteen kerrokseen henkilö- ja toimistotiloja sekä ydintekniikan oppilaslaboratorio. Lisäksi eksponentiaalimiilulaboratorio saa uudet tilat rakennuksen koillisnurkkaan tulevaan erilliseen siivekkeeseen.

Kylmälaboratorion käyttöön tulee rakennuksen TKK:n osan ensimmäinen kerros, johon laboratorio muuttaa kokonaisuudessaan uusiin tiloihin. Näihin sisältyy henkilö- ja toimistotilojen lisäksi mm. kryokeskuslaboratorio, tutkimuslaboratorioita ja tutkimuksen aputiloja sekä sosiaalisia tiloja.

Osaston lisärakennus on suunniteltu siten, että se muodostaa toimivan kokonaisuuden yhdessä nykyisten tilojen kanssa. Siten laajennuksen käyttöönottoon liittyy oleellisesti nykyisen rakennuksen peruskorjaus- ja muutostyöt, jotka päästään aloittamaan laajennuksen valmistuttua.

VTT:n reaktorilaboratorio tulee sijoittumaan uuteen rakennukseen erikoisesti soveltavaa ydinteknillistä tutkimusta ja palvelutoimintaa harjoittavat yksiköt. Näistä mainittakoon aktivointianalyysiryhmä, radioaktiivisten merkkiaineiden hyväksikäyttöön erikoistunut prosessitutkimusryhmä, lääkinällisten radioisotooppien tuotantoryhmä sekä voimakkaasti radioaktiivisten konstruktio materiaalien aineenkoetusryhmä. Lisäksi rakennukseen tulevat tilat laboratorion toimistolle ja ydinjäteryhmälle.

## SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOKSEN YVL-OHJEET

Ydinvoimalaitosten turvallisuusvalvonta on monitahoinen ja vielä dynaamisessa tilassa oleva tehtäväalue. Atomienergia- ja säteilysojelulainsäädäntö muodostavat yleiset valvontapuitteet. Valvonnan toteuttamisessa käytännössä tarvitaan kuitenkin jatkuvasti yksityiskohtaisempaa kannanottoa sekä valvonnan toteuttamistapaa että vaatimustasoa koskevilla asioilla.

Ydinvoiman turvallisuusvalvonnan ylin valvontaviranomainen kauppa- ja teollisuusministeriö on mainittuun toimintaan liittyvissä lupapäätöksissään velvoittanut säteilyturvallisuuslaitoksen toimimaan käytännön valvontatehtävien toteuttamisessa varsin itsenäisesti. Asetus säteilyturvallisuuslaitoksesta (103/75 § 1) velvoittaa laitosta antamaan ohjeita säteilysojouslain, atomienergiain ja paineastia-asetuksen sekä niiden nojalla annettujen säännösten ja määräysten soveltamisesta siltä osin kuin ne liittyvät säteilyturvallisuuslaitoksen valvontatehtäviin.

Edellämainittuun perustuen julkaisee säteilyturvallisuuslaitos YVL-ohjeita, joiden ensisijaisena tarkoituksena on tehdä tunnetuksi omaksuttua valvontakäytäntöä ja vaatimustasoa ydinvoimalaitosten ja ydinmateriaalien turvallisuusvalvontaan liittyvissä asioissa.

Valvontaan kuuluvien asioiden monitahoisuudesta voi olla seurauksena, että annettujen ohjeiden noudattaminen kirjaimellisesti joissakin tapauksissa johtaa kohtuuttomiin vaikeuksiin. Tällöin luvanhakijalla on mahdollisuus esittää asia ohjeista poiketen hyväksyttäväksi. Hyväksymisen ehtona tällöin kuitenkin vaaditaan vakuuttavaa näyttöä vähintään saman turvallisuustason saavuttamisesta ohjeista poikkeavalla tavalla.

Ohjeet on numeroitu tiettyä pääjaottelua noudattaen seuraaviin ryhmiin:

- 1 Yleiset ohjeet
- 2 Järjestelmät
- 3 Paineastiat
- 4 Rakennustekniikka
- 5 Muut rakenteet ja laitteet
- 6 Ydinmateriaali
- 7 Säteilysuojelu

Ohjeiden valmistelussa säteilyturvallisuuslaitos käyttää harkintansa ja mahdollisuuksien mukaan sopivaksi arvioimiaan asiantuntijoita ja yhteisöjä. Valmistelu käsittää normaalisti luonnoksen teon, lausuntokierroksen tai -kierrokset ja lopullisen valmistelun. Kun ohjeiden viimeistely luonnosasteelta varsinaiseen vahvistettuun (STL:ssä) muotoonsa usein vie merkittävän ajan on ohjelunonnoksilla työskentelyssä huomattava merkityksensä.

Säteilyturvallisuuslaitos on tietoinen niistä vaikeuksista, joita kohdataan ohjeiden valmistelussa ja on tarvittaessa valmis tarkistamaan kantaansa jo vahvistettuihin ohjeisiinkin nähden, kun siihen riittävän perusteltua aihetta ilmenee.

- RYHMÄ 1 Yleiset ohjeet
- YVL 1.1 Säteilyturvallisuuslaitos ydinvoimalaitosten valvontaviranomaisena, 1976-05-10
- YVL 1.2 Asiakirja-aineistoille asetettavat yleiset vaatimukset, luonnos
- YVL 1.3 Erillisten tarkastuslaitosten hyväksyminen suorittamaan ydinvoimalaitosten pääosien ja järjestelmien tarkastuksia, 1975-07-25
- YVL 1.4 Ydinvoimalaitosten laadunvarmistusohjelma, 1976-10-20
- YVL 1.5 Säteilyturvallisuuslaitokselle toimitettavat ydinvoimalaitosten käyttöraportit, 1976-11-03
- YVL 1.6 Ydinvoimalaitosten pääohjaajien ja ohjaajien hyväksyminen, luonnos
- RYHMÄ 2 Järjestelmät
- YVL 2.1 Ydinvoimalaitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden turvallisuusluokitus, luonnos
- YVL 2.2 Turvallisuusluokitukseen perustuva ydinvoimalaitosten järjestelmien rakenteiden ja laitteiden valvonta, luonnos
- YVL 2.3 Ydinvoimalaitosten järjestelmien ennakkotarkastus, 1975-08-14
- YVL 2.4 Ydinvoimalaitosten käyttöönottotarkastukset, luonnos
- YVL 2.5 Ydinvoimalaitosten koekäyttö, 1976-06-30



- RYHMÄ 3 Paineastiat
- YVL 3.1 Ydinvoimalaitosten paineastioiden ennakkotarkastus (turvallisuusluokat 1 ja 2), 1975-07-14
- YVL 3.2 Erityispaineastioiden ennakkotarkastus (muiden kuin vaativimpiin turvallisuusluokkiin kuuluvien paineastioiden), SFL-ohje 9, 1974-04-01
- YVL 3.6 Rakennetarkastus, SFL-ohje 16, 1974-09-25
- YVL 3.7 Ydinvoimalaitosten paineastioiden käyttöönotto-tarkastus, 1976-03-16
- YVL 3.8 Ydinvoimalaitosten paineastioiden määräaikais-tarkastukset, luonnos
- RYHMÄ 4 Rakennustekniikka
- YVL 4.3 Ydinvoimalaitosten betonirakenteiden ennakkotarkastus, luonnos
- YVL 4.4 Ydinvoimalaitosten betonirakenteiden valmistuksen valvonta, luonnos
- YVL 4.5 Ydinvoimalaitosten rakennusteknisten teräsrakenteiden ennakkotarkastus, luonnos
- YVL 4.6 Ydinvoimalaitosten rakennusteknisten teräsrakenteiden valmistuksen valvonta, luonnos
- RYHMÄ 5 Muut rakenteet ja laitteet
- YVL 5.2 Teräsrakenteiden ennakkotarkastus, SFL-ohje 10, 1974-05-14

- YVL 5.5 Ydinvoimalaitosten sähkö-, säätö- ja instrumentointilaitteiden valvonta, luonnos
- YVL 5.6 Ydinvoimalaitosten ilmastointilaitteiden valvonta, luonnos
- YVL 5.7 Ydinvoimalaitosten pumppujen valvonta, turvallisuusluokat 1 ja 2, luonnos
- RYHMÄ 6 Ydinmateriaali
- YVL 6.1 Ydinmateriaalien valvonta, luonnos
- YVL 6.3 Polttoaineen ennakkotarkastus, SFL-ohjeluonnokset 8.01...8.08
- YVL 6.4 Ydinpolttoaineen kuljetuspakkausten hyväksyminen, luonnos
- YVL 6.5 Ydinpolttoaineen kuljetuksen hyväksyminen, luonnos
- YVL 6.10 Ydinmateriaalin kirjanpito- ja valvontajärjestelmä, luonnos
- YVL 6.20 Ydinvoimalaitosten turvajärjestelyt, luonnos
- YVL 6.21 Polttoaineen kuljetusten turvajärjestelyt, luonnos
- RYHMÄ 7 Säteilysuojelu
- YVL 7.1 Ydinvoimalaitosten annos- ja päästörajat, 1976-06-23
- YVL 7.2 Ydinvoimalaitosten ympäristön väestön säteilyannosten arvioiminen, 1976-05-17

- YVL 7.3 Ilmaan tapahtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen leviäminen, luonnos
- YVL 7.5 Ydinvoimalaitosten ympäristön meteorologiset selvitykset ja paikallinen meteorologinen mittausohjelma, 1976-05-14
- YVL 7.6 Ydinvoimalaitosten radioaktiivisten aineiden päästöjen mittaus, 1976-05-19
- YVL 7.7 Ydinvoimalaitosten ympäristömittauksiin perustuva säteilytarkkailu, 1976-06-23
- YVL 7.8 Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyturvallisuusvalvonnan raportointi säteilyturvallisuuslaitokselle, 1976-06-23
- YVL 7.9 Ydinvoimalaitosten henkilökunnan annosrajat ja säteilysuojelu, luonnos
- YVL 7.10 Henkilökohtainen annostarkkailu ja tulosten raportointi luonnos
- YVL 7.12 Ydinvoimalaitosten henkilökunnan terveystarkkailu ja lääketieteelliset toimenpiteet annosylitys- ja onnettomuustapauksissa, luonnos
- YVL 7.14 Toimenpidetasot väestön suojelemiseksi ydinvoimalaitosten onnettomuustilanteissa, 1976-05-26
- YVL 7.15 Oletukset ja parametrit ydinvoimalaitosten jäähdytteenmenetysonnettomuudesta aiheutuvien ympäristön väestön säteilyannosten arviointiin, 1976-05-18
- YVL 7.16 Radioaktiivisten aineiden leviämisen nopea arviointi onnettomuustilanteissa, luonnos
- YVL 7.17 Säteilyvalvontakalusto ja ympäristömittaukset onnettomuustilanteissa, luonnos

YVL-ohjeista on saatavana kopioita säteilyturvallisuuslaitoksen kirjastosta, puh. 90-659 588.

Atomiasiain turvallisuustoimikunnan muistiot

Atomiasiain turvallisuustoimikunta on julkaissut seuraavat muistiot:

USNRC:n (U.S. Nuclear Regulatory Commission) Regulatory Guide -ohjeiden käyttökelpoisuus Suomessa

Ydinvoimalaitoksiin liittyvät seismiset kysymykset

Em. muistioista on saatavana kopioita säteilyturvallisuuslaitoksen kirjastosta, puh. 90-659 588.

## TIETOA ATOMIENERGIANEUVOTTELUKUNNASTA

L. Mattila

Tämä kirjoitus pyrkii antamaan rautaisannoksen tietoa atomienergia-neuvottelukunnan (AEN) asemasta, tehtävistä ja toimintatavoista. AEN on kauppaja- ja teollisuusministeriön alainen elin, jonka tehtävänä on atomienergia-alaan liittyvien asiain valmistava käsittely. AEN:n toimintaa ohjaa asetus atomienergianeuvottelukunnasta (76/58, muutos 163/64). Taustalla on tietenkin myös atomienergialaki (356/57, viimeisimmät muutokset 565/75).

### TEHTÄVÄT

Asetus AEN:stä sanoo näin:

#### 2 §.

Neuvottelukunnan tehtävänä on:

- 1) seurata atomienergia-alalla tapahtuvaa kehitystä ja tehdä ehdotuksia toimenpiteistä, joihin tällä alalla olisi ryhdyttävä kiinnittäen samalla huomiota maan yleiseen polttoaine- ja voimanhuoltotilanteeseen;
- 2) tehdä tarpeelliseksi katsomiaan esityksiä ja aloitteita atomienergiainsäädännön sekä sen soveltamisen alalla;
- 3) antaa kauppaja- ja teollisuusministeriölle lausuntoja atomienergiain tarkoittamista lupahakemuksista ja toimia ministeriön apuna atomienergiaa koskevien asioiden käsittelyssä;
- 4) tehdä kauppaja- ja teollisuusministeriölle tarpeelliseksi katsomiaan ehdotuksia atomienergia-alaa koskevan koulutuksen, harjoittelun ja tutkimuksen järjestämisestä;
- 5) valmistella atomienergia-alalla tapahtuvaa kansainvälistä yhteistoimintaa koskevia kysymyksiä, huolehtia saamiensa ohjeiden mukaisesti kansainvälisestä yhteistyöstä sekä pitää yllä yhteyksiä vastaaviin ulkomaisiin elimiin;
- 6) tehdä esityksiä ja aloitteita, jotka ovat tarpeellisia neuvottelukunnan toiminnalle;
- 7) pitää yllä yhteyksiä säteilysuojauslaissa (174/57) tarkoitettuun neuvottelukuntaan sekä sellaisiin tieteellisiin ja teknillisiin järjestöihin ja teollisuuslaitoksiin, joiden toiminta liittyy neuvottelukunnan toimialaan; sekä
- 8) käsitellä muita valtioneuvoston tai kauppaja- ja teollisuusministeriön neuvottelukunnalle antamia asioita.

## TOIMINTATAPA

AEN:aan kuuluu enintään viisi jäsentä, jotka valtioneuvosto määrää enintään kolmeksi vuodeksi kerrallaan.

Neuvottelukunta on oikeutettu asettamaan jaostoja ja ottamaan sihteereitä sekä kuulemaan asiantuntijoita. Tällä hetkellä neuvottelukunnalla on neljä jaostoa, joiden toimeksiannot kuvataan jäljempänä.

### AEN NYT

Nykyinen AEN on asetettu 18.3.76 kolmeksi vuodeksi. Sen jäsenet ovat:

ylijohtaja E. Vaara	KTM	pj.
pääjohtaja P. Jauho	VTT	vpj.
toim.joht. S.O. Hultin	Ekono	
johtaja S. Lindblom	Suomen pankki	
ulkoas.neuvos I. Pastinen	UM	

Pääsihteerinä toimii prof. Jorma Routti ja sihteerinä vs. ylitarkastaja B. Palmén. Neuvottelukunnalla on lisäksi kaksi teknillistä sihteerinä, DI J. Manninen ja TkT L. Mattila, jotka ovat myös neuvottelukunnan yleisjaoston käytettävissä. Pääsihteerin ja teknillisten sihteerien tehtäviin kuuluu myös neuvottelukunnan ja sen jaostojen välisen tiedonkulun järjestäminen.

### YLEISJAOSTON

tehtäviä ovat neuvottelukunnan avustaminen ydinenergian käyttöön liittyvissä kysymyksissä, ydintekniikan kehityksen seuraaminen, aloitteiden, esitysten ja suositusten tekeminen ydintekniikan tutkimustoiminnasta ja sen rahoituksesta, sekä ydinpolttoaineiden hintakehityksen seuranta kansainvälisellä tasolla. Jaoston kokoonpano on nykyisin

toim.joht. S.O. Hultin	Ekono	pj.
toim.joht. M. von Bonsdorff	TVO	
toim.joht. D. Jåfs	FA	
johtaja S. Lindblom	Suomen pankki	
vs. toim.pääll. I. Mäkipentti	KTM	
johtaja K. Numminen	IVO	
prof. V. Palva	VTT	
prof. J. Routti	TKK	
prof. A. Vuorinen	STL	

Pöytäkirjasihteerinä toimii vs. ylitarkastaja B. Palmén.

### URAAANIJAOSTON

toimeksiantoon kuuluu maamme uraaninetsinnän koordinointi ja tehostaminen, aloitteiden ja esitysten tekeminen niihin liittyvistä projekteista ja näiden rahoituksesta sekä kansainvälisen raakauraanitilanteen seuraaminen. Jaostoon kuuluvat tällä hetkellä

ylitark. U. Salo	KTM	pj.
prof. K. Kauranne	GTL	
DI J. Manninen	KTM	
prof. H. Paarma	Rautaruukki	
TkL H. Väyrynen	IVO	

## YDINPOLTTOAINEJAOSTON

tulee ohjata ja suunnitella ydinpolttoaineeseen liittyvää tutkimusta ja koulutusta Suomessa sekä ylläpitää ja edistää alan kansainvälistä yhteistyötä. Jaoston tulee tarkastella kaikkia ydinpolttoainekierron tehtäviä, kuten uraanin etsintää, polttoaineen valmistusta ja käyttöä sekä jätehuoltoa, lupamenettelyä ja safeguards -valvontaa siten, että nämä kokonaisuutena palvelevat mahdollisimman hyvin polttoainekierron toteuttamista maassamme. Jaoston kokoonpano on nyt

TkL O. Vapaavuori	TVO	pj.
TkT J. Forstén	VTT	
ylitark. H. Koponen	STL	
DI O. Laakso	IVO	
TkT L. Mattila	VTT	
DI I. Mikkola	TVO	
prof. P. Salminen	VTT	
os.joht. P. Tuomi	Nokia	
TkL H. Väyrynen	IVO	
DI M. Ojanen	VTT	siht.

## ATOMIASIAIN TURVALLISUUSTOIMIKUNTA (ATT)

on AEN:n ja säteilysuojasasiain neuvottelukunnan (SSN) yhteinen jaostoihin rinnastettava elin, jonka tehtävänä on ydinvoimalaitosten turvallisuuteen liittyvien asioiden valmistelu. Toimikunnan nykyinen kokoonpano on

TkT J. Forstén	VTT	pj.
prof. M. Mikkola	TKK	vpj.
johtaja M. Himanen	Tekn. tark.laitos	
prof. A. Isola	STL	
prof. P. Silvennoinen	VTT.	

ATT:llä on lisäksi seuraavat pysyvät asiantuntijat:

TkL B. Regnell	IVO
TkL A. Rastas	IVO
TkT O. Tiainen	HKS

Sihteereinä toimivat

os.joht. T. Eurola	STL	ja
tarkastaja K. Tossavainen	STL	

## JÄTEHUOLTO

Läheisessä yhteistyössä AEN:n ja sen jaostojen kanssa toimii myös ns. ydinjätehuoltoryhmä, jonka KTM asetti 08.09.76. Ryhmälle annettiin tehtäväksi laatia esitys ydinjätehuollon organisoimiseksi Suomessa, selvittää kii-reellisimpiä tutkimus- ja selvityskohteita, ehdottaa näiden käynnistä-mistä ja koordinoita tätä selvitystyötä. Konkreettisenä tehtävänä on jo nyt koordinoita ja valvoa Suomen osallistumista IAEA:n alueellisia poltto-ainekeskuksia käsittelevään RFCC- eli ALPO-projektiin. Työryhmään kuulu-vat

pääjohtaja P. Jauho	VTT	pj.
ulkoas.neuvos I. Pastinen	UM	
vs.toim.pääll.I.Mäkipentti	KTM	
prof. P. Silvennoinen	VTT	
prof. A. Vuorinen	STL	

toim.joht. M. von Bonsdorff TVO  
varatuomari J. Santaholma IVO  
FL J. Heinonen VTT siht.

#### TÄRKEIMPIÄ KÄYNNISSÄ OLEVIA TÖITÄ

esittelee AEN:n pääsihteeri prof. J. Routti tämän lehden pääkirjoituksessa. Ajankohtaisimpia ja eniten työtä teettäviä kohteita ovat parhaillaan atomilainsäädännön uusiminen, ydinjätehuollon organisointi ja tietenkin ensimmäisten ydinvoimalaitosten lupakäsittely. Sihteeristöjärjestelmää kehittämällä pyritään parantamaan neuvottelukunnan toimintaedellytyksiä. Myös tiedottamista tullaan tehostamaan, mm. laatimalla monipuolinen toimintakertomus.



## AJANKOHTAISTA YDINPOLTTOAINEEN JÄLLENKÄSITTELYSTÄ JA JÄTEHUOLLOSTA

L. Mattila

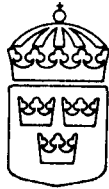
Polttoainekierron jälkiosan toteuttaminen on tällä hetkellä yksi ydinvoimateollisuuden ongelmallisimpia alueita. Ydinpolttoaineen jälleenkäsittelyyn ja sen seurauksena syntyvän korkea-aktiivisen jätteen tai vaihtoehtoisesti sellaisenaan jätteeksi jäävän säteilytetyn polttoaineen huoltoon onkin viime aikoina kiinnitetty runsaasti huomiota kaikissa ydinvoimaa käyttävissä maissa.

Kuten toisaalla tässä lehdessä esitetään, KTM:n asettama ydinjätehuoltoryhmä selvittää tilannetta Suomen kannalta. Ruotsissa ongelmaan on paneuduttu erittäin voimallisesti. Koska Ruotsissa tapahtuvalla kehityksellä on mahdollisesti merkittävä vaikutus myös Suomen kannalta, on aiheellista tiedottaa siellä tehdyn työn tuloksista mahdollisimman laajasti myös täällä. Ohessa julkaistaan otteita keväällä 76 valmistuneesta ns. Aka-työryhmän mietinnöstä "Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall".

Myös IAEA on huolestunut polttoainekierron loppupään epäselvästä tilanteesta. Se on käynnistänyt alueellisten polttoainekierto keskuksien toteuttamismahdollisuuksia koskevan selvitystyön, ns. Regional Fuel Cycle Centres eli RFCC-projektin. Suomikin osallistuu tähän projektiin, koska myös tätä kautta saattaa avautua yksi Suomen kannalta mielenkiintoinen vaihtoehto. Käytännössä työtä ohjaa edellä mainittu KTM:n ydinjätehuoltoryhmä. Ohessa julkaistaan RFCC (Suomessa on otettu käyttöön lyhennys ALPO) -projektia esittelevä kirjoitus.

IAEA ja NEA järjestivät keväällä 76 arvovaltaisen ydinpolttoainekierron radioaktiivisen jätteen huoltoa käsittelevän symposion. Ohessa julkaistaan Jorma Heinosen yhteenvedo tästä kokouksesta.

Polttoainekiertoa kokonaisuudessaan tarkasteleva M. Ojasen raportti "Ydinpolttoainekiertoon liittyvien selvitystöiden perussuunnitelma Suomessa vuosille 1977-1979", joka julkaistaan tämän lehden päätteeksi, koskettelee tietenkin myös polttoainekierron jälkipäätä.



Statens offentliga utredningar  
1976:30  
Industridepartementet

SOU 1976:30

# Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall

## Del I

### Till Statsrådet och chefen för industridepartementet

Med stöd av Kungl. Maj:ts bemyndigande den 28 december 1972 tillkallade chefen för industridepartementet den 25 april 1973 sju sakkunniga med landshövding Gösta Netzén som ordförande för att utreda frågan om hanteringen av högaktivt avfall från kärnkraftverk. Den 28 december tillkallades ytterligare två sakkunniga. De sakkunniga fick i uppdrag att analysera olika frågor som är av betydelse för den svenska handlingsberedskapen på området. Genom särskilda tilläggsdirektiv den 10 maj 1974 utvidgade industriministern utredningsuppdraget till att också omfatta de frågor, som rör hantering och förvaring av låg- och medelaktivt avfall. De sakkunniga har antagit namnet utredningen om radioaktivt avfall, förkortat Aka-utredningen.

Vi har tidigare överlämnat en lägesrapport om kärnkraftens högaktiva avfall (Ds I 1974:6) och en lägesrapport om det låg- och medelaktiva avfallet (Ds I 1975:8). Vi överlämnar härmed vårt huvudbetänkande, som redovisas i två delar. Del I (SOU 1976:30) innehåller sammanfattning, översiktlig redovisning av utredningsarbetet och bakgrundsmaterial samt överväganden och förslag. Del II (SOU 1976:31) omfattar sådant faktamaterial, som utgör underlag för våra ställningstaganden och förslag. Som bilagor till betänkandet överlämnas samtidigt vissa expertrapporter.

Vi tackar alla de myndigheter, organisationer och företag inom och utom landet som har bistått utredningen med värdefullt material.

En engelskspråkig sammanfattning av utredningen kommer att utges inom kort (SOU 1976:32).

Utredningen är enhällig i sina förslag. Särskilda yttranden har avgivits av ledamöterna Einar Larsson och John Takman.

Malmö den 26 april 1976

*Gösta Netzén*

*Jan Bergqvist*

*Einar Larsson*

*Lars-Gunnar Larsson*

*John Takman*

*Arne Westlin*

*Anders Wijkman*

*Nils Erik Wååg*

*Rune Angström*

*/Philip Moding*

*Hans Fransson*

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Sammanfattning</b>	<b>7</b>	<b>Oheisena</b>
<b>2</b>	<b>Utredningsarbetet</b>	<b>15</b>	
2.1	Kommitténs ledamöter, experter och sekretariat	15	
2.2	Arbetets uppläggning	15	
2.3	Samråd och beställda uppdrag	16	
<b>3</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>23</b>	
3.1	Kärnkraftens utveckling	23	
3.1.1	Världen	23	
3.1.2	Sverige	27	
3.2	Kärnbränslets kretslopp	30	
3.3	Hantering av använt kärnbränsle	34	
3.3.1	Upparbetning	34	
3.3.2	Icke upparbetning	35	
3.3.3	Upparbetningsindustrins utveckling	36	
3.3.4	Aktuellt läge för upparbetningsindustrin i Europa	36	
3.3.5	Hantering av använt svenskt kärnbränsle	38	
3.4	Upparbetning i Sverige	39	
3.4.1	Beredskap	39	
3.4.2	Val av plats	41	
3.5	Kärnvapenfrågan och kontrollen av klyvbart material	47	
3.6	Användning av radioaktiva ämnen inom medicin, forskning och industri	52	
3.6.1	Medicinsk användning av radioaktiva nuklider	52	
3.6.2	Forskning och undervisning	53	
3.6.3	Industri	53	
3.7	Begreppet radioaktivt avfall	54	
3.8	Hantering av radioaktivt avfall	54	
3.8.1	Kärnkraftens radioaktiva avfall	54	
3.8.2	Avfall från icke kärnteknisk verksamhet	58	
3.8.3	Framtida mängder radioaktivt avfall i Sverige	59	
3.9	Förutsättningar för slutlig förvaring av radioaktivt avfall i svensk berggrund	60	
3.10	Strålskydd, miljöskydd och säkerhet	66	
3.10.1	Strålning och strålningspåverkan	66	
3.10.2	Arbetarskydd	70	
3.10.3	Miljöfrågor	70	
3.10.4	Sabotage, stöld, terror	71	
3.10.5	Krigsskydd	72	
3.11	Forskning och utveckling	72	
3.11.1	Insatser i Sverige	73	
3.12	Kostnader	76	
3.13	Svenska myndigheter och lagar	80	

4	Överväganden och förslag	83
4.1	Allmänna utgångspunkter	83
4.2	Hantering av använt kärnbränsle	84
4.2.1	Lagring av använt kärnbränsle	84
4.2.2	Transport av använt kärnbränsle	84
4.3	Upparbetning av använt kärnbränsle	85
4.3.1	Upparbetning i Sverige	85
4.3.2	Annan behandling av använt kärnbränsle	87
4.4	Hantering och användning av plutonium	87
4.4.1	Kärnkraftverk	87
4.4.2	Kontroll av klyvbart material	88
4.5	Slutlig förvaring av högaktivt avfall	89
4.6	Hantering och förvaring av låg- och medelaktivt avfall	90
4.7	Nedläggning av kärntekniska anläggningar	91
4.8	Forskning och utveckling	92
4.9	Organisation, finansiering och lagar	95
4.9.1	Organisation	95
4.9.2	Finansiering	96
4.9.3	Lagar	97
	Särskilt yttrande av ledamoten Einar Larsson	99
	Särskilt yttrande av ledamoten John Takman	99

Utredningsmaterialet är uppdelat på följande sätt och utgör tillsammans huvudbetänkandet.

- Del I Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, SOU 1976:30 (denna del)
- Del II Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, SOU 1976:31
- Del III Spent fuel and radioactive waste, SOU 1976:32 (utkommer i juni 1976)

Dessutom kommer vissa expertbilagor att sammanställas och utges i juni 1976. Direktiv, begreppsförklaringar och litteraturförteckning återfinns sist i betänkandets del II.

# 1 Sammanfattning

I följande sammanfattning redovisas översiktligt dels de frågor, som utredningen skall behandla enligt direktiven, dels de förslag till lösningar som utredningen kommit fram till. Sammanfattningen har utformats på detta sätt för att den samtidigt skall ge en överblick över både utredningens förelagda arbetsuppgifter och dess förslag.

Hänvisningar görs till de sidor i betänkandet, som innehåller utredningens analyser och överväganden. Direktiven återges i sin helhet i SOU 1976:31.

## *Uppgifter enligt direktiven*

1. Analysera de tekniska, ekonomiska och säkerhetsmässiga problemen vid uppabetning av använt kärnbränsle, vid behandling och förvaring av radioaktivt avfall samt vid transporter av radioaktivt material.

2. Ange lämpliga metoder för hantering av radioaktivt avfall i Sverige med hänsyn till landets speciella förutsättningar.

## *Utredningens förslag*

En stor del av bakgrundsmaterialet har tidigare presenterats i lägesrapporterna 1974 och 1975. Del II av betänkandet innehåller en mer omfattande genomgång av aktuellt bakgrundsmaterial. Till detta kommer visst expertmaterial, som redovisas separat i särskilda bilagor till utredningen.

*Ds I 1974:6, Ds I 1975:8, SOU 1976:30, sid 28-83, SOU 1976:31 Expertbilagor*

Insmältning av det högaktiva avfallet i glas eller keramiska material är enligt utredningen den bästa av de metoder, som hittills utvecklas. Slutlig förvaring av radioaktivt avfall bör ske i urberg. De studier som Sveriges geologiska undersökning, SGU, utfört åt utredningen visar att Sverige med sin stabila och sedan årmiljoner lugna berggrund har gynnsamma geologiska förutsättningar för sådan förvaring. Transporter på järnväg och båt innebär flera fördelar ur säkerhetssynpunkt. Vi föreslår att använt svenskt kärnbränsle och sådant radioaktivt avfall, som kräver tunga, strålskyddade anordningar så långt möjligt fraktas på järnväg eller båt.

*SOU 1976:30, sid 60-83, 85, 91, 94.*

3. Undersöka om hanteringen av det låg- och medelaktiva avfallet kan samordnas med omhändertagandet av det högaktiva avfallet

4. Studera möjligheterna att bygga en upparbetningsanläggning i Sverige och därvid beakta möjligheterna till samlokalisering med bl. a. kärnkraftverk och med förvaringsanläggning för radioaktivt avfall

En central lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall inrättas. Till denna förs reaktoravfall samt sådant avfall från forskning, industri och sjukvård, som kräver förvaring under mycket lång tid. Nergrävning i mark av låg- och medelaktivt avfall bör inte komma ifråga. I likhet med högaktivt avfall bör det förvaras i berg. Slutlig lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall bör samordnas med lagringsanläggning för högaktivt avfall och projekteras samtidigt med denna.

*SOU 1976:30, sid 54-60, 90.*

Förprojektering av en svensk upparbetningsanläggning bör påbörjas snarast för att den skall kunna stå klar i början av 1990-talet. Dess kapacitet bör vara 800 ton uran per år. Den beräknas sysselsätta närmare 1 000 personer. En förutsättning för upparbetning bör vara att det plutonium som kommer fram som ett resultat av upparbetning så snart som möjligt överförs till nytt bränsle och återgår till reaktorerna. Vi förordar att ett beslut om en svensk upparbetningsanläggning även innefattar en anläggning för tillverkning av plutoniumberikat bränsle.

Utförda lokaliseringsstudier visar att det är möjligt att förlägga en upparbetningsanläggning till flera olika platser i landet. Vi vill i första hand förorda att en samförläggning med kärnkraftverken i Forsmark eller i Simpsvarp undersöks närmare. I samband med förberedelser för ett eventuellt femte kärnkraftverk i landet bör det om möjligt väljas ett läge, där man även uppfyller kraven för förläggning av en upparbetningsanläggning och en anläggning för slutlig förvaring.

Geologiska detaljstudier av platser lämpliga för slutförvaring bör omgående påbörjas i första hand nära Forsmark och Simpsvarp. Även andra platser bör studeras för att klarlägga alternativa lägen. Ur många synpunkter är det lämpligt och önskvärt med en regional, nordisk lösning av frågor som rör upparbetning och slutlig förvaring.

Även om vi i första hand förordar upparbetning för använt svenskt kärnbränsle anser vi att studier bör påbörjas i syfte att närmare klarlägga förutsättningarna för icke-upparbetning. Utredningen bedömer att en teknik där det använda bränslet slutförvaras direkt kan utvecklas. En avgörande nackdel med detta alternativ är att de energiresurser i form av uran och plutonium, som finns i bränslet, inte tas tillvara. En fördel är att plutonium ej avskiljs och förekommer i ren form. Även detta alternativ möjliggör en fortsatt användning av kärnkraft.

*SOU 1976:30, sid 39-47, 85-90.*

5. Bedöma behovet av ett svenskt forsknings- och utvecklingsarbete på avfallsområdet samt eventuellt föreslå allmänna riktlinjer för ett sådant

Vårt förord för en svensk upparbetningsanläggning innebär att FoU-arbetet inom upparbetningsområdet snabbt bör förstärkas. Insatserna bör också innefatta arbeten på processer för överföring av flytande högaktivt avfall till fast form, främst förglasningsmetoder. Det geologiska FoU-arbete, som SGU redan inlett, bör fortsätta och utvidgas. Vi förutser också behov av betydande FoU-arbeten för plutoniumberikat bränsle.

Vi vill understryka vikten av att kärnkraftinspektionen, SKI, och strålskyddsinstitutet, SSI, genom sina forskningsnämnder ser till att erforderliga insatser som underlag för dessa myndigheters tillståndsgivning och kontroll kommer till utförande.

*SOU 1976:30, sid 72-76, 92-95.*

6. Undersöka möjligheterna till internationellt och i synnerhet nordiskt samarbete i frågor som rör radioaktivt avfall

Med tanke på det omfattande FoU-arbete, som pågår i utlandet och i internationella organisationer bör Sverige aktivt medverka i det internationella samarbetet. Särskilt bör möjligheterna till ett praktiskt inriktat nordiskt samarbete tas tillvara.

*SOU 1976:30, sid 95.*

7. Överväga organisatoriska former för avfallshanteringen varvid som förutsättning gäller att staten skall ombesörja den verksamhet som rör den slutliga förvaringen

Ansvar för att ta hand om radioaktivt avfall vilar i första hand på det företag eller den institution där avfallet uppstår. Den verksamhet som rör slutlig förvaring kräver långtgående insyn och styrning från det allmännas

sida. Vi föreslår en särskild statlig organisation för all långsiktig hantering av radioaktivt avfall och därmed sammanhängande arbetsuppgifter, främst ledning av FoU-arbeten på avfallsområdet. En särskild enhet bör vidare inrättas vid kärnkraftinspektionen för granskning och kontroll på bränsle- och avfallsområdet och med ansvar för säkerhetsinriktat utvecklingsarbete på avfallsområdet.

Vi föreslår att ett omorganiserat Svensk Kärnbränsleförsörjning AB får ansvar för fortsatta förstudier och förprojektering av en svensk upparbetningsanläggning, centrallager och transportsystem för använt kärnbränsle. En särskild grupp bör organiseras för detta ändamål. Gruppen har under SKBF ansvar för inriktning och genomförande av erforderligt utvecklingsarbete för upparbetningsanläggningen och för transporter av använt kärnbränsle. Om en svensk upparbetningsanläggning skall uppföras förordar vi att här för organiseras ett statligt eller statsdominerat företag.

Programrådet för radioaktivt avfall avvecklas från 1 juli 1977 och dess arbete överförs på förut nämnda organ. Det är synnerligen viktigt att framtida förändringar i organisationen utformas i riktning mot en sammanhållande planering och ett samlat ansvar för såväl hanteringen av använt kärnbränsle som för radioaktivt avfall.

*SOU 1976:30, sid 95-99.*

8. Föreslå former för finansiering av behandling, transport och förvaring av radioaktivt avfall samt av forsknings- och utvecklingsprogram, varvid som förutsättning gäller, att samtliga kostnader skall bäras av den som ger upphov till avfallet

Kraftproducenterna skall bära samtliga kostnader som är förknippade med hantering och förvaring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Vi anser att häri ingår även kostnaderna för de organisationer och det utvecklingsarbete som vi föreslagit. I sina kostnadskalkyler bör kraftföretagen vidare medräkna de framtida utgifterna för upparbetning och slutlig förvaring redan när kärnbränslet används för framställning



av elenergi. Vi förordar att belopp motsvarande dessa utgifter avsätts varje år i företagens bokslut till en särskild fond från vilken kostnaderna täcks när dessa senare uppstår. Under mellantiden skall denna fond arbeta i företagen. Utifrån preliminära överväganden är en avgift på högst 0,5 öre per kilowattimme från kärnkraft tillräcklig för att täcka kärnkraftens restkostnader.

*SOU 1976:30, sid 76-80, 96-97.*

9. Översiktligt bedöma hur stora insatser som behövs för en tillfredsställande svensk beredskap på uppberetnings- och avfallsområdet

Med hänsyn till kravet på en tillfredsställande svensk beredskap på detta område anser vi att de inledda förstudierna för en svensk uppberetningsanläggning bör fortsätta så att en förprojektering kan påbörjas snarast. Med nu tillgängligt underlag kan investeringskostnaderna för en i alla avseenden fullständig svensk uppberetningsanläggning för 800 ton uran per år uppskattas till 4 000 milj. kr. Driftkostnaderna har beräknats till omkring 850 milj. kr per år.

Anläggningskostnaderna för slutlig förvaring av använt bränsle utan uppberetning har uppskattats bli omkring hälften av vad anläggningar för uppberetning och förvaring kostar.

Som villkor för tillstånd till kärntekniska anläggningar föreslår vi att det skall finnas en godtagbar, teknisk beskrivning över hur en kommande nedläggning planeras. Det bör åvila statens kärnkraftinspektion tillse att konstruktionen av kraftreaktorer och andra kärntekniska anläggningar utförs så att en framtida nedläggning kan genomföras på ett tekniskt och säkerhetsmässigt tillfredsställande sätt.

*SOU 1976:30, sid 76-80, 91.*

10. Komplettera lagstiftning

Vi föreslår att § 2 i nuvarande atomenergilag får följande tillägg "eller anläggningar för bearbetning och förvaring av radioaktivt avfall som uppkommer vid användning av kärnbränsle eller bearbetning av använt kärnbränsle".

Språket i atomenergi-, atoman-svarighets-, strålskyddslagen m. fl. är svårt att tolka och behöver förtydligas och moderniseras.

*SOU 1976:30, sid 80-83, 100.*

## 4 Överväganden och förslag

### 4.1 Allmänna utgångspunkter

Utredningen har satt upp vissa mål för såväl inriktningen av utredningsarbetet som utformningen av överväganden och förslag. Till dessa hör det centrala kravet att alla steg i hanteringskedjan för använt kärnbränsle och radioaktivt avfall måste utformas med hänsyn till skyddet av människan och hennes omgivning nu och i framtiden. Detta mål liksom kravet att säkerhetsfrågorna i samband med hantering, transport och förvaring måste tillmätas en avgörande betydelse redovisades redan i utredningens första lägesrapport (Ds I 1974:6).

Utredningens uppgift har inte varit att utveckla en ny teknik. Uppgiften har huvudsakligen gällt att studera och bedöma de möjligheter tillgänglig teknik erbjuder och med utgångspunkt härifrån presentera konkreta förslag anpassade till svenska förhållanden.

Mot denna bakgrund och med ledning av erfarenheter från utlandet har vi så grundligt det varit möjligt sökt redovisa hur den redan vid utredningens tillkomst kända tekniken utvecklats och förbättrats. Redogörelsen visar att redan dagens teknik erbjuder tillfredsställande möjligheter att hantera och förvara använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Det breda FoU-arbete, som pågår i världen kommer att ytterligare öka kunskaperna och därmed säkerheten i hanteringen.

Inom några delområden där tillgängligt material varit svårbedömt eller otillräckligt har speciella utredningar utförts. Ett sådant område omfattar hanteringen och användningen av plutonium från högutbränt kärnbränsle. Utredningen har därför särskilt studerat möjligheterna att återföra plutonium i lättvattenreaktorer.

Sammansättningen av avfallet är ett annat viktigt område inom vilket vi låtit utföra egna arbeten. En detaljerad kännedom om denna sammansättning är en nödvändig förutsättning för förslag om hantering och förvaring av radioaktivt avfall. Utredningen har vidare tagit initiativ till omfattande geologiska studier av förutsättningarna att i urberg slutligt förvara högaktivt avfall. Undersökningar av mätmetoder har därvid utförts i ett gnejsområde i Västerbotten.

Det har inte ingått i utredningens uppdrag att jämföra hälso- och miljörisker vid hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall med motsvarande risker vid andra typer av energiproduktion. Regeringen har dock tillsatt en särskild utredning för att belysa hälso- och miljörisker vid olika slag av energiproduktion, inklusive kärnkraften. Jämförande riskbedömningar avses utgöra en del av utredningsarbetet, som skall avslutas sommaren 1977.

### 4.2 Hantering av använt kärnbränsle

#### 4.2.1 Lagring av använt kärnbränsle

Den otillräckliga uppdragskapaciteten gör att länder med kärnkraft nu ser över behoven av lagringsutrymmen för använt kärnbränsle. På vår anmodan lämnade kärnkraftföretagen år 1975 uppgifter om vilket utrymme de hade och planerade för lagring av använt bränsle. I början av år 1976 har SKBF redovisat det aktuella läget. Av redogörelserna framgår att förutsättningarna för lagring av använt bränsle varierar mellan kraftverken. Gemensamt för de svenska kärnkraftverken är att bassängerna vid reaktorerna har byggts så stora att de kan rymma dels hela

bränsleharden om den av någon anledning måste tas ur reaktorn, dels ett till tre års uttag av använt bränsle. Ett års uttag motsvarar 20-30 % av harden. Därutöver har kraftföretagen vissa möjligheter att med begränsade investeringar möta det ökade lagringsbehovet.

Om kraftföretagen utnyttjar dessa möjligheter och om använt kärnbränsle framgent inte kan sändas till upparbetning i utlandet kommer bassängutrymmena vid kärnkraftverken att vara fullbelagda i början av 1980-talet. Lagringsutrymmena är således otillräckliga, särskilt mot bakgrund av att nuvarande lagringsutrymmen i utlandet nästan är fyllda.

Vi anser att en central anläggning för lagring av använt kärnbränsle behövs i landet. Den centrala anläggningen bör kunna tas i bruk senast år 1982 och planeras så att den kan byggas ut i etapper. Byggnadstiden inklusive projektarbete och montage beräknar Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, SKBF, till omkring tre år.

SKBF har låtit utföra en studie över lagring av använt kärnbränsle i Förenta Staterna. Såväl denna studie som den information som utredningen fått i samband med besök vid amerikanska, ryska och svenska kärnkraftverk samt information om forskning i Studsvik visar att använt kärnbränsle med nuvarande teknik för bassängförvaring kan lagras på ett säkert sätt åtminstone tio till femton år.

Vi anser att möjligheten bör undersökas att förlägga ett centralt lager till ett av våra nuvarande kärnkraftverk, i första hand Forsmark eller Simsvarp. Underlag för slutgiltigt beslut om att bygga ett centrallager håller på att utarbetas inom programrådet för radioaktivt avfall.

#### 4.2.2 *Transport av använt bränsle*

Det är enligt vår mening nödvändigt att de svenska kraftföretagen snarast säkrar tillgång till ett transportsystem för använt kärnbränsle. Transportbehållare behövs för frakter mellan kärnkraftverk och upparbetningsanläggning, inom kraftverken samt mellan kraftverken och ett centralt lager för använt kärnbränsle.

I Västeuropa finns sedan år 1973 ett företag som har specialiserat sig på transporter av kärnbränsle, Nuclear Transport Limited, NTL. Bolaget har brittiska, franska och västtyska delägare och har i det närmaste monopol på transporter av använt kärnbränsle i Västeuropa.

Enligt vad utredningen erfarit kommer det att råda brist på transportflaskor i Europa under de närmaste åren. SKBF beräknar att det tar 2-3 år att tillverka en transportflaska. Kostnaden för en större flaska uppgår till omkring 7 milj. kr. För att snabbt kunna tillverka sådana behållare i Sverige behövs tillgång till ritningar, patent och licenser av skilda slag.

I flera länder bland annat Förenta Staterna och Västtyskland planerar man att så långt möjligt undvika transporter på landsväg av använt kärnbränsle. I Sovjetunionen fraktas det för närvarande på järnväg. Fordon och laster är mycket tunga och kan väga över 100 ton. Transporter på järnväg och båt innebär flera fördelar ur säkerhetssynpunkt. Mot denna bakgrund föreslår vi att använt svenskt kärnbränsle och sådant radioaktivt avfall, som kräver tunga, strålskyddande anordningar så långt möjligt fraktas på järnväg eller båt.

Vid sjötransporter av använt kärnbränsle är flera myndigheter berörda bland annat kärnkraftinspektionen, strålskyddsinstitutet, sjöfartsverket och länsstyrelsen. Vi anser det vara viktigt att de olika myndigheternas åtgärder i samband med transporter samordnas så långt det är möjligt.

### 4.3 Upparbetning av använt kärnbränsle

Det bränsle som tas ur reaktorerna innehåller uran, plutonium och klyvningsprodukter. En viktig utgångspunkt för utredningen har varit att betrakta använt kärnbränsle som en energiresurs och inte som ett avfall. Återanvändning av resturan och plutonium innebär en bättre hushållning med jordens energitillgångar.

Mot denna bakgrund vill vi i första hand förorda ett handlingsprogram som siktar till att det använda kärnbränslet från de svenska kärnkraftverken upparbetas och att det utvunna uranet och plutoniet på nytt används som kärnbränsle. Upparbetning är emellertid inte en absolut förutsättning för kärnkraften i Sverige och dess ekonomi beror bland annat på uranpriset. Vi har därför också beaktat möjligheten att det använda bränslet uteslutande betraktas som avfall vilket innebär att energiinnehållet hos resturan och plutonium inte tas tillvara.

#### 4.3.1 Upparbetning i Sverige

De svenska kärnkraftföretagen har hittills varit inställda på att få sitt använda kärnbränsle upparbetat utomlands. I dagsläget är det emellertid ovisst om förutsättningarna för köp av upparbetningstjänster i Väst-europa under de närmaste årtiondena. Inte heller torde det för närvarande vara möjligt att sluta avtal om upparbetning med USA, Sovjetunionen eller Japan, länder, där upparbetningsanläggningar för högutbränt lättvattenreaktorbränsle planeras eller uppförs. Den kapacitet som nu byggs ut bedöms totalt sett otillräcklig under betydande tid framöver.

Mot denna bakgrund måste utredningen utgå från alternativet att vi i fråga om hantering av använt kärnbränsle under lång tid inte kan påräkna upparbetning utomlands. Som tidigare nämnts tar det 10–13 år från förstudier av en upparbetningsanläggning fram till drift med full kapacitet. Detta betyder att en svensk anläggning kan stå klar tidigast år 1990. Med hänsyn till kravet på en tillfredsställande svensk beredskap för hantering av använt kärnbränsle anser vi att de förstudier, som inletts bör fortsätta, så att förprojektering av en svensk upparbetningsanläggning kan påbörjas snarast. Förprojekteringen beräknas ta ca fyra år. Vid tidpunkten för ett definitivt beslut, dvs. i början av 1980-talet, bör det föreligga erfarenheter från några års drift i industriell skala vid utländska upparbetningsanläggningar. Vidare finns då resultat från de omfattande FoU-arbeten, som nu pågår i olika länder och som utredningen också föreslår skall sättas igång i Sverige.

Utredningen har undersökt förutsättningarna för lokalisering av en upparbetningsanläggning i Sverige. Av studien framgår att det är möjligt att förlägga en sådan anläggning till flera olika platser i landet, såväl vid kusterna som i inlandet. Dock talar vissa faktorer, främst transporterna, mot en förläggning till inlandet. Förutsättningen är att berörda kommuner och myndigheter kan godkänna lokaliseringen. Utredningen vill i första hand förorda att en samförläggning med kärnkraftverken i Forsmark eller i Simpsvarp undersöks närmare. Detta förslag stämmer enligt vår bedömning väl överens med riktlinjerna i den fysiska riksplaneringen och regionalpolitiken (prop. 1972:111 och 1975/76:1).

I samband med förberedelser för ett eventuellt femte kärnkraftverk i landet bör det om möjligt väljas ett läge där man även uppfyller kraven för förläggning av en upparbetningsanläggning och en anläggning för slutlig förvaring.

Vilken kapacitet en svensk anläggning för upparbetning bör ha bestäms främst av det årliga uttaget av bränsle och hur stort det befintliga lagret av använt bränsle är när upparbetningsanläggningen kommer i drift.

Under 1980-talet kommer använt kärnbränsle att behöva lagras inom landet. Storleken av detta lager beror på hur mycket som kan transporteras till utlandet. Om allt använt kärnbränsle måste lagras från 1980 kommer närmare 3 000 ton använt bränsle att finnas i förvaringsbassänger år 1990. Av betydelse blir dessutom om flera reaktorer skall byggas i landet utöver de 13 som riksdag och regering beslutat. Likaså bör klarläggas om anläggningen bör dimensioneras även för upparbetning av vissa mängder utländskt kärnbränsle. I första hand kan därvid använt bränsle från de nordiska länderna komma i fråga. Utredningen återkommer till frågan om en nordisk anläggning för använt bränsle i avsnitt 4.5.

Som framgår av avsnitt 3.4 talar flera skäl för att en anläggning i Sverige bör ha en kapacitet om 800 ton per år lämpligen uppdelad på två linjer om vardera 400 ton. En anläggning med denna kapacitet som successivt tas i drift från 1990 kommer under andra hälften av 1990-talet att ha avverkat bränslet från hittills beslutade reaktorer i Sverige.

Det har visat sig innebära stora svårigheter att beräkna kostnaderna för en upparbetningsanläggning i Sverige. Den tillgängliga informationen från utlandet och tidigare svenska förprojekt har visat sig otillräcklig i detta sammanhang. Endast en ny förprojektering direkt anpassad till svenska förhållanden kan ge det erforderliga underlaget. I avsnitt 3.13 och i huvudbetänkandets del II redovisas att kostnaderna för hantering av använt kärnbränsle, upparbetning, avfallsbehandling och slutförvaring kan beräknas uppgå till omkring 0,5 öre per kWh kärnkraft. Värdet av det resturan och det plutonium som man återvunnit har då inte inräknats i kalkylen.

#### 4.3.2 *Annan behandling av använt kärnbränsle*

Ett alternativ till att upparbeta är att behandla bränslet som avfall och inte utvinna vare sig resturan eller plutonium. Då utnyttjar man inte den energiresurs som det använda bränslet utgör. Närmare studier över möjligheterna till direkt slutförvaring av använt kärnbränsle har inte genomförts någonstans i världen. Eftersom denna teknik ännu inte är utvecklad är det omöjligt att beräkna kostnaderna på vanligt sätt. Indirekta jämförelser med kostnader för upparbetning pekar enligt västtyska uppgifter på en kostnadsnivå som ligger vid halva upparbetningskostnaden. Även om vi i första hand förordar upparbetning för använt svenskt kärnbränsle anser vi att studier bör påbörjas i syfte att närmare klarlägga förutsättningarna för icke-upparbetning. I första hand bör studierna inriktas på att följa utvecklingen utomlands. Utredningen bedömer att en teknik där det använda bränslet slutförvaras direkt kan utvecklas. En avgörande nackdel med detta alternativ är att de energiresurser som finns i bränslet inte tas tillvara. En fördel är att plutonium ej avskiljs och förekommer i ren form. Även detta alternativ möjliggör en fortsatt användning av kärnkraft.

### 4.4 Hantering och användning av plutonium

#### 4.4.1 *Kärnkraftverk*

Fram till år 1985 beräknas omkring 17 ton plutonium sammanlagt ha bildats i bränslet i svenska kärnkraftverk. Det plutonium som avskiljs vid upparbetning skall enligt planerna återföras till nytt bränsle. Tekniken för tillverkning av plutoniumberikat bränsle för lättvattenreaktorer provas nu i relativt stor skala bl. a. i Belgien och Västtyskland. Även AB Atomenergi i Studsvik har tillverkat plutoniumbränsle. Plutoniumberikade bränsleelement har satts in i en av Oskarshamnsverkets reaktorer.

Även Ågestareaktorn använde plutoniumbränsle under längre tid. Erfarenheterna från tillverkning och användning av bränsle med reaktorplutonium, dvs. plutonium som innehåller högre halter plutonium-240 och -241 är dock begränsade ännu så länge.

Utredningen vill betona att en förutsättning för vårt förord för upparbetningsalternativet är att det plutonium som kommer fram i ren form som ett resultat av upparbetning så snart som möjligt överförs till nytt bränsle och återgår till reaktorerna. Endast på detta sätt kan en uppbyggnad av större lager med rent plutonium undvikas.

Vi förordar därför att ett beslut om en svensk upparbetningsanläggning även innefattar en anläggning för tillverkning av plutoniumberikat bränsle. Denna anläggning bör för att undvika extra transporter ligga i anslutning till upparbetningsanläggningen men inte nödvändigtvis vara en integrerad enhet.

Oskarshamns Kraftgrupp AB, OKG, har ett kontrakt för upparbetning utomlands av 140 ton använt kärnbränsle från de båda reaktorerna Oskarshamn 1 och 2 vilket täcker behovet fram till 1980. SKBF planerar för kontrakt i första hand för 1970-talet för bränsle från övriga reaktorer och undersöker alternativ för 1980-talet. Det är synnerligen viktigt att kraftföretagen samtidigt som upparbetningskontrakt tecknas även redovisar planering för hur det plutonium som kommer fram från upparbetningen skall användas.

#### 4.4.2 *Kontroll av klyvbart material*

Genom sin anslutning till fördraget om förhindrande av spridning av kärnvapen (NPT) har Sverige tydligt markerat sin vilja att förhindra att klyvbart material används för militära ändamål. Denna strävan har också inneburit att Sverige infört en sträng exportkontroll inte enbart för klyvbart material utan också för viss utrustning på kärnenergiområdet. Regeringen har i mars 1976 förklarat sig ämna tillämpa exportkontroll även för kärnteknik inom ett par särskilt känsliga områden.

Utredningen har gjort vissa studier över riskerna för stöld av klyvbart material. Beträffande det anrikade uran som används för forskningsreaktorn R2 kan utredningen konstatera att säkerhetsåtgärderna för transporter, lagring och hantering på senaste tid avsevärt skärpts.

För närvarande finns endast mycket små mängder plutonium i ren form i landet. Det plutonium som bildats i reaktorernas bränsle är oätkomligt så länge det förekommer i använt bränsle tillsammans med en stor mängd radioaktiva klyvningsprodukter. På sikt förutsätter vi att bränslet kommer att upparbetas och att plutonium kommer att hanteras i relativt stor skala också i vårt land. Återförs plutonet i nytt bränsle omgående efter upparbetning minskar riskerna för stöld, terror och sabotage. Man bör vidare sträva efter att minska transporter av plutonium i så stor utsträckning som möjligt, eftersom stöldrisken kan förutsättas vara större under transport. Detta är ett viktigt skäl varför vi förordar en samförläggning av en upparbetningsanläggning och en anläggning för tillverkning av plutoniumberikat bränsle. Eventuella mellanlager av plutonium bör också förläggas till samma plats.

#### 4.5 Slutlig förvaring av högaktivt avfall

Slutförvaring av radioaktivt avfall i berggrunden syftar till att isolera avfallet på ett sådant sätt att tillsyn inte skall behövas under så lång tid som krävs för att det skall bli ofarligt. Det viktigaste kravet är att avfallet inte skall kunna spridas till biosfären genom naturliga processer, olyckshändelser eller krigshandlingar.

Den teknik för förvaring av högaktivt avfall som nu utvecklas i olika länder bygger på överföring av det flytande högaktiva avfallet till fast form. För svensk del anser vi att insmältning av det högaktiva avfallet i glas eller keramiska material är den bästa av de metoder som hittills utvecklats. Kommersiella anläggningar för denna teknik erbjuds nu från Frankrike.

Långtidssäkerheten vid slutförvaring av behållare med förglasat högaktivt avfall beror till avgörande del på förhållandena i berggrunden och möjligheten att klarlägga dessa. Sveriges geologiska undersökning har på uppdrag av utredningen granskat områden i olika delar av landet och funnit att flera av dessa bör kunna tillgodose förut angivna krav. För att slutligt bestämma alternativa platser för en anläggning för slutlig förvaring måste ytterligare geologiska undersökningar genomföras, bland annat borrhningar, provschakt och en längre tids observationer av grundvattnet. Sammanfattningsvis visar de studier som Sveriges geologiska undersökning utfört åt utredningen att Sverige med sin stabila och sedan årmiljoner tillbaka lugna berggrund har gynnsamma geologiska förutsättningar för slutlig förvaring av högaktivt avfall.

I utredningens skrivelser hösten 1975 till industridepartementet med anledning av förslaget att inrätta ett särskilt programråd för FoU på avfallsområdet har vi bland annat understrukit vikten av att de geologiska utvecklings- och undersökningsarbeten, som utredningen inlett, fortsätter.

Mot bakgrund av nuvarande kontrakt om upparbetning av svenskt bränsle i utlandet bedömer vi att högaktivt avfall från sådan upparbetning kan komma att återsändas till Sverige för slutlig förvaring tidigast år 1990. Planeringen bör därför inriktas på en anläggning för slutlig förvaring av högaktivt avfall som står färdig vid denna tidpunkt. Anläggningen bör byggas ut i etapper och utformas så att allt högaktivt avfall från upparbetat svenskt kärnbränsle kan förvaras där. Till frågor om förvaring av låg- och medelaktivt avfall återkommer vi i avsnitt 4.6.

Det högaktiva avfallet bör helst slutförvaras nära en svensk upparbetningsanläggning. Vi anser därför att geologiska detaljstudier av platser lämpliga för slutförvaring i första hand nära Forsmark och Simpsvarp omgivande bör påbörjas. Även andra platser bör studeras för att klarlägga alternativa lägen.

I nordiska kontaktorganet för atomenergifrågor och i nordiska rådet har förslag väckts om att undersöka möjligheterna till nordisk samverkan för hantering och lagring av radioaktivt avfall. Inofficiellt har liknande tankegångar framförts från olika håll vid våra kontakter med de nordiska länderna. Förslagen överensstämmer med de principiella riktlinjer för regionala anläggningar som presenterats inom det internationella atomenergiorganet IAEA. Det är också vår uppfattning att det ur många synpunkter är lämpligt och önskvärt med en regional, nordisk lösning.

#### 4.6 Hantering och förvaring av låg- och medelaktivt avfall

Låg- och medelaktivt avfall uppstår vid många slag av arbeten med radioaktivt material t. ex. vid kärnkraftverk, forskningsinstitutioner och sjukhus. En närmare beskrivning finns bl. a. i kapitel 3.8 del I och i kapitel 9 i del II.

Av teknik som hittills tillämpats för behandling av radioaktivt avfall är en del bl. a. anpassad för att avfallet slutligt skall kunna dumpas till havs eller grävas ner i mark. Sverige har ratificerat Londonkonventionen om förhindrande av havsförorening genom utsläpp av avfall i haven. I Sverige

gäller dessutom sedan 1972 en lag som innebär förbud mot dumpning i havet av allt avfall. Flera länder, däribland de nordiska, har liknande lagar. I Norden måste således radioaktivt avfall slutförvaras på land.

Låg- och medelaktivt avfall från drift av kärnkraftverk skall enligt kraftföretagens nuvarande planer kunna förvaras under minst fem år vid kraftverken. Kraftföretagen förutsätter således att detta reaktoravfall efter en viss tids förvaring vid kraftverket flyttas till annan plats.

Utredningen förutsätter i enlighet med kraftföretagens nuvarande planering att reaktoravfall kan lagras vid kärnkraftverken under åtminstone en femårsperiod. Detta mål överensstämmer med strålskyddsinstitutets förslag till riktlinjer för omhändertagande av radioaktivt avfall (SSI:1972-012). Vi föreslår att en central lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall inrättas och att avfall från kärnkraftverken förs dit. I första hand bör undersökas om anläggningen kan förläggas till samma plats som en central anläggning för lagring av använt kärnbränsle och en uppberedningsanläggning. Detta innebär att Forsmark eller Simpsvarp framstår som främsta alternativ till förläggning. Platsen för ett eventuellt femte kärnkraftverk kan också komma ifråga.

Låg- och medelaktivt avfall som kräver förvaring under mycket lång tid bör i likhet med högaktivt avfall förvaras i berg. Den slutliga lagringsplatsen för sådant avfall bör enligt utredningens uppfattning samordnas med en lagringsanläggning för högaktivt avfall och projekteras samtidigt med denna.

AB Atomenergi har en organisation för att ta hand om och lagra aktivt avfall från den egna verksamheten. I Studsvik tar man även hand om sådant avfall från sjukhus och forskningsinstitutioner, som behöver förvaras under längre tid.

Avfallshanteringen i Studsvik omfattar dels radioaktivt avfall från utvecklingsarbeten vid AB Atomenergi, dels avfall från icke-kärnteknisk verksamhet i och utanför Studsvik. Utredningen anser att denna verksamhet bör fortsätta tills vidare men att den i ett något längre tidsperspektiv samordnas med verksamheten vid den centrala lagringsanläggningen för låg- och medelaktivt avfall. Under utredningens arbete har framkommit, att avfallsanläggningarna i Studsvik till viss del behöver ses över och byggas ut för att svara mot de krav som nu bör ställas på anläggningar av denna typ. Vi förutser därför att omfattande nyinvesteringar i dessa anläggningar i Studsvik successivt kommer till stånd. De geologiska undersökningar, som inletts i Studsvik, bör fortsätta med sikte på att utröna möjligheterna till dels en tillfällig förvaring över 20-30 år, dels slutförvaring av det avfall, som där tas om hand.

I många länder finns mäktiga jordlager över berggrunden och därmed bättre förutsättningar än i Sverige för nergrävning av lågaktivt avfall. Med få undantag har nämligen Sverige ett tunt lager jord över berggrunden. Av detta skäl och med hänsyn till klimatet och grundvattenförhållandena anser utredningen att nergrävning i mark av radioaktivt avfall inte bör komma i fråga i Sverige. Det bör dock ankomma på tillsynsmyndigheten att avgöra om undantag från denna huvudregel, t. ex. för visst kortlivat avfall, kan tillåtas. För avfall, som innehåller ämnen med långa halveringstider är förvaring i mark olämplig.

Uppberedning av använt kärnbränsle kommer att ge upphov till betydande mängder låg- och medelaktivt avfall. Utredningen anser därför att en behandlings- och förvaringsanläggning bör lokaliseras nära en eventuell svensk uppberedningsanläggning. Den slutliga förvaringen av låg- och medelaktivt avfall kan då också samordnas med slutförvaringen av högaktivt avfall.



Transporter av låg- och medelaktivt avfall kommer att öka väsentligt i omfattning inom en nära framtid. Det är viktigt att dessa transporter kan genomföras under betryggande säkerhet. Med tanke på det relativt stora antalet transporter föreslår vi att ett särskilt transportsystem utvecklas för denna typ av avfall. Så långt möjligt bör enligt utredningen järnväg och båt användas för tunga transporter av radioaktivt avfall.

#### 4.7 Nedläggning av kärntekniska anläggningar

I yttrande över närförlägningsutredningens betänkande fann vi att frågorna kring nedläggning av reaktorer - efter drifttidens slut, ca 30-40 år - borde beaktas på ett tidigt stadium. Flera länder planerar nu insatser i syfte att klarlägga förutsättningar för och nödvändiga åtgärder vid nedläggning (avveckling). Frågan har bl. a. diskuterats vid ett av IAEA sammankallat expertmöte med svenskt deltagande under 1975. Nedläggning av kärntekniska anläggningar kommer att orsaka svårhanterligt aktivt avfall i framtiden. Vi vill därför understryka denna frågas betydelse. Enligt vår mening skall följande mål uppfyllas vid nedläggning av kärnkraftanläggningar.

- Nedläggningen skall utföras med hänsyn till ett betryggande skydd för människan och hennes omgivning
- Anläggningen skall lämnas i ett sådant skick att den inte kräver övervakning sedan 50 år förflutit efter nedläggning och på sätt som möjliggör användning för andra ändamål
- Det radioaktiva avfallet skall omhändertas på sätt som myndigheterna godkänner

En nedlägningsplan som utformas idag kan emellertid bara delvis förutse framtida tekniska möjligheter för rivning och sönderdelning av de mycket tunga konstruktioner som ingår t. ex. i kärnkraftverk. För att underlätta en kommande nedläggning bör dock åtgärder vidtagas redan i samband med konstruktion och byggande. Vi föreslår därför att som villkor för tillstånd till kärntekniska anläggningar skall finnas en godtagbar teknisk beskrivning över hur en kommande nedläggning planeras. Denna tekniska beskrivning skall ha som underlag känd teknik för nedläggning.

Det bör åvila statens kärnkraftinspektion tillse att konstruktionen av kraftreaktorer och andra kärntekniska anläggningar utförs så att en framtida nedläggning kan genomföras på ett tekniskt och säkerhetsmässigt tillfredsställande sätt.

#### 4.8 Forskning och utveckling

De förslag som utredningen tidigare lagt fram om hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall kräver för att kunna genomföras ett omfattande forsknings- och utvecklingsprogram. Inom ramen för ett sådant program krävs betydande insatser inom bland annat följande områden.

- Hantering av låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverken, s. k. reaktoravfall
- Uppförande och drift av anläggningar för tillfällig lagring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall
- Uppförande och drift av en uppberedningsanläggning

- Anläggningar för behandling och tillfällig lagring av högaktivt avfall
- Slutlig förvaring av radioaktivt avfall
- Hantering och återföring av plutonium till kärnkraftreaktorerna.

Den nuvarande hanteringen av reaktoravfall vid de svenska kärnkraftverken är inte väl anpassad till den form av slutförvaring som vi förordar. Huvudprincipen för hanteringen bör enligt vår mening vara en sortering av det radioaktiva avfallet efter dess livslängd, aktivitet och innehåll av olika radioaktiva ämnen. Reaktoravfallets volym måste minskas för att avfallet inte skall uppta alltför stor lagringsvolym. Tekniken att pressa löst avfall är väl utvecklad. För att senare kunna överföras till en central lagringsplats måste avfallet ges en lämplig form. De två metoder, som nu används, ingjutning i betong eller asfalt, behöver dels kompletteras med annan teknik, dels anpassas till de krav som transporter och central lagring ställer.

Utredningen vill särskilt peka på att det ännu är oklart om vilken metod som är lämpligast för behandlingen av avfall från de jonbytarfilter som bland annat finns vid kärnkraftverken. Utvecklingsarbetet på detta område i Sverige bör fortsätta och inriktas på förvaring i ett centralt lager och eventuellt senare slutligt i berg.

Ett utvecklingsarbete pågår bl. a. vid AB Atomenergi för att utveckla en lämplig utrustning för förbränning av brännbart lågaktivt avfall. Utredningen anser att detta utvecklingsarbete för lämpliga förbränningsanordningar är viktigt och bör fortsätta. Förutom i Studsvik bör metoden kunna användas vid t. ex. ett centralt lager för låg- och medelaktivt avfall.

Utredningen anser att metoder bör utvecklas för fortsatt hantering av koncentrat från industrier av aktiva lösningar.

Utredningen har tidigare berört frågan om ett transportsystem för använt bränsle och radioaktivt avfall. Vi förutser att det erfordras ett relativt omfattande utredningsarbete för en lämpligt utformad transportapparat. Omfattningen av detta blir i hög grad beroende på i vilken utsträckning teknik, konstruktioner, utrustning och fordon kan inköpas från utlandet.

Ett förprojekt för ett centralt lager för använt bränsle har nu satts igång genom programrådet för radioaktivt avfall. Det är möjligt att denna anläggning också kräver ett visst utvecklingsarbete som går utöver de rena projekteringsinsatserna.

Före ett beslut om uppförande av en svensk upparbetningsanläggning fordras ett väl genomarbetat förprojekt. Med tanke på projektets betydande svårighetsgrad behövs ett omfattande forsknings- och utvecklingsarbete för att säkerställa ett framgångsrikt tekniskt genomförande. Tidigare har tekniken på upparbetningsområdet varit relativt lättåtkomligt. De flesta resultat från utländska anläggningar som inte varit direkt kopplade till kommersiella intressen har publicerats eller gått att få fram genom direkta kontakter. För att förhindra spridning av kärnvapen har sekretessen inom upparbetningstekniken skärpts betydligt på sista tiden.

Forsknings- och utvecklingsarbetet inom upparbetningsområdet bör främst inriktas på att ta fram det underlag som behövs för beslut om konstruktion och uppförande av en anläggning. Så snart som en grupp för förprojektering av en upparbetningsanläggning bildats bör den få i uppdrag att även avgöra forsknings- och utvecklingsarbetets inriktning på upparbetningsområdet. På så sätt tillgodoses sambandet med det anläggningsinriktade arbetet.

Så snart som en grupp för förprojektering av en upparbetningsanläggning bildats bör den få i uppdrag att även avgöra forsknings- och utvecklingsarbetets inriktning på upparbetningsområdet. På så sätt tillgodoses sambandet med det anläggningsinriktade arbetet.

Forsknings- och utvecklingsarbetet på upparbetningsområdet bör också innefatta arbeten på processer för överföring av flytande högaktivt

avfall till fast form. Vi anser att arbetet i första hand bör inriktas på förglasningsmetoder, där för övrigt ett arbete redan inletts. Detta bör kompletteras med arbeten av mera grundläggande slag för att bästa möjliga beslutsunderlag skall finnas vid slutet av 1980-talet då en metod behöver bestämmas. Projektgruppen bör även styra denna del av forsknings- och utvecklingsarbetet.

Utredningen har lagt ut vissa uppdrag till SGU som bl. a. har bedömt den svenska berggrundens lämplighet för slutförvaring av radioaktivt avfall. Denna bedömning utgör en väsentlig bakgrund till våra förslag om bergförvaring. En svensk anläggning för förvaring i berg kan enligt vår uppfattning tidigast behöva tas i bruk omkring år 1990. Radioaktivt avfall från en svensk uppberedningsanläggning kommer dock sannolikt inte att behöva slutförvaras förrän tidigast omkring år 1995. Det arbete som SGU redan inlett bör fortsätta och utvidgas. Som framgår av vårt förslag kommer en särskild organisation att bildas för utveckling, uppförande och drift av en förvaringsanläggning.

Det arbete som programrådet för radioaktivt avfall beställt hos SGU bör i fortsättningen ledas av denna nya avfallsorganisation. Det är enligt vår mening angeläget att FoU-arbetet för behandling och förvaring av avfall samordnas med insatserna på uppberedningsområdet.

Av skäl som redovisats tidigare bör en anläggning för tillverkning av plutoniumberikat bränsle uppföras i anslutning till en svensk uppberedningsanläggning. Vi har inte tagit ställning till vem som skall äga och driva denna anläggning. Till sin natur ansluter den nära till Asea-Atom:s nuvarande verksamhetsfält. Det bör ankomma på kraftföretagen att skapa förutsättningar för att anläggningen kommer till stånd. Möjligen kan vissa kunskaper för tillverkning av plutoniumberikat bränsle köpas från utlandet. Med de allmänna kunskaper om processtekniken som Asea-Atom och AB Atomenergi har bör det finnas goda förutsättningar för en inhemsk tillverkning. Möjligen kan en försöksanläggning erfordras. Vi anser att det behövs ett betydande forsknings- och utvecklingsarbete på området. Detta bör samordnas med det utvecklingsarbete, som nu sker vid AB Atomenergi.

Enligt utredningen är det också nödvändigt med ett forsknings- och utvecklingsarbete om alfaaktivt avfall, som uppstår vid olika processer för hantering av främst plutonium. Det pågår ett omfattande arbete i utlandet för att utveckla processer för behandling av detta avfall. Den föreslagna avfallsorganisationen bör styra det erforderliga forsknings- och utvecklingsarbetet i Sverige.

Mot bakgrund av ett förslag från utredningens sida tillsatte regeringen vid slutet av år 1975 ett programråd för radioaktivt avfall som en tillfällig organisationen i avvaktan på utredningens slutliga förslag. Dess uppgift är att vidareföra det utvecklingsarbete som utredningen inlett på uppberednings- och avfallsområdena. Forsknings- och utvecklingsarbetet bör nu inriktas på de anläggningar som vi föreslagit och utgöra en del av projektarbetet. Av denna orsak föreslår vi att programrådet avvecklas från 1 juli 1977 och att dess arbete överförs på förut nämnda organ. Detta innebär att styrningen av arbetet i fortsättningen tas över av kraftföretagen, den föreslagna gruppen för en uppberedningsanläggning och den nya avfallsorganisationen.

Uppförande och drift av anläggningar för använt bränsle och avfall som förut angivet program leder till, fordrar tillstånd av ansvariga tillsynsmyndigheter. Till viss del kan det angivna programmet vara av värde för myndigheternas beslutsunderlag.

Vi vill understryka vikten av att kärnkraftinspektionen och strålskyddsinstitutet genom sina forskningsnämnder ser till att erforderliga forskningsinsatser som underlag för dessa myndigheters tillståndsgivning och kontroll kommer till utförande.

Statens strålskyddsinstitut kommer genom sin forskningsnämnd att leda insatser inom strålskyddet och det radioekologiska området. För det ansvar som kommer att åvila statens kärnkraftinspektion krävs ett program orienterat mot normer och regler för processer och anläggningar. Säkerhetsmyndigheterna behöver normer för konstruktion av förvaringsanläggningar och lämpliga former för lagring av radioaktivt avfall, regler för förpackning och transport av använt bränsle och radioaktivt avfall samt regler för hantering av alfaaktivt avfall.

Med tanke på det omfattande FoU-arbete inom uppberetnings- och avfallsområdet, som pågår i utlandet och i internationella organisationer bör Sverige aktivt medverka i det internationella samarbetet. Särskilt bör möjligheterna till ett praktiskt inriktat nordiskt samarbete tas tillvara.

## 4.9 Organisation, finansiering och lagar

### 4.9.1 Organisation

Ansvar för att ta hand om radioaktivt avfall vilar i första hand på det företag eller den institution där avfallet uppstår. Det mesta avfallet uppkommer vid kärnkraftverken och vid AB Atomenergians anläggningar. Mindre mängder kommer från sjukhus, industri m. fl. verksamheter.

Utredningens direktiv anger att det skall ankomma på staten att ombesörja den verksamhet som rör den slutliga förvaringen av högaktivt avfall. Denna verksamhet kräver enligt vår uppfattning långtgående insyn och styrning från det allmännas sida.

Vid våra överväganden om organisationen av den framtida hanteringen av radioaktivt avfall i Sverige har vi framför allt beaktat att delar av det radioaktiva avfallet måste förvaras under lång tid och att mycket långsiktiga aspekter därför måste läggas på den slutliga förvaringen.

Mot denna bakgrund föreslår utredningen att en särskild statlig organisation bildas som skall svara för all långsiktig hantering av radioaktivt avfall och därmed sammanhängande arbetsuppgifter. Vi förutsätter emellertid att en särskild organisationsutredning får till uppgift att bland annat precisera dessa uppgifter.

Vidare finner vi det angeläget att den statliga organisation som vi förordar på ett tidigt stadium tar ansvaret för de omedelbart aktuella uppgifterna. Som redovisats i avsnitt 4.8 skall denna organisation leda utvecklingsarbeten på avfallsområdet. Bland dessa kan nämnas geologiska undersökningar för förvaring av radioaktivt avfall i berg.

Våra överväganden har vidare lett till att vi föreslår att en särskild enhet inrättas vid statens kärnkraftinspektion med ansvar för det säkerhetsinriktade utvecklingsarbete som krävs för inspektionens kontroll av hantering och förvaring av använt bränsle och radioaktivt avfall. Till inspektionen knyts en särskild sektion inom forskningsnämnden för dessa nya arbetsuppgifter.

Vi föreslår att ett efter en organisationsstudie omorganiserat SKBF får ansvar för fortsatta förstudier och förprojektering av en svensk uppberetningsanläggning. En särskild grupp inom SKBF bör organiseras för detta ändamål. Denna grupp har också som framgår av avsnitt 4.8 ansvar för inriktning och genomförande av erforderligt utvecklingsarbete för uppberetningsanläggningen och för transporterna av använt kärnbränsle.

Om en svensk uppberetningsanläggning skall uppföras förordar vi att härför organiseras ett statligt eller statsdominerat företag. Även denna nya organisation bör underställas kärnkraftinspektionens tillsyn.

Lagringen av använt bränsle vid kärnkraftverken bör som hittills åvila kärnkraftföretagen.

Härutöver har vi funnit att det erfordras en central lagringsanläggning i landet för långtidslagring (10–15 år) av använt bränsle i avvaktan på ett beslut om fortsatt hantering och behandling av använt bränsle, antingen utomlands eller i en eventuell svensk upparbetningsanläggning. Ansvaret för att en sådan lagringsanläggning kommer till stånd bör åvila kärnkraftföretagen genom SKBF under tillsyn av SKI genom dess föreslagna nya enhet. Med hänsyn till dessa nytillkommande uppgifter för SKBF föreslår vi att dess styrelse utvidgas till sex ledamöter. Av dessa skall regeringen utse ordförande och ytterligare två ledamöter.

Enligt vår mening är det synnerligen viktigt att framtida förändringar i organisationen utformas i riktning mot en sammanhållande planering och ett samlat ansvar för såväl hanteringen av använt kärnbränsle som för radioaktivt avfall.

#### 4.9.2 Finansiering

Framställning av elenergi vare sig den sker med kol, olja eller kärnbränsle medför värmeutsläpp och ger upphov till avfall i olika former. Fossileddade kraftverk ger upphov till stora avfallsmängder som släpps ut i omgivningen med lokal och global påverkan. Det gäller stoft, svavelföreningar, tungmetaller, m. m. Ökade insatser för att minska dessa utsläpp medför högre kostnader för elproduktionen. Vid drift av kärnkraftanläggningar uppkommer radioaktivt avfall, som måste tas om hand. Kostnaderna för en ur miljövårdssynpunkt mer tillfredsställande hantering av avfall har ännu inte belastat något av de tre kraftslagen fullt ut. Vår utredning har enligt direktiven granskat de avfallskostnader, som kärnkraften medför och hur de bör finansieras.

Här förutsättes att kraftproducenterna skall bära samtliga kostnader, som är förknippade med hantering och förvaring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Härefter ingår enligt vår uppfattning t. ex. kostnaderna för de organisationer och det utvecklingsarbete, som vi tidigare föreslagit.

Kraftföretagen bör vidare i sina kostnadskalkyler medräkna de framtida utgifterna för upparbetning av använt kärnbränsle och slutlig förvaring av högaktivt avfall redan när kärnbränslet används för framställning av energi. Samma princip skall även gälla låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverk. Ett belopp motsvarande dessa utgifter kan avsättas varje år i företagets bokslut till en egen särskild fond från vilken restkostnaderna täcks när dessa senare uppstår. Under mellantiden skall denna fond arbeta i företagen. Utredningen förordar detta alternativ.

En annan möjlighet är att staten lägger en avgift på den elenergi som levereras från kärnkraftverken och därvid åtar sig kostnaderna för den vidare hanteringen av använt kärnbränsle. Avgifterna avvägs så att de motsvarar beräknade framtida kostnader för avfallshanteringen och tillförs en särskild statlig regleringsfond för kärnkraftens restkostnader. Via fonden kan eventuellt finansieras även kostnader för det utvecklingsarbete som erfordras på detta område. Utifrån mycket preliminära överväganden är en avgift på högst 0,5 öre per kilowattimme lagd på elenergi från kärnkraft tillräcklig för att täcka kärnkraftens restkostnader. Till kärnkraftens restkostnader hör också hantering av reaktoravfall. Vi föreslår dock att kostnaderna för detta avfall täcks av avgifter, knutna till avfallsmängder och aktivitetsinnehåll. På så sätt främjas en strävan att hålla mängderna av detta avfall nere. Motsvarande restkostnader för kol- och oljebaserad kraft har utredningen med hänsyn till direktiven inte haft till uppgift att beräkna.

#### 4.9.3 Lagar

Utredningen har även granskat de lagar, som rör hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Enligt vår uppfattning framgår det inte klart i atomenergilagen vilket ansvar, som åvilar tillsynsmyndigheten statens kärnkraftinspektion. Därför föreslår vi att § 2 i nuvarande atomenergilag ändras på följande sätt.

##### *Nuvarande lydelse*

Utan tillstånd av regeringen eller myndighet som regeringen bestämmer må ej någon uppföra, innehava eller driva atomreaktor eller anläggning för bearbetning av ämne eller förening som avses i 1 §.

##### *Föreslagen lydelse*

Vi föreslår följande tillägg till nuvarande lydelse i 2 §

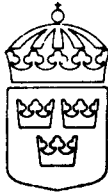
"eller anläggningar för bearbetning och förvaring av radioaktivt avfall som uppkommer vid användning av kärnbränsle eller bearbetning av använt kärnbränsle"

Vid vår granskning av atomenergi-, atomansvarighets-, strålskyddslagen m. fl. har vi funnit att språket i dessa lagar i många fall är svårt att tolka och därför behöver ses över. Det är angeläget att förtydliga och modernisera dessa lagar, främst atomenergilagen. Bl. a. bör uttrycket atom- genomgående ändras till kärn-. Utredningen har låtit svenska språknämnden föreslå språkliga förändringar i atomenergilagen. § 1 och 2 kan enligt nämndens förslag utformas på följande sätt

§ 1 Ingen får utan tillstånd av regeringen eller myndighet som regeringen bestämmer förvärva, inneha, överlåta eller på annat sätt befatta sig med

- uran,
- plutonium,
- torium,
- annat ämne som används som bränsle i kärnreaktor eller kan utnyttjas som kärnbränsle,
- använt kärnbränsle,
- kemisk förening i vilken här nämnt ämne ingår.

§ 2 Ingen får utan tillstånd av regeringen eller myndighet som regeringen bestämmer uppföra, inneha eller driva kärnreaktor eller anläggning för bearbetning av ämne eller förening som avses i § 1. Sådant tillstånd fordras också beträffande anläggning för bearbetning och förvaring av radioaktivt avfall, som uppkommer vid användningen av kärnbränsle eller bearbetning av använt kärnbränsle.



Statens offentliga utredningar  
1976:31  
Industridepartementet

SOU 1976:31

# Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall

## Del II

### Förord

I juni 1974 presenterade Aka-utredningen en lägesrapport om kärnkraftens högaktiva avfall (Ds I 1974:6). Rapporten redovisade i starkt koncentrat resultatet av det arbete som kommittén dittills utfört. Därefter har utredningen bl a genomfört en rad olika specialundersökningar särskilt i fråga om använt kärnbränsle och högaktivt avfall.

Genom särskilda tilläggsdirektiv från maj 1974 utvidgade industriministern utredningsuppdraget till att också omfatta de frågor som rör hantering av låg- och medelaktivt avfall. Som resultat av kommitténs arbete med anledning av tilläggsdirektiven presenterade Aka-utredningen vid årskiftet 1975/76 en särskild lägesrapport om låg- och medelaktivt avfall (Ds I 1975:8).

Föreliggande del II av huvudbetänkandet innehåller det faktamaterial som bildar underlag för våra överväganden och förslag i del I. En särskild engelskpråkig sammanfattning kommer att utges som del III. Dessutom presenteras visst expertmaterial i bilagor. Utredningsmaterialet är uppdelat på följande sätt och utgör tillsammans huvudbetänkandet.

Del I Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, SOU 1976:30

Del II Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, SOU 1976:31  
(denna del)

Del III Spent fuel and radioactive waste, SOU 1976:32 (utkommer i juni 1976)

Expertbilagor (utges i juni 1976)

# Innehåll

1	<i>Det radioaktiva avfallet i bränslegången för lättvattenreaktorer</i>	9
1.1	Produktion av kärnkraft	9
1.1.1	Klyvningsprocessen	9
1.1.2	Reaktorn	10
1.2	Bränslegången	12
1.2.1	Framställning av uran	13
1.2.2	Omvandling till uranhexafluorid och urananrikning	15
1.2.3	Tillverkning av bränsleelement	17
1.2.4	Drift av kärnkraftverk	19
1.2.5	Upparbetning av använt bränsle	24
2	<i>Kärnkraftutbyggnad samt beräknade mängder plutonium och högaktivt avfall</i>	31
3	<i>Sammansättning av använt kärnbränsle och högaktivt avfall från svenska kärnreaktorer</i>	35
3.1	Bränsletyper och övriga förutsättningar	35
3.2	Använt bränsle	35
3.3	Det högaktiva avfallets sammansättning	38
3.4	Annat alfaaktivt avfall	42
4	<i>Den nuvarande hanteringen av aktivt avfall utomlands</i>	45
4.1	Norden	46
4.2	Sovjetunionen	49
4.3	Storbritannien	50
4.4	Frankrike	52
4.5	Västtyskland	53
4.6	Övriga Europa	54
4.7	Förenta Staterna	56
4.8	Kanada	60
4.9	Japan	60
5	<i>Aktuellt läge för industriell upparbetning</i>	63
5.1	Motiv för upparbetning	64
5.2	Nuläge i Förenta Staterna	65
5.3	Nuläge i Västeuropa	67
5.4	Nuläge i övriga världen	69
6	<i>Hantering av använt svenskt kärnbränsle</i>	71
6.1	Det använda kärnbränslet	71
6.2	Behandling utan tillvaratagande av resturan och plutonium	72
6.3	Upparbetning av använt kärnbränsle	72
6.3.1	Teknik för upparbetning och avfallshantering	73
6.3.2	Säkerhet	78
6.3.3	Omgivningspåverkan	79
6.3.4	Funktioner vid en upparbetningsanläggning	81
6.3.5	Behov av en upparbetningsanläggning i Sverige	83
6.3.6	Val av plats	85
6.3.7	Förstudie till en upparbetningsanläggning i Sverige	89
6.4	Kostnader	90



7	<i>Plutonium från svenskt kärnbränsle</i>	97
7.1	Plutonium, egenskaper och framställning	97
7.2	Användning av plutonium	98
8	<i>Kärnomvandling och användning av transuraner och klyvningsprodukter</i>	103
8.1	Kärnomvandling som ett led i avfallsbehandlingen	103
8.1.1	Allmänna förutsättningar	103
8.1.2	Acceleratorsystem	104
8.1.3	Kärnladdningar	105
8.1.4	Återföring i reaktorer	105
8.1.5	Fusionsreaktorer	106
8.2	Användning av transuraner och klyvningsprodukter utanför kärnkraftproduktionen	107
9	<i>Övrigt radioaktivt avfall</i>	109
9.1	Källor till övrigt radioaktivt avfall	109
9.1.1	Sjukvård	109
9.1.2	Forskning och utveckling	110
9.1.3	Industri användning	110
9.1.4	Övrigt	110
9.2	Hantering av övrigt radioaktivt avfall	111
10	<i>Förutsättningar för slutlig förvaring av högaktivt fast avfall i svensk berggrund</i>	113
10.1	Allmänna förutsättningar	114
10.2	Grundvattnets roll	115
10.3	Förhållandena vid en anläggning i berg	118
10.4	Praktiska synpunkter	123
10.5	Sammanfattning och slutsats	125
11	<i>Säkerhet, strålskydd och miljöskydd</i>	127
11.1	Strålning och strålningspåverkan	127
11.1.1	Människans normala strålningsmiljö	127
11.1.2	Stråldoser vid extern och intern bestrålning	129
11.1.3	De biologiska strålriskerna	133
11.1.4	Strålrisker med plutonium	136
11.1.5	Strålskyddsrekommendationer	137
11.2	Arbetarskydd	140
11.3	Miljöfrågor	140
11.4	Säkerhet och strålskydd vid hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall	141
11.4.1	Hantering av använt bränsle	141
11.4.2	Upparbetning av använt bränsle	142
11.4.3	Hantering av plutonium	144
11.4.4	Lagring av flytande högaktivt avfall	146
11.4.5	Överföring av flytande högaktivt avfall i fast form	147
11.4.6	Slutlig förvaring av högaktivt fast avfall	148
11.4.7	Transport av använt bränsle och radioaktivt avfall	149
11.5	Sabotage, stöld, terror	151
11.5.1	Sabotage	153
11.5.2	Stöld	154
11.5.3	Terror	156
11.5.4	Åtgärder mot stöld, terror och sabotage	156
11.6	Oavsiktligt mänskligt felhandlande	157
11.7	Krigsskydd	158
11.8	Risikanalys	159

12	<i>Forskning och utveckling</i> . . . . .	161
12.1	Nationella insatser i vissa länder . . . . .	161
	12.1.1 Förenta Staterna . . . . .	161
	12.1.2 Sovjetunionen . . . . .	163
	12.1.3 Frankrike . . . . .	163
	12.1.4 Storbritannien . . . . .	164
	12.1.5 Västtyskland . . . . .	164
	12.1.6 Japan . . . . .	165
	12.1.7 Kanada . . . . .	165
12.2	Internationellt arbete . . . . .	166
	12.2.1 ICRP . . . . .	166
	12.2.2 UNSCEAR . . . . .	166
	12.2.3 IAEA . . . . .	166
	12.2.4 NEA . . . . .	167
	12.2.5 EG . . . . .	167
	12.2.6 COMECON . . . . .	167
	12.2.7 Foratom . . . . .	168
	12.2.8 Unipede . . . . .	168
	12.2.9 ISO . . . . .	168
12.3	Insatser i Sverige . . . . .	168
	12.3.1 Hantering av reaktoravfall . . . . .	172
	12.3.2 Lagring av använt bränsle och reaktorkomponenter . . . . .	172
	12.3.3 Upparbetning, överföring av högaktivt avfall i fast form samt alternativa metoder till upparbetning . . . . .	173
	12.3.4 Slutlig förvaring av radioaktivt avfall . . . . .	174
	12.3.5 Internationellt samarbete och övriga stödjande uppgifter av FoU-karaktär . . . . .	174
12.4	Nordiskt arbete . . . . .	174
13	<i>Författningar och myndigheter i Sverige</i> . . . . .	177
13.1	Författningar och konventioner . . . . .	177
13.2	Organisation, allmänt . . . . .	178
13.3	Statens kärnkraftinspektion . . . . .	178
	13.3.1 Tillsyn av kärnkraftanläggningar . . . . .	179
	13.3.2 Kontroll av klyvbart material . . . . .	180
	13.3.3 Säkerhet mot kriticitet . . . . .	180
	13.3.4 Kontroll av transporter . . . . .	181
13.4	Statens strålskyddsinstitut . . . . .	182
13.5	Arbetarskyddstyrelsen . . . . .	184
	<i>Direktiv</i> . . . . .	187
	<i>Begreppsförklaringar</i> . . . . .	193
	<i>Litteraturförteckning</i> . . . . .	213

## Regional Nuclear Fuel Cycle Centres

---

by Vinay Meckoni\*

*A number of countries now have plans to proceed with their nuclear power generation programmes at an accelerated pace. These countries will also have to decide at an early stage of their programmes what should be done with the spent fuel from their power reactors. Should they just store the spent fuel or should they reprocess it?*

*The decision to follow one or the other strategy at any specific point of time will depend upon a number of factors such as:*

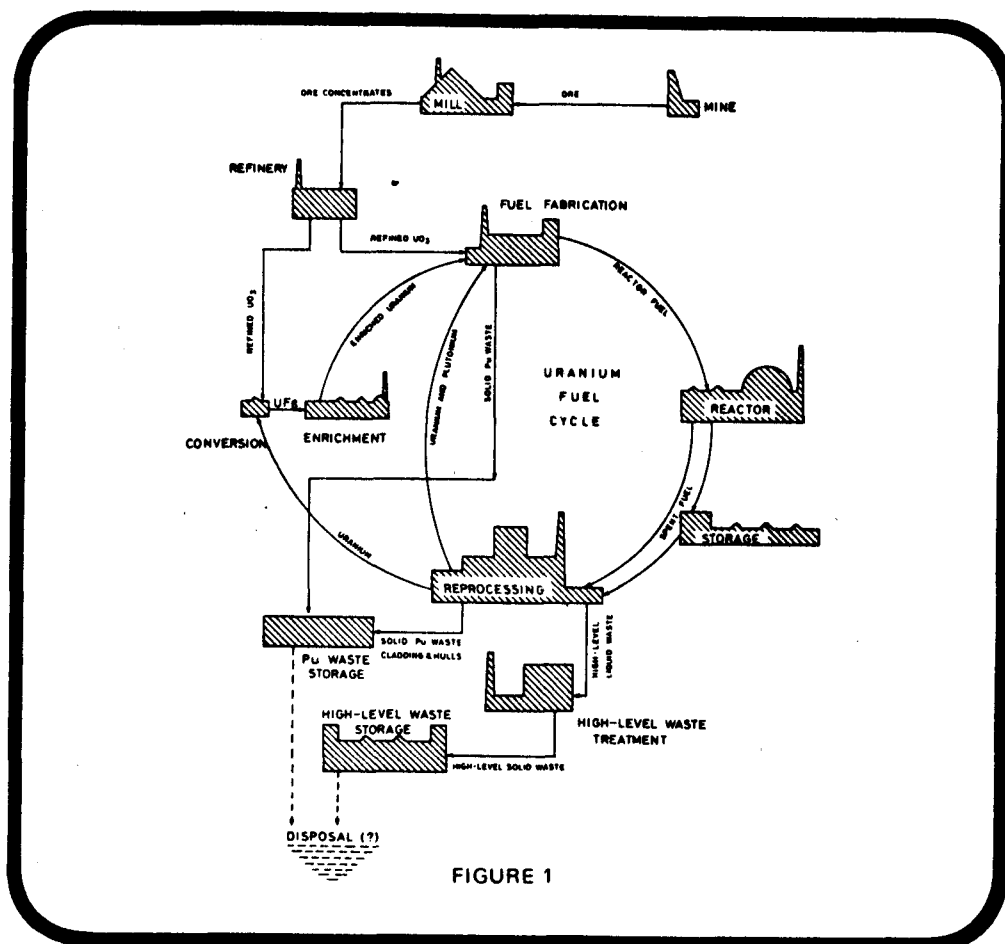
- The type of reactors (whether natural uranium or enriched uranium) that they have accepted for their power generating system.*
- The price and availability of uranium.*
- The cost and availability of enrichment service.*
- The cost of spent fuel reprocessing and availability of such service.*
- The cost of mixed oxide fuel fabrication and availability of such service.*
- The price of plutonium and the possibility of its sale to those countries who already have adopted plutonium recycle in their thermal power reactors or who require plutonium for their fast breeder reactors.*
- The cost of radioactive waste management and the avenues for waste disposal.*
- The logistics of fuel supply and demand.*

In the final analysis, if the decision is just to store the spent fuel, the problems will be those associated with long term storage of such fuel, which are relatively simpler. However, if the decision is to recycle the fuel, i.e. reprocessing the spent fuel, recovering plutonium and uranium, and fabricating mixed oxide fuel elements as shown in Fig. 1, the problems will be more complex. This will involve assimilation of a number of new technologies, training of local staff, maintaining plant safety, safeguarding of fissile materials, financing of various facilities and other related matters associated with the setting up of the fuel cycle facilities. These are the problems of many of the industrialized countries today.

It appears that the best way to solve this complex of interrelated problems is through international cooperation on a regional basis so as to coordinate effectively the development of all steps of the fuel cycle. Not only would there be economic benefits from large regional centres but also there would be improved manpower utilization, more efficient technological operations, more reliable radioactive waste management and disposal, better security of materials and more effective international safeguards that need to be applied to plutonium separation and storage facilities.

---

\* Project leader of the IAEA Regional Nuclear Fuel Cycle Centres Study Project.



Based on the promising results of a preliminary study carried out by the Agency's staff to ascertain if any economic benefits could result from a regional approach to the establishment of nuclear fuel cycle facilities, the IAEA's Scientific Advisory Committee endorsed an in-depth study project, emphasising that the study should encompass fuel cycle centres in a broad context to include fuel fabrication facilities as well as reprocessing and waste management. Accordingly, a project study group was established in the Agency and the relevant development effort initiated.

In the Final Declaration of the Review Conference of the Parties to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, the following recommendation was made in the review of Article IV:

"The Conference recognizes that regional or multinational nuclear fuel cycle centres may be an advantageous way to satisfy, safely and economically, the needs of many States in the course of initiating or expanding nuclear power programmes, while at the same time facilitating physical protection and the application of IAEA safeguards, and contributing to the goals of the Treaty.

The Conference welcomes the IAEA's studies in this area, and recommends that they be continued as expeditiously as possible. It considers that such studies should include, among other aspects, identification of the complex practical and organizational difficulties which will need to be dealt with in connexion with such projects.

The Conference urges all Parties to the Treaty in a position to do so to co-operate in these studies, particularly by providing to the IAEA where possible economic data concerning construction and operation of facilities such as chemical reprocessing plants, plutonium fuel

fabrication plants, waste management installations, and longer-term spent fuel storage, and by assistance to the IAEA to enable it to undertake feasibility studies concerning the establishment of regional nuclear fuel cycle centres in specific geographic regions.

The Conference hopes that, if these studies lead to positive findings, and if the establishment of regional or multinational nuclear fuel cycle centres is undertaken, Parties to the Treaty in a position to do so, will co-operate in, and provide assistance for, the elaboration and realization of such projects."

At the Nineteenth Regular Session of the General Conference held in September last year, the Director General stated that:

"Long-term planning and international co-operation in relation to the nuclear fuel cycle is a logical sequel to the world-wide growth of nuclear power. While most aspects of nuclear power production have now reached the stage of normal commercial and industrial implementation, this is not the case for certain aspects of the nuclear fuel cycle such as fuel reprocessing and radioactive waste management. Hence, it is prudent that the IAEA should examine such potential problem areas. With this aim in mind the Agency has embarked on an extensive study of regional fuel cycle centres."

A number of Member States also endorsed the Agency's study project at the last General Conference.

#### OBJECTIVES OF THE STUDY PROJECT

The objectives of the Agency's study project are:

- To develop the methodology for assessment of alternative strategies for establishment of integrated regional nuclear fuel cycle centres, so as to evaluate their advantages and disadvantages vis-à-vis dispersed fuel cycle facilities.
- To prepare a report on this methodology, including illustrative examples on approaches and advantages to Member States, for the use of those organizations interested in the implementation of nuclear fuel cycle activities.
- To provide a mechanism for the establishment of a forum where Member States and other interested parties can work out alternative strategies with regard to nuclear fuel cycle activities as well as evolve appropriate frameworks to cover institutional, legal and other aspects related to the establishment of such multinational fuel cycle centres.

#### SCOPE OF THE STUDY PROJECT

The project will cover the nuclear fuel transport, storage, processing and recycling activities, starting from the time the spent fuel leaves the nuclear power reactor through all subsequent steps until recycled fuel, in the form of fuel elements, is ready for shipment to the reactor. Production of new uranium fuel and enrichment activities are not included, but the study will include those activities involving management of radioactive wastes generated in the fuel cycle.

A regional nuclear fuel cycle centre would normally be required when there is immediate need for reprocessing the spent fuel being discharged from the nuclear power stations established in the region. However, such a centre, to be economically viable, will have to be of certain minimal or optimum size. On the basis of the earlier studies carried out by a number of countries, it is considered that the optimum capacity of a fuel reprocessing facility to be located in such a centre may lie in the range of 750 to 3,000 tonnes uranium annual throughput. Hence for detailed analysis it is proposed to examine this range initially, and ascertain from the electrical load growth pattern and the nuclear power generation programme as to what would be the earliest period when such a fuel centre would be needed in any region. Later in the study cases could be considered where, under certain special conditions, even a smaller capacity plant could be desirable.

In the first instance it would be essential to develop one or more models that would take into account all the important steps in the fuel cycle. The various facilities could be designed to suit a range of parameters which could vary within specified limits, and the model should be able to reflect the effect that each of these parameters would have on the overall picture. For the purpose of preparing these models, the fuel cycle concept which would be relevant to the present study is presented in Figure 2. Some of the basic criteria and assumptions made for the first phase of the study to keep it relatively simple are given in Table 1.

**TABLE 1**  
**REGIONAL NUCLEAR FUEL CYCLE CENTRE**  
**BASIC CRITERIA – PHASE I STUDY**

<b>CONSIDERATION:</b>	<b>SIMPLIFYING ASSUMPTIONS</b>
1. Time Period	1985 to 2000
2. Capacity of Reprocessing Plants	750 to 3000 tonnes/yr
3. Forecast of reactor capacity based on mixed oxide fuel Size of reactors No. of reactors	200 MWe to 1200 MWe Determined by reprocessing plant capacity, and reactor size
4. Types of Reactors	LWR – 80 to 100% of total installed capacity HWR – 0 to 20% of total installed capacity
5. Fuel cycle characteristics	Pu recycle to be considered. Also deferred fuel reprocessing.
6. No. of Reprocessing Plants	1 to 3 per region initially
7. Fuel Fabrication: a. UO <sub>2</sub> fuel b. Mixed oxide fuel Manufacturing capacity	outside of centre as well as at the centre only at centre Determined by the installed electrical generating capacity
8. Fuel requirements: a. Uranium b. Enrichment plant	Annual requirement Integrated total requirement Capacity based on a. Pu recycle b. Deferred reprocessing
9. Spent Fuel Storage: a. At reactor site b. At the centre	1 to 10 yrs 1 to 10 yrs. Adequate to satisfy optimal fuel reprocessing plant capacity. Alternatively, when breeder requirement for Pu demands reprocessing of spent fuel, say 1995 (i.e. 10 yrs storage)
10. Pu Storage	Up to 1995 if no Pu recycle occurs. Thereafter additional Pu storage capacity not necessary because of its use in breeders.

Taking the fuel cycle concept as set forth in Figure 2, a conceptual economic analysis approach has been developed in the form of fuel cycle programme modules. However, this approach does not take into account all the pertinent considerations and constraints which would also have to be studied in detail. The project would therefore entail four basic types of effort which would be as follows:

- Development of one or more mathematical models and associated computer codes to permit analysis of flow of materials for the nuclear fuel cycle from spent fuel discharge through recycle and fabrication of recycled-fuel elements. The model should enable the evaluation and optimization of various nuclear fuel strategies with respect to reprocessing, storage, transportation and waste management.

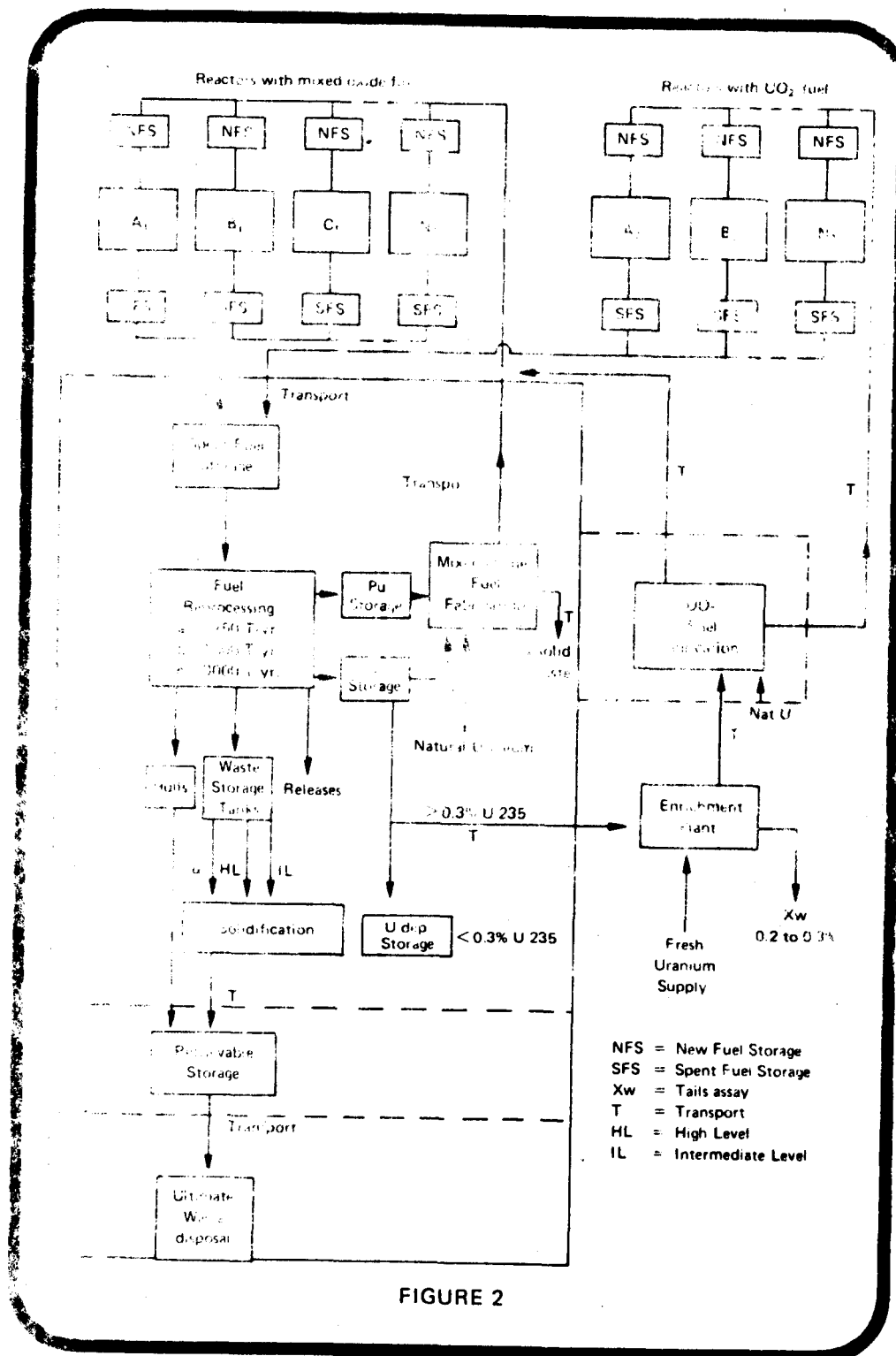


FIGURE 2

- Development of the requisite inputs for the model. This would require the establishment of some form of data bank, as well as the development of empirical data, such as capital and operating costs of various process plants as a function of size, from the best available sources.
- Development of an analytic system for evaluating optimum strategies including identification of further needed inputs and carrying out appropriate sensitivity analyses as a function of variable inputs with the help of the model.
- Development of a number of related studies to evaluate various considerations such as institutional, legal, administrative, financial, environmental, health and safety, etc., that would be essential to implementation of the regional nuclear fuel cycle centre concept.

CONSIDERATION:	SIMPLIFYING ASSUMPTIONS:
11. Radioactive waste management:	
a. From reprocessing plant	Waste solidification at centre
b. From fuel refabrication plant	Waste solidification at centre
c. From power reactors	Processing at reactor site. Hence not to be considered
12. Waste storage or disposal	Retrievable storage at centre or elsewhere after solidification: for long term
	For short term up to 10 yrs. most economical method
	Ultimate disposal at centre or at remote location
13. Transport:	
a. For spent fuel	In casks according to regulations recommended by IAEA.
	By road, rail and sea
b. For radioactive waste and H.L.	According to regulations recommended by IAEA.
	By road, rail and sea.
14. Discount rate	10%

For this study, a "regional" centre would be a flexible concept so that any group of Member States could interface in a given region on economic, geographic or sociopolitical bases. The project is intended, therefore, to provide Member States with a mechanism for co-ordinating and co-operating with one another in the optimization of nuclear fuel cycle strategies.

#### IMPLEMENTATION OF THE STUDY PROJECT

From an implementation standpoint, the study would be divided into four phases, as shown in Figure 3. Phase I includes the preparation of the initial model and computer code; Phase II encompasses the initial testing of the model and code; Phase III ends with the preparation of a report detailing the development and application of the regional nuclear fuel cycle centre concept, covering the related model, computer code, input data and illustrative studies. At the end of Phase III, it should be possible to conduct investigative surveys of alternative strategies for regional centres vis-à-vis diverse national centres. However, under Phase IV which would cover the in-depth evaluation of any specific regional centre proposal, engineering feasibility studies using consultant architect-engineering sources would be necessary to obtain local data, cost information and other considerations in order to develop definitive construction and operation costs. This phase would also involve elaboration of more specific institutional frameworks necessary for regional agreements. However, to accomplish this, it would be necessary to initiate early



56

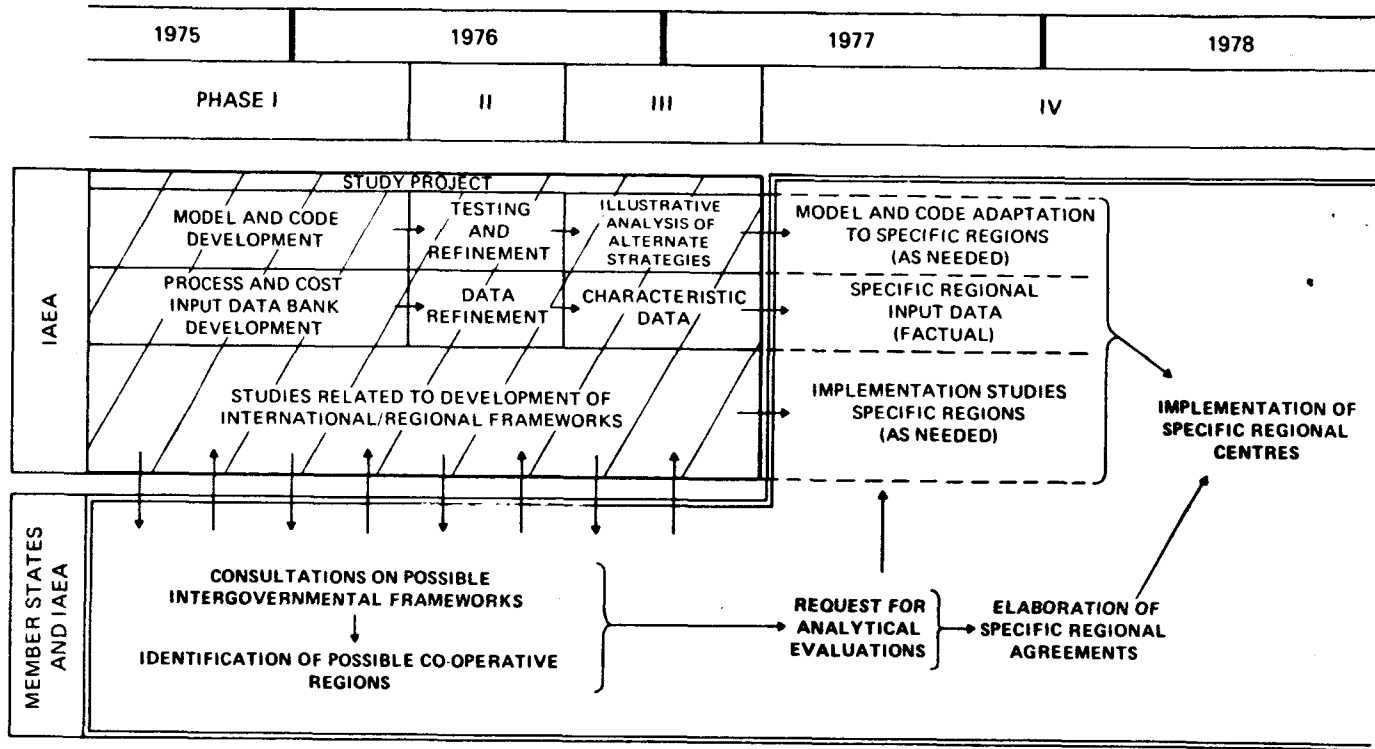


FIGURE 3

consultations between the Member States and the IAEA. These consultations would endeavour to identify matters of principal concern pertinent to the varying interests of Member States so that a range of possible intergovernmental frameworks could be developed. It is planned to present the material developed in the course of these studies at the Conference on Nuclear Power and its Fuel Cycle of the IAEA to be held at Salzburg/Austria from 2 to 13 May 1977.

With the assistance of the analytic system developed for this study, and the relevant information compiled by the IAEA as part of its activities related to the Market Survey for Nuclear Power in Developing Countries as well as other on-going programmes, it would be feasible to assess the need for storage and reprocessing of spent fuel in the different regions of the world for the period 1975–2000. Some of the relevant information that could be generated and which would be useful for further analysis and for fuel cycle strategy planning purposes would be as follows:

- Forecasting of spent fuel storage and reprocessing, fuel fabrication and waste management requirements, including transport of new and spent fuel and radioactive waste.
- Forecasting of the impact of alternative strategies for spent fuel storage or reprocessing on fuel supply and demand, and the effect of such strategies on radioactive waste management.
- Determination of the optimized economically viable size and distribution of such fuel cycle centres with respect to load growth patterns.
- Comprehensive analysis of the various factors so as to identify a series of options that would be available for the formulation of an appropriate strategy for each region.

Finally the study would also review and analyze the experience of other analogous co-operative international ventures with a view to presenting strategies for developing appropriate frameworks covering the institutional, legal, administrative, financial, environmental and other aspects related to the establishment of such regional centres.

#### CO-OPERATION OF MEMBER STATES

A fuel cycle centre study of this nature would have its full value only if the relevant input data is developed on a realistic basis. The study must develop and compile relevant process and cost data so that system analysis and sensitivity studies can be conducted as part of the overall fuel cycle strategy evaluation for any specific region. Also in the area of institutional, legal, administrative, financial, environmental and other aspects of this study, information on the results of analogous experiences will have to be generated in order to develop strategies regarding the frameworks that would be well suited to multinational ventures of this type with sufficient flexibility to allow both industrialised as well as developing countries to participate. As part of this study project, the Agency will request Member States to provide specific information and assistance by way of experts who will participate with the Agency in meetings to compile and evaluate the relevant input data.

The Consultants' Meetings have been planned so far for this year in the following areas: Mathematical Models and Computer Codes, Fuel Reprocessing, Mixed Oxide Fuel Fabrication, Waste Management, Fuel Storage, Fuel Transport, Institutional, Legal and Financing Aspects of the Study Project.

Full co-operation and support of Member States is most essential to achieve the maximum benefits from this study project.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTES FROM  
THE NUCLEAR FUEL CYCLE,  
Wien 1976-03-22...26

## 1. Yleistä

Kansainvälinen atomienergiajärjestö, IAEA ja OECD:n ydinenergiajärjestö NEA organisoivat yhteistyössä viikon kestäväen symposiumin, joka käsitteli ydinpolttoainekierron radioaktiivisen jätteen huoltoa.

Symposiumissa oli lähes 400 osallistujaa 32:sta eri maasta ja 5:stä kansainvälisestä järjestöstä.

Käsitellyistä aiheista oli keskeinen käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyssä vapautuvan nestemäisen jätteen tilavuuden pienentäminen ja varastointikelpoiseen muotoon saattaminen kiinteyttämällä keraamisiin aineisiin tai lasiin tai kalsinoimalla. Kiinteytystekniikan ohella tarkasteltiin myös kiinteytystuotteiden merkitseviä ominaisuuksia arvioimalla niiden säteilykestävyyttä ja yleensä stabiilisuutta pitkällä aikavälillä. Voimakkaasti aktiivisen jätteen säteily aiheuttaa huomattavaa lämmönkehitystä kiinteytystuotteissa, minkä vuoksi tarvitaan väliaikaisvarastointijärjestelyjä radioaktiivisuuden pienentämiseksi riittävästi ennen lopullista varastointia.

Symposiumin esitelmät osoittivat, että monissa maissa tutkitaan mahdollisuuksia varastoida tai sijoittaa kiinteytetty, voimakkaasti aktiivinen jäte geologisiin muodostumiin. On näet todennäköistä, että miljoonia vuosia suhteellisen stabiilina olleet geologisen muodostumat takaavat radioaktiivisten jätteiden eristämisen niin pitkäksi aikaa kunnes niiden aktiivisuus on pienentynyt vaarattomalle tasolle.

Symposiumissa käsiteltiin myös vähemmän vaarallisten, alhais- ja keskiaktiivisten jätteiden käsittelymenetelmiä. Betonointia ja bitumointia on paljolti käytetty näiden jätteiden kiinteyttämisessä, kuljetettavaan ja varastointikelpoiseen muotoon saattamisessa. Näiden jätteiden pitkäaikainen varastointi tai lopullinen sijoitus on paljon yksinkertaisempaa kuin voimakkaasti aktiivisten; niinpä maahanhautausta ja meriin upotusta kansainvälisten määräysten puitteissa onkin käytetty suhteellisen runsaasti. Ihmisen ja ympäristön suojaamiseksi radioaktiiviselta säteilyltä on tehty lukuisia raportteja monitorointiohjelmista ja uusista tarpeellisista varotoimista.

Symposium osoitti, että suurin osa tämän hetken tutkimus- ja kehitystyöstä toteutetaan silmällä pitäen radioaktiivisen jätetuotannon kasvua ja erityisesti pyritään soveltamaan laboratorio- ja pilot-plant-kokeissa kehitettyä tekniikkaa teollisessa mittakaavassa.

## 2. Jätehuollon kokonaissuunnittelu

Symposiumissa pidetyt yhteensä 61 esitelmää oli sijoitettu yhteentoista eriaiheiseen istuntoon, joista ensimmäisessä "Session I - Policy and Planning" käsiteltiin kuudessa eri esitelmässä kansallisia jätehuolto-

suunnitelmia USA:ssa, Intiassa, Espanjassa, Ranskassa ja Kanadassa. Vain yksi esitelmästä, A.F. Perge, USA, käsitteli kokonaisvaltaisesti koko polttoainekierron jätehuoltoa muiden viiden ollessa erikoistuneita joihinkin osa-alueisiin.

Pergen esitelmä käsitteli "ERDA:n" (The U.S. Energy Research and Development Administration) pitkän tähtäyksen jätehuollon tavoitteita ja suunnitelmia. Tunnusomaista on alalle investoitavien resurssien huomattava kasvu. Jätehuoltobudjetti koko maassa on vuonna 1976 n. 30 miljoonaa dollaria ja vuonna 1977 n. 90 miljoonaa dollaria. Edelleen esitettiin, että liittovaltion osuutta on pyritty määrittelemään seuraavan periaatteen mukaisesti "Liittovaltio on velvollinen suorittamaan tutkimus- ja kehitystyötä niissä tapauksissa, jolloin asian kiireellisyys, riskialttius tai tehtävän laajuus ovat sen suuntaisia, ettei yksityisen teollisuuden katsota niistä yksin selviytyvän riittävällä varmuudella". ERDA:n pitkän tähtäyksen jätehuolto-ohjelma heijastaa tätä periaatetta ja hyväksyy takuiden välttämättömyyden siitä, etteivät pitkän aikajakuvuuden ongelmat ja epävarmuudet rajoita ydinenergian kilpailukykyä muihin energiantuottomuotoihin nähden.

Esitelmässä, joka käsitteli reaktorin käytön jälkeisiä jätteenkäsittelyvaihtoehtoja korostettiin riskianalysien merkitystä eri menetelmävaihtoehtojen valinnassa.

### 3. Kaasumaisten jätteiden käsittely

Jälleen kerran todettiin, että radioaktiiviset kaasut ovat lähinnä käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelylaitosten ongelma, mutta näitä varten kehitettyä kaasunpidätystekniikkaa voidaan käyttää myös voimalaitospäästöjen minimointiin.  $^{85}\text{Kr}$ :lle on keksitty toteutettavia pidätys- ja erotusmenetelmiä, joista kylmätilaus on jo todettu soveltuvaksi jälleenkäsittelylaitosten käyttöön. Esiteltiin myös muiden kaasunpidätysmenetelmien kehitys- ja kokeilutuloksia, kuten selektiivisten suodatuskalvojen käyttö, kylmäadsorptio ja terminen diffuusio.

### 4. Alhais- ja keskiaktiivisen jätteen käsittely

Suomen kannalta ajankohtaisesti mielenkiintoisimmat aiheet liittyivät alhais- ja keskiaktiivisen jätteen huoltoon, jota käsiteltiin kahdessa istunnossa ja kymmenessä esitelmässä.

N. van de Voorde'n, Belgia, esittelemällä uudella menetelmällä voidaan käsitellä kiinteitä jätteitä ja konsentraattilietteitä. Prosessin pääosan muodostaa korkeassa lämpötilassa,  $1500 - 1600^{\circ}\text{C}$ , toimiva polttolaitteisto, johon syötetään palavan ja osin palamattomankin jätteen seosta; lietteitä, ioninvaihtimia jne. Tuloksena saadaan hyvin vaikealiukoista basalttista kuonaa.

Tekijät pitävät menetelmää erittäin lupaavana ja katsovat, että se voisi korvata tavanomaiset kiinteytysmenetelmät betonoinnin ja bitumoinnin ja merkitsisi turvallisuuden kannalta paremman lopputuotteen aikaansaamista myöhempiä toimenpiteitä (kuten varastointi) varten. Menetelmän heikkoutena kuvatuunlaisessa muodossa oli jätteen suuritoinen, osin manuaalinen, esikäsittely.

Japanissa oli kehitetty menetelmät nestemäisten alhaisaktiivisten pesu-  
lajätteiden ja muiden senkaltaisten jätteiden käsittelyä. Ne pe-  
rustuivat haihdutustekniikalle hyvin soveltuvan vaahtoamattoman pesuai-  
neen käyttöön ja kylläisellä höyryllä aktivoituneen teräsvillan soveltami-  
seen ruteniumin pidättämiseksi.

Keskiaktiivisen jätteen käsittelyä koskevassa istunnossa keskityttiin  
lähinnä ydinvoimalajätteen kiinteytykseen. Tässä istunnossa pidettiin  
myös kaksi esitelmää, joissa suomalaiset olivat mukana. Ensimmäinen oli  
täysin suomalaisin voimin toteutettu tutkimustyö, joka käsitteli beto-  
nointi- ja bitumointitekniikan soveltuvuutta ydinvoimalaitosjätteen  
kiinteytykseen. Toinen esitelmä perustui yhteispohjoismaiseen Norjassa  
toteutettuun tutkimustyöhön, johon suomalainen tutkija oli osallistunut.  
Tutkimus sisälsi laboratoriossa suoritettuja ioninvaihtohartsin kiintey-  
tyskokeita betonoimalla ja bitunoimalla.

Esitellyistä uusista kiinteytysmenetelmistä herätti huomiota italialainen  
tekniikka, jossa kiinteytetty betoniblokki impregnoitiin polymeereillä.  
Tällä menetelmällä saavutetaan fysikaalisilta lujuusominaisuuksiltaan  
parempi ja veteen niukkaliukoisempi tuote kuin tavallinen betonointituote.

Itävaltalaiset ovat kehittäneet "pilot-plant" asteelle bitumointilaitteis-  
ton, jolle on ominaista, että kiinteytettävästä jätteestä haihdutetaan  
vesi ennen bitumiin sekoitusta ja itse sekoitus tapahtuu sedimentaation  
avulla.

Istunnon esitelmien mukaan bitumointitekniikka olisi varsin dominoiva  
keski- ja alhaisaktiivisen jätteen kiinteytyksessä, mikä ei tällä hetkellä  
aivan vastaa todellisuutta. Tulevaisuudenkin suhteen yksityisissä kes-  
kusteluissa tuotiin esiin varauksellisempia mielipiteitä bitumoinnin ja  
yleensä kiinteytyksen suhteen kuin pidetyt esitelmät yleensä osoittivat.  
Tämä istunto osoitti myös sen seikan, että kiinteytystekniikka sinänsä  
on edelleen kehitysvaiheessa. Ei ole vielä selvästi osoitettu kiintey-  
tyksen ehdotonta välttämättömyyttä eikä minkään erityisen tekniikan,  
bitumointi, betonointi, muovitus, ehdotonta paremmuutta. Niinikään ei  
ole olemassa yksikäsitteisiä kriteereitä kiinteytystuotteiden ominai-  
suuksille.

## 5. Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyjätteen huolto

Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyjäte oli symposiumin keskeisin aihe,  
mitä käsiteltiin neljässä eri istunnossa ja 29:ssä esitelmässä. Eniten  
käsiteltiin tällä alueella nestemäisen voimakkaasti aktiivisen jätteen  
kiinteytystä. Esitelmien mukaan soveltamiskelpoisin tekniikka on lasitus,  
mahdollisesti boorilasitus.

J.N.C. van Geel, Belgia, esitti menetelmän, jossa lasitustuote, fosfori-  
lasi, ympäröidään vielä metallivaipalla. Näin saadulla lasi-metalli-  
kiinteytystuotteella on suuri mekaaninen kestävyys, pieni eluutio ja  
ennenkaikkea hyvä lämmönjohtokyky verrattuna tavanomaisiin lasitustuottei-  
siin. Lämmönjohtokyvyllä on huomattava merkitys kiinteytettäessä voimak-  
kaasti aktiivisia jätteitä.

Symposiumin esitelmien pohjalla voidaan todeta, että viidentoista vuoden  
kuluessa laboratoriomenetelmät on onnistuttu kehittämään pilot-plant-as-  
teelle ja nyt on aika kehittää teollisen mittakaavan koelaitoksia. USA:ssa

uskotaan päästävän voimakkaasti aktiivisen nestemäisen jätteen lasitukseen teollisessa mitaakaavassa aikaisintaan vuonna 1983.

Yksi istunto oli omistettu lasitustuotteiden arvioimiseen kiinteytystä seuraavien jätehuoltotoimenpiteiden kannalta; kuten pitkäaikaisvarastointi. Todettiin, että tähänastiset tutkimukset ja käytännön kokeilut ovat osoittaneet, että jätteen kiinteytys on teknisesti toteutettavissa. Kiinteytysteknologiaa koskevan kehitystyön lisäksi enemmän tutkimustuloksia ja tietoa tarvittaisiin myös tuotteiden ominaisuuksista.

Enemmän ja entistä täsmällisempää tietoa kaivattaisiin säteilyn vaikutuksesta kiinteytystuotteissa, niiden mekaanisesta kestävydestä, eluointiominaisuuksista jne. Kiinteytyksessä ei pitäisi tyytyä periaatteeseen "as stable as practical", niin stabiili tuote kuin käytännöllistä, vaan olisi kyettävä määrittelemään ne stabiilisuusvaatimukset, jotka tuotteen on täytettävä. Tätä varten olisi tehtävä yksityiskohtaisia turvallisuusanalyysyjä, jotka liittyvät jätteen pitkäaikaiseen "lopulliseen" varastointisuunnitelmaan.

#### 6. Jätteen pitkäaikainen varastointi tai lopullinen sijoitus

Tähän aiheeseen liittyen pidettiin kolmessa istunnossa yhteensä 12 esitelmää. Istuntojen aiheet olivat geologinen varastointi, meriin upotus ja maahan hautaus.

F. Gera. Italia ja R.H. Heremans, Belgia käsittelivät esitelmissään savikerrostumien mahdollisuuksia jätteen pitkäaikaisessa varastoinnissa. Tutkimuksissa todettiin, että savi on hyvin lupaava materiaali pitkäikäisten radioaktiivisten jätteiden varastoinnille. Saven hyviä puolia ovat vettäläpäisemättömyys ja hyvät sorptio-ominaisuudet. Italiassa on todettu, että tutkitun alueen havaittava tektoninen aktiivisuuskaan ei aiheuta ratkaisemattomia ongelmia, koska savikerrostumien elastisuus ja paksuus takaavat riittävän suojan, vaikka varsinainen varastotila rikkoutuisikin.

Italialaisessa tutkimusohjelmassa aiotaan selvittää mm. saven huokoisveden käyttäytyminen lämpötilaa nostettaessa. Niinikään on suunniteltu pilot plant-laitoksen rakentamista 1980-luvun puolivälissä.

Jätteiden maahanhautauksesta saatuja kokemuksia selostettiin yhteensä neljässä esityksessä.

Yhdysvalloissa on kokemusta kaupallisesta radioaktiivisen jätteen maahanhautauksesta vuodesta 1963. G.L. Meyer analysoi esitelmässään näitä kokemuksia todeten mm, etteivät Yhdysvaltain kosteissa osissa maahanhautauspaikat ole täyttäneet niille asetettuja alkuperäiskriteereitä s.o. jätteiden eristys ympäristöstä kunnes niiden sisältämä radioaktiivisuus on pienentynyt riittävästi. Yhdysvalloissa on joitakin "vuotavia" jätteen maahanhautauspaikkoja; vuodot aiheutuvat paikallisista hydrogeologisista olosuhteista, joita ei ole riittävän perusteellisesti selvitetty ennen maahanhautustoiminnan aloittamista.

Meyerin mielestä nykyisiin menetelmiin olisi tehtävä perusteellisia muutoksia, jotta maahanhautaus täyttäisi alkuperäisvaatimukset. Tarvitaan ehkä uusia kriteereitä lajiteltaessa, käsiteltäessä ja pakatessa jätteitä. Uusia kriteereitä tarvitaan ehkä myös valittaessa, arvioitaessa ja käytettäessä uusia varastopaikkoja. Maahanhautauksen kustannukset

saattavat nousta, mikäli sovelletaan uusia kriteereitä. Enemmistö tutkimuksissa todetuista maahanhautaustekniikan puutteista ja ongelmista on Meyerin mielestä korjattavissa tosin lisäkustannuksin. Kokonaisuutena menetelmä on edelleenkin halpa, yksinkertainen ja potentiaalisesti tehokas keino sijoitettaessa suuria tilavuusmääriä kiinteitä alhaisaktiivisia radioaktiivisia jätteitä, joita syntyy ydinteknisestä toiminnasta. Edelleen Meyer totesi, että maahanhautausta voi myös tulevaisuudessa olla hyvä menetelmä jätteen sijoituksessa.

## 7. Yhteenveto

Symposiumin päätöspuheenvuoroissa ja seuranneissa epävirallisissa keskusteluissa todettiin, että tilaisuus oli aika hyvin vastannut odotuksia. Symposiumin esitelmät ja keskustelupuheenvuorot kuvaavat melko realistisesti tämän hetken todellista tilannetta radioaktiivisen jätehuollon alueella.

Alalla toimivien tutkijoiden käsitykset radioaktiivisen jätehuollon teknisestä toteutettavuudesta ovat yleisesti ottaen ilmeisen optimistisia, joskaan ne eivät joka suhteessa ole vielä sopusoinnussa teollisuutta, hallintoa ja viranomaisia edustavien tahojen kanssa.

Merkittävimpiä Symposiumissa esiintulleita seikkoja oli, että alan työpanosta on maailmassa lisätty erittäin voimakkaasti ja suunnitellaan lisättäväksi lähi vuosina vielä voimakkaammin.

Matti Ojanen VTT/RMR  
1976-11-17

## YDINPOLTTOAINEKIERTOON LIITTYVIEN SELVITYSTÖIDEN PERUSSUUNNITELMA SUOMESSA VUOSILLE 1977-1979

### JOHDANTO

Atomiennergianeuvottelukunta nimitti kokouksessaan 1976-06-08 yleisjaoston esityksestä ydinpolttoainejaoston. Sen toimeksiantoon kuuluu ydinpolttoainekiertoön kuuluvien asioiden seuranta ja polttoainetutkimuksen koordinointi ja aloitteiden ja esitysten tekeminen siihen liittyvistä tutkimusprojekteista.

Polttoainekiertoön liittyvien toimintojen ohjaamisen ja koordinoinnin kannalta ydinpolttoainejaosto piti tarpeellisena, että aluksi laadittaisiin perussuunnitelma, jossa selvitettäisiin tämänhetkinen ydinvoimalaitosten polttoainekierron ylläpitoon liittyvä valmiutemme ja joka olisi runko-ohjelma lähivuosina alalla tehtävän selvitys- ja tutkimustyön koordinoinnille ja priorisoinnille käytettävissä olevien resurssien puitteissa.

Edellä mainitussa tarkoituksessa ydinpolttoainejaosto luovutti Atomiennergianeuvottelukunnalle 1976-09-30 päivätyn asiakirjan "Ydinpolttoainekiertoön liittyvien selvitystöiden perussuunnitelma Suomessa vuosille 1977-1979".

Seuraavassa on ensin esitetty ne yleiset toimenpideehdotukset, joita ydinpolttoainejaosto on päättänyt suosittelemaan. Sen jälkeen seuraa lyhennelmä perussuunnitelman katsausosasta. Varsinainen asiakirja



sisältää myös projektikohtaiset tarkemmat kuvaukset polttoaineen valmistukseen ja käyttöön liittyvistä tutkimus- ja selvityskohteista, mutta niihin ei tässä esityksessä puututa.

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

- Aloitetaan voimametallien etsinnän tehostaminen ja hyväksikäytön edistäminen AEN:n uraanijaoston 1975-02-20 jättämän ehdotuksen mukaisesti.
- Polttoaineen suunnittelun ja valmistuksen asiantuntemusta tulee hankkia tutkimus- ja selvitysprojektien yhteydessä ensi sijassa polttoaineen hankinnan ja toimitusvalvonnan suorittamiseksi.
- Suomessa käytettäville reaktoreille hankitaan ja kehitetään laskentajärjestelmät, joita käyttäen ydinpolttoaineen hankintaan ja käyttöön liittyvät tekniset, taloudelliset ja ajoitukselliset kysymykset voidaan ratkaista annettujen turvallisuus- ym. reunaehtojen puitteissa.
- Hankitaan ja ylläpidetään kotimainen valmius suorittaa ydinvoimalaitosten lupakäsittelyssä tarvittavia riippumattomia ja täydentäviä onnettomuus- ja käyttäytymisanalyysyjä.
- Osallistutaan kansainvälisiin tutkimusprojekteihin, joissa selvitetään polttoaineen suunnittelu- ja valmistusparametrien vaikutusta polttoaineen käyttäytymiseen.
- Ydinvoimalaitosten käytön aikana syntyvien radioaktiivisten jätteiden ja polttoainejätteen pitkäaikaista varastointia ja lopullista sijoittamista koskevat tekniset ja hallinnolliset seikat selvitetään.

- Kaikessa polttoainekiertoön liittyvässä tutkimus- ja selvitystyössä pyritään kansainvälistä yhteistyötä käyttämään hyväksi.

## POLTTOAINEKIERRON NYKYTILANNE MAAILMASSA

Ydinenergian laajamittaisen tuotannon perusedellytys on aukoton, taloudellisesti toimintakelpoinen ja turvallisuusnäkökohdiltaan hyväksyttävä kaupallisesti toteutettu polttoainekierto. Koska Suomessa ei tulla teknisesti toteuttamaan kuin osa ydinpolttoainekierron teollisista vaiheista, olemme ratkaisevasti riippuvaisia kehityksestä muualla maailmassa.

### YLEISKATSAUS POLTTOAINEKIERRON NYKYTILAAN

Ydinpolttoaineelle on ominaista pieni kulutus ja toisaalta monimutkaiset tuotantovaiheet, joiden luomiseen tarvitaan 5...10 vuoden projektiaikoja.

Aikaisemmin polttoaineen ylitarjonta johti dumpkausluontoiisiin alihintoihin ja investointien lopettamiseen, mutta 1970-luvun alkupuolella pantiin alulle lyhyessä ajassa suuri määrä ydinvoimalaitoshankkeita, öljykriisin vauhdittamina, mikä johti päinvastaiseen heilahdukseen kysynnässä ja tarjonnassa.

Raaka-uraanin tuotantokapasiteetin vaje on näkyvässä jo nyt. Tunnetut uraanivarat asettavat rajan uusien termisten reaktoreiden rakentamiselle maailmanlaajuisesti ehkä jo 1985 jälkeen, mikäli rakentamishjelmissä ei tingitä sitä ennen. Vain nopeiden reaktorien laajamittainen käyttöönotto 1990-2000 alkaen voi ratkaisevasti poistaa tätä rajoitusta, ellei löydetä odottamattomia uusia suuria uraaniesiintymiä. Lehtitietojen mukaan on lähivuosien toimitusten osalta esiintynyt yli 40 \$/lbU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> olevia myyntihintoja. Tällä hetkellä toimitetaan vanhojen sopimusten puitteissa huomattavasti halvempaa uraania.

Väkevöinnin osalta pullonkaula koettiin kysynnässä 1972 alkaen, raakauraanin osalta 1973 ja jälleenkäsittelyn osalta 1973-1974 alkaen. Sen sijaan muut tuotantovaiheet, konversiot, polttoaineen valmistus ja kuljetuspalvelut ovat sopeutuneet joustavammin kysyntään ja niiden osalta hintakehitys on ollut vakaa.

Uraanin väkevöinnin tuotanto ja kysyntä on saatu ilmeisesti jonkinlaiseen tasapainoon. Tähän on osaltaan vaikuttanut Neuvostoliiton tulo markkinoille. Suurvaltojen tuotantolaitosten soveltama päivän hinta on vielä noin \$ 60/SWU, mikä johtuu osaksi USA:n hallituksen inflaationvastaisista toimista.

Jälleenkäsittelyn tekninen puoli näyttää Engalnnin ja Ranskan toimenpiteiden ja tarjousten valossa olevan järjetyssä Euroopassa ja ongelman painopiste näyttäisi kehittyvän rahoituksen suuntaan. Viimeaikoina esitetyt hinta-arviot ovat olleet yli \$ 200/kgU kiristyneiden ympäristövaatimusten takia. Erotetun plutoniumin safeguardsvalvonta ja jätteiden lopullinen varastointi - mahdollisesti alkuperämaan peruskallioon tai suolakaivokseen - vaativat kuitenkin vielä mm. ympäristömääräysten muuttoutumista sekä poliittisia ja teknisiä toimenpiteitä, joista on kiinni erityisesti pienten maiden mahdollisuus päästä osalliseksi jälleenkäsittelystä.

Yhdysvaltojen NRC:n hidas eteneminen jälleenkäsittelyn ja plutoniumkierron määräysten laatimisessa on tehnyt tilanteen USA:ssa vaikeaksi ja osoittaa samalla, että ongelmat ovat tällä alueella paitsi teknisiä, myös yhteiskunnallisia.

Edellä esitetyn kehityksen johdosta voidaan tehdä mm. seuraavia johtopäätöksiä:

- Polttoainekustannukset ovat kolmessa vuodessa kolminkertaistuneet suunnilleen tasolle

2.5 p/kWh (päivän hinnat; öljyn ja hiilen hinnat ovat tosin nousseet enemmän, joten ydinvoiman kilpailukyky on säilynyt).

- Ydinpolttoainekierron kapasiteetin rakentaminen ja rahoitus vaativat voimatuottajien ja polttoainetoimittajien yhteistyötä ja pitkäaikaisia sopimuksia, mikäli halutaan turvata kapasiteetin saanti ja vakaa hintakehitys.
- Jälleenkäsittelyn, jätekysymyksen ja plutoniumin käytön teknisten, kansainvälisten, ympäristöllisten ja yhteiskunnallisten ongelmien ratkaisut ovat vielä näyttöä vailla ja vaativat määrätietoisia toimenpiteitä.
- Pitkällä tähtäimellä uraanista on pulaa. Kotimaisten esiintymien etsinnän ja käyttöönoton tehostaminen ja yhteistyö uraanin hankinnassa muiden maiden kanssa nousevat ensiarvoisiksi kysymyksiksi.
- Polttoainekustannukset jakautuvat viimeaikaisen kehityksen perusteella karkeasti suunnilleen seuraavasti:

raakauraani 45%,  
väkevöinti 30%,  
valmistus 15%,  
jälleenkäsittely 10%.

Väkevöidyssä uraanissa on voimayhtiöillä jo valmistusvaiheessa kiinni hankintakustannuksia noin viisi kertaa enemmän kuin valmistavan tehtaan osuus. Sen tähden on voimayhtiöiden edun mukaista, että polttoaineen suunnitteluun, materiaaleihin, käyttäytymisanalyysiin, valmistustekniikkaan ja sen valvontaan paneudutaan huomattavasti suuremmalla panoksella kuin valmistuskustannusten edellyttämät 15%.

Kun edellä esitettyyn lisätään polttoaineen käytön suunnittelu sekä onnettomuusanalyysit ja muu turvallisuus-

työ, saadaan viitteitä keskeisistä ongelma-alueista Suomen voimayhtiöiden ja tutkimuslaitosten tutkimus- ja kehitystyölle sekä kansainväliselle yhteistyölle.

### VOIMAMETALLIVARAT

Mikäli kevytvesireaktoreiden rakennusohjelma kehittyy OECD:n vuosi sitten keräämien ennusteiden mukaisesti (450 GWe, 1985), niin tunnetut kohtuuhintaiset uraanivarat (n. 5...6 MtU) tulevat "varatuiksi" suunnilleen 1985 mennessä rakennettujen ja rakenteille pantujen ydinvoimalaitosten käyttöön.

Rajoittavaksi tekijäksi tulee kuitenkin sitä ennen kaivos- ja puhdistuslaitosten vuotuinen tuotantokapasiteetti, jota ei eri seikoista johtuen saada nostetuksi 1980-85 mennessä kuin ehkä tasolle 50...100 ktU/vuosi (nyt noin 30 kt/vuosi). Kapasiteetin lisäystä rajoittavat 7...10 vuoden projektiaika, malmin uraanipitoisuuden vähittäinen aleneminen, investointipääoman puute ja tuottajien haluttomuus lisäinvestointeihin.

### VÄKEVÖINTI

Kaasudiffuusioon perustuvan väkevöintitekniikan ongelmia ovat suuri energian kulutus ja suuresta laitoskoosta aiheutuvat korkeat investointikulut. Kaasusentrifugimenetelmä vähentää energian kulutuksen n. kymmenekseen, mutta kasvattaa muita käyttökustannuksia sekä yksikköinvestointikuluja. Lisäksi se sallii pienemmän ja joustavan laitoksen. Sentrifugitekniikkaa on kuitenkin kehitetty vasta prototyyppilaitosten tasolla, mutta ensimmäiset kaupalliset laitokset ovat rakenteilla. Uudet suutinmenetelmät saattavat johtaa investoinneiltaan hyvin kohtuullisiin, mutta energiakulutukseltaan melko epäedullisiin laitoksiin. Tiukasti salattu teknologia

ja safeguards-ongelmat rajoittavat väkevöintiteollisuuden leviämistä uusiin maihin.

Tällä hetkellä käytössä ja rakenteilla oleva väkevöintikapasiteetti riittää 1980-luvun alkupuolelle. Alustavien laajennus- ja uudisrakennussuunnitelmien toteutuminen takaisi riittävän väkevöintikapasiteetin lähes v. 1990 asti. Väkevöintipalvelujen ostamisen ominaispiirteiksi ovat tulleet pitkäaikaiset voimakkaasti sitovat sopimukset ja ennakkomaksut.

### POLTTOAINE-ELEMENTTIEN JA -NIPPUJEN VALMISTUS

Kevytvesireaktoreiden polttoaineen valmistustekniikan voidaan katsoa saavuttaneen teollisen kypsyuden. Myös polttoaineen suunnitteluparametrit ovat saaneet melko vakiintuneet arvot. Parantamistarvetta suunnitteluarvoissa kuitenkin on, sillä polttoaineen valmistajat ovat joutuneet asettamaan rajoituksia reaktorien käytölle, erityisesti sallituille tehonnostonopeuksille. Polttoainekonstruktioiden muuttamisessa ollaan varovaisia, koska mahdolliset polttoaineen luotettavuuden huonontumiseen johtavat erehdykset tulevat erittäin kalliiksi, kokemusten kerääminen vie vuosikausia ja muutokset saattavat aiheuttaa lupakäsittelyvaikeuksia.

Polttoaineen valmistuslaitosten koko ja luonne vaihtelevat suuresti. Eräissä suoritetaan kaikki vaiheet väkevöidyn heksafluoridin takaisinkonversiosta dioksidiksi sauvanippujen kokoamiseen asti, eräissä taas suoritetaan lähinnä vain kokoonpanoa. Euroopassa on paljon pieniä, pääasiallisesti vain kansallisia markkinoita palvelevia tuotantolaitoksia. Yleisesti katsotaan, että uusien laitosten koon pitäisi olla vähintään n. 250 t<sub>U</sub>/a, suurilla markkinoilla mielellään luokkaa 1000 t<sub>U</sub>/a.

Polttoaineen laatu merkitsee yleensä paljon enemmän kuin hinta, koska valmistuskustannukset ovat vain noin 15% valmiin polttoaineen hinnasta. Tästä seuraa, että polttoaineen valmistajaksi ryhtyvällä on oltava erittäin korkea tietotaso niin polttoaineen suunnittelusta kuin valmistus- ja laadunvarmistustekniikastakin. Suuren laitoksen katsotaan yleensä antavan paremmat mahdollisuudet tasaisen laadun varmistamiseen, koska tällöin on mahdollista käyttää hyvin pitkälle automatisoitua prosessin ohjausta.

Tällä hetkellä polttoaineen valmistusalalla on ylikapasiteettia. Teollisuuden laajentaminen kysynnän kasvassa ei tuottane vaikeuksia, koska investoinnit ovat kohtuullisia ja rakennusaika vain muutamia vuosia.

Plutoniumpitoisen polttoaineen valmistaminen edellyttää kalliita erikoislaitoksia ja lisää voimakkaasti kustannuksia. Teknologia on hyvin kokeiltu pilot-plant asteella, mutta viranomais määräyksien kirjaamattomuus on vielä pullonkaulana.

#### POLTTOAINEEN KÄYTTÖ REAKTORISSA JA KÄYTETYN POLTTOAINEEN VARASTOINTI SEKÄ KÄSITTELY LAITOSPAIKALLA

Polttoaineen käytössä reaktorissa on otettava huomioon seuraavat vaiheet:

- Rikastusasteet ja reaktiivisuussäätö optimoidaan palamajaksojen yli laskemalla ensin karkeilla menetelmillä eri vaihtoehtoja ja lopuksi tarkoilta menetelmillä täsmästen. Tähän työhön tarvitaan laajoja tietokoneohjelmia sekä tutkimustyön tuloksista pelkistettyjä optimointiperiaatteita.
- Tehonjakautuminen ja palaman valvonta ja reaktiivisuussäädön tarkistus suoritetaan laitoksen prosessikoneella sekä tehdään vertailevaa seurantaa ulkopuo-

lisillä laajemmilla tietokoneohjelmilla (reaktorikoodilla).

Reaktorikoodit ja optimointiteoriat on yleensä laadittu tutkimuslaitoksissa, joiden kanssa yhteistyössä polttoaineen valmistajat ja voimayhtiöt ovat kehittäneet käytännön sovellutukset.

Ennen kuin käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely (tai vaihtoehtoisesti jälleenkäsittelemätön käytetyn polttoaineen lopullinen poisto) toimii laajassa mitassa, joudutaan käytettyjä polttoainenuippuja varastoimaan. Valtaosa varastoinnista joudutaan suorittamaan laitospaikoilla. Useimmille laitospaikoille voidaan järjestää tilat esim. n. viiden vuoden käytetylle polttoaineelle.

#### JÄLLEENKÄSITTELY

Kaasujäähdytteisten reaktorien metallista uraanipolttoainetta on prosessoitu yli kahdenkymmenen vuoden aikana mm. Englannissa, Ranskassa ja USA:ssa. Alalla oli nähtävissä runsas ylikapasiteetti, minkä vuoksi Euroopassa perustettiin englantilais-ranskalais-saksalainen kattoorganisaatio United Reprocessors vuonna 1971.

Sen jälkeen erityisesti vuosista 1973-74 lähtien, tilanne on muuttunut päinvastaiseksi. Pääasialliset syyt ovat seuraavat:

- Kevytvesireaktoreiden läpimurto ja suuret tilausmäärät, sekä samanaikaisesti koetut takaiskut prosessin muuttamisessa oksidipolttoaineelle sopivaksi.
- Tiukempien ympäristövaatimusten aiheuttamat lisäinvestoinnit ja uudelleenrakentamiset.
- Uraanin ja plutoniumin talteenoton jälkeen



jäljelle jäävien, jonkin verran transuraaneja sisältävien jätteiden lopullinen varastointi ja plutoniumin uudelleenkäytön aiheuttamat safeguards-ongelmat.

Edistyminen plutoniumkiertoa ja jätteiden käsittelyä koskevassa säännöstö- ja lupakäsittelytyössä on ollut hidasta. Tämä on johtanut käytetyn polttoaineen varastointiin toistaiseksi ja osoittaa samalla, että ongelmat ovat paitsi teknisiä, myös ympäristöpoliittisia ja yhteiskunnallisia.

Euroopassa jälleenkäsittelyn tekninen ja myös poliittinen puoli näyttävät olevan järjestymässä, lähinnä Englannin ja Ranskan viimeaikaisten toimenpiteiden johdosta. Ne ovat tehneet hallitustensa suostumuksella jälleen viime aikoina sekä kauppoja että tarjouksia ulkomaisille voimayhtiöille. Ongelman painopiste näyttäisi tässä valossa olevan siirtymässä hintaan ja rahoitukseen (suuret etumaksut) ja siihen, että lasitettu fissiojäte on aikanaan varauduttava ottamaan takaisin alkuperämaahan. Ruotsista on käytettyä polttoainetta kuljetettu jälleenkäsiteltäväksi Englantiin, Ruotsi on kuitenkin tehnyt eräitä valmisteluja oman jälleenkäsittelylaitoksen rakentamiseksi joskus 1990-luvulla, jolloin käsiteltävää polttoainetta olisi riittävästi omasta maasta ja mahdollisesti muistakin pohjoismaista, mihin hiljattain julkaistu AKA-selvitys viittaa. Forsmarkin ja Oskarshamnin soveltuvuutta jälleenkäsittelylaitoksen paikaksi on suositeltu selvitetäväksi.

Länsi-Saksassa on ilmeisesti toteutumassa ratkaisu, joka saattaa näyttää suuntaa kehitykselle muuallakin maailmassa. Asettamalla ehtoja ydinvoimaloiden käyttöluville liittovaltio ohjasi suurimmat voimayhtiöt muodostamaan PWK-nimisen holding-yhtiön, jonka tehtävänä on rakennuttaa mahdollisimman nopeasti 2...3 miljardia DM maksava 1500 t<sub>U</sub>/a-kapasiteettinen jälleenkäsittelylaitos. Suuri

osa safeguards-valvonnan ja kuljetusten ongelmista ratkaistaan sijoittamalla ainakin jälleenkäsittelylaitos ja plutonium polttoainetehdas, mahdollisuuksien mukaan myös lopullinen jätevarasto, samalle paikalle, joksi on hiljattain valittu Aschaffenberg. Asiakasrahoittaminen ja polttoainekierron eri tuotantolaitosten maantieteellinen keskittäminen ovat ilmeisesti piirteitä, joita tul-laan soveltamaan laajemminkin.

Polttoainekierron loppupään ongelmien ratkaisua on pyritty helpottamaan myös IAEA:n toimesta. Erään IAEA:n projektin tavoitteena on selvittää monien maiden yhteisiin "Nuclear fuel cycle center"-laitoksiin liittyviä tekni-siä, taloudellisia, laillisia, organisatorisia, ympäris-töllisiä ym. kysymyksiä.

#### KULJETUSKYSYMYKSET

Tuoreen polttoaineen kuljetus toimii kaupallisella poh-jalla. Säteilytetyn polttoaineen kuljetukseen ei liity ratkaisemattomia ongelmia, vaikkakin yksittäisten kul-jetusten toteuttaminen saattaa käytännössä olla varsin työlästä.

Ydinasekelpoisen materiaalin kuljettaminen aiheuttaa va-kavia turvajärjestelyongelmia. Eräs ratkaisu on sijoit-taa tuotantolaitokset niin, että ydinasekelpoisten ma-teriaalien ulkoisia kuljetuksia ei lainkaan tarvita. Tähän tähtäävät mm. Länsi-Saksan jälleenkäsittelyteol-lisuuden toteuttamissuunnitelma, USA:ssa tutkimuksen kohteena oleva "Nuclear park"-teknologia ja IAEA:n "Regional Nuclear Fuel Cycle Centre"-selvitysprojekti.

#### RADIOAKTIIVISTEN JÄTTEIDEN PITKÄAIKAINEN VARASTOINTI JA LOPULLINEN SIJOITTAMINEN

Ydinteollisuuden radioaktiivisten jätteiden määrät ja laatu tunnetaan nykyään melko hyvin, ja lainsäädäntö

ym. määräysten valmistelu on edistymässä. Sitä vastoin ei ole vielä voitu ratkaista, mitkä ovat sopivimmat varastointi- tai poistomuodot ja lopulliset sijoittamispaikat. Teknisesti toteuttamiskelpoisilta tuntuvia vaihtoehtoja on useitakin, mutta niiden turvallisuus- ja taloudellisuusominaisuuksien selvittäminen vaatii vielä aikaa. Alalle osoitettu tutkimuspanos on voimakas ja olennainen kansainvälisyysaspekti lie-nee otettu riittävästi huomioon.

Vastuun pitkäaikaisesta ja lopullisesta jätteistä huolehtimisesta katsotaan yleisimmin kuuluvan valtioille, ja ne voivat periä kustannukset energian tuottajilta. On todennäköistä, että polttoainetta jälleenkäsittävät maat joutuvat yleisen mielipiteen painostuksesta palauttamaan jätteen alkuperämaahan.

#### TALOUDELLISIA JA KAUPALLISIA NÄKÖKOHTIA

Polttoainekustannusten on 1980...1985 käyttöön tulevis-  
sa kevytvesireaktorilaitoksissa arvioitu muodostavan  
20...30% energian tuotantokustannuksista. Käytetystä  
polttoaineesta koituva kustannuskomponentti on tosin  
vielä epävarma.

Ydinvoimalaitosten polttoainekierron toteuttaminen vaatii  
n. 10% koko ydinenergiatuotannon investoinneista. Ydin-  
voimalaitosinvestoinnit muodostavat loput 90%. OECD  
on arvioinut, että sen piirissä energiantuotannon sijoi-  
tusten, laskettuna osuutena koko kiinteän pääoman muo-  
dostuksesta, tulisi nousta v. 1975 arvosta n. 8% arvoon  
n. 14% v. 1985. Ydinenergian vastaava osuus oli v.  
1975 n. 1%, mistä sen tulisi nousta yli 3%:iin v. 1985.  
Samana aikavälinä tarvittaisiin pääomaa energiatuotan-  
toon kaikkiaan n. 1300 G\$, tästä n. 300 G\$ ydinenergiaan.  
OECD arvioi, että näiden pääomien hankinta ei tuota voit-  
tamattomia taloudellisia ongelmia. Yksittäisten laitos-

hankkeiden, erityisesti suuria yksikkökokoja edellyttävien väkevöinti- ja jälleenkäsittelylaitosten rahoittaminen on sitävastoin osoittautunut hyvinkin vaikeaksi. Sijoittajat pelkäävät kohteita, joissa sijoitukset on tehtävä vuosikausia ennen kuin laitokset alkavat tuottaa, joiden toteuttamisessa ympäristökysymykset saattavat tulla ongelmalliseksi tai joissa perusteknologiaa ei ole vielä massatuotantomuodossa kokeiltu. Valtioiden rahoitus taas saattaa rajoittaa laitosten käyttöä ulkomaisten toimeksiantojen suorittamiseen. Asiakasrahoittaminen etukäteismaksujen tai suoran yhtiöosallistumisen muodossa tulee yhä yleisemmäksi ratkaisuksi. Erilaisia voimayhtiöliittymiä onkin jo muodostunut. Vastaavasti joukko uraanin tuottajia (Austraaliasta, Kanadasta, Ranskasta, Etelä-Afrikasta ja Isosta-Britanniasta) on perustanut yhteistyöelimen "Uranium Institute", johon myös voimayhtiöillä on pääsy jäseneksi.

#### POLIITTISIA JA YHTEISKUNNALLISIA NÄKÖKOHTIA

Lähinnä safeguards-ongelmat vaikeuttavat väkevöinti- ja jälleenkäsittelylaitosten perustamista moniin sellaisiin maihin joihin muuten olisi mahdollista ja perusteltuakin rakentaa energia-alan suurteollisuutta. Perusteknologian salaisuus ja erikoiskoulutetun henkilökunnan puute ovat myös rajoittavia.

Jälleenkäsittelylaitoksille sopivien sijoituspaikkojen löytäminen tiheään asutuista teollisuusmaista on osoittautunut hankalaksi. Kansallinen painostus on johtanut vaikeuksiin vastaanottaa ulkomaista polttoainetta jälleenkäsiteltäväksi.

Eräät maat, esim. Kanada, ovat pyrkineet varaamaan voimametalliesiintymänsä ensi sijassa oman teollisuutensa tarpeisiin. Toisaalta Australia, jossa on runsaita uraniesiintymiä, mutta ei suurta tarvetta ydinenergian nopeaan käyttöönottoon, on ollut melko haluton kehittämään polttoainekierron teollisuutta. Australian poli-

tiikka on kuitenkin ilmeisesti muuttumassa ja siitä saattaa valtavine esiintymineen tulla uraanin maailmanmarkkinoiden kehitykseen ratkaisevasti vaikuttava tekijä lähivuosina.

### YHTEENVETO ONGELMA-ALUEISTA

Taulukko I.2-1 esittää ERDA:n näkemyksen polttoainekier-ron eri vaiheiden nykyisestä kehitystilasta (ERDA 33 raportti, maaliskuu 1975). Näkemys vastaa lähinnä tilan-etta USA:ssa, mutta se lienee pätevä myös maailmanlaa-juisesti. Saman selvityksen mukaan tärkeimmät ja nopeim-min ratkaisua vaativat ongelma-alueet ovat seuraavat:

- 1) Voimametallivarat
  - varantojen todellinen suu-ruus
  - taloudellisten motiivien luominen hyödyntämisen tehostamiseksi
- 2) Väkevöinti
  - investointien ajoittaminen
  - rahoitus
  - teknologian valinta
- 3) Käytetty polttoaine
  - ympäristökysymykset
  - Plutoniumin kierrätys
    - safeguards-valvonta
  - Jätteiden käsittely
    - lupakäsittely
  - Kuljetukset
    - kaupallinen demonstrointi
- 4) Yleisölle tiedottamista parannettava.
- 5) Pystyttävä luomaan selkeät toiminnan suuntalinjat.

	ETUPÄÄ				Käyttöreakto- tissa	JÄLKIPÄÄ				
	Etsintä Louhinta Rikastus	Konver- sio	Väke- vöinti	UO <sub>2</sub> poltto- aineen valmis- tus		Käytetyn poltto- aineen varas- tointi	Jälleen- käsit- tely	Seka- poltto- aineen valmis- tus	Kierrä- tys ke- vytvesi- reakto- rissa	Jälleen- käsitte- ly, va- rastointi ja poisto
Perusteknolo- gia hallitaan	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	?
Teknologia ko- keiltu kaup- allisesti	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Ei
Luonnonvarat varmistettu?	Ei	-	-	-	-	-	-	-	-	?
Pääomat laajen- nuksiin saata- vissa?	?	Ilmei- sesti	?	Ilmei- sesti	?	Ilmei- sesti	?	?	Ilmei- sesti	?
Ympäristöongel- mat ratkaistu?	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Ei
Safeguards- ongelmat rat- kaistu?	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Ei
Lupakäsittely- ongelmat rat- kaistu?	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Ei

TAULUKKO I.2-1 ERDA:n arvio polttoainekierron eri vaiheiden kehitystilasta (maaliskuu, 1975).

## POLTTOAINEKIERRON NYKYTILANNE SUOMESSA

Suomen tällä hetkellä rakenteilla olevat ydinvoimalaitokset ovat Atomenergoexportin VVER-painevesireaktoreita ja ASEA-ATOM:in kiehutusvesireaktoreita. Mahdollisten uusien hankintojen kohdalla tulevat laitoskoot kuitenkin kasvamaan ja viimeaikoina esiintyneiden tietojen mukaan saattaa seuraava Neuvostoliitosta tilattava laitos olla sähköteholtaan 1000 MW:n suuruusluokkaa (VVER-1000).

Suomessa tullaan hoitamaan korkeintaan osa ydinpolttoainekierron teollisista vaiheista, mutta tietty asiantuntemus tarvitaan silti kierron eri vaiheiden järkevän teknisen ja taloudellisen hoidon järjestämiseksi.

Rikastetun uraanin teknologiaan ja polttoaineen valmistukseen sekä taloudellisiin selvityksiin liittyvää asiantuntemusta on hankittu voimayhtiöihin, jotka ovat hoitaneet polttoaineen hankinnat.

Polttoaineen käytön suunnitteluun liittyviä menetelmiä on kehitetty VTT:ssa ja voimayhtiöissä.

Käytetystä polttoaineesta huolehtimisen kannalta tilanne on vielä melko avoin. Koska asiaan liittyy pitkään aikaperspektiiviin ja vastuuseen liittyviä ongelmia, atomienergianeuvottelukunnan yleisjaosto asetti 1975-04-10 työryhmän selvittämään ydinvoimalaitosten jätteiden käsittelyn ja varastoinnin hallinnollista organisaatiota. Työryhmä jätti selvityksensä 1975-12-09 ja eräänä ryhmän esittämänä suosituksena oli valtakunnallisen ydinjätehuollon järjestäminen yhden organisaation toimesta. Edelleen Kauppa- ja teollisuusministeriö nimesi työtä jatkamaan 1976-09-08 nk. jätehuoltoryhmän, joka toimii pysyväisluontoisena neuvottelukunnan muihin jaostoihin rinnastettavana elimenä. Sen toimiksi on tarkemmin esitetty luvussa 5.

## VOIMAMETALLIEN ETSINTÄ JA OMIEN MALMIVAROJEMME KÄYTETTÄVYYS

Atomienergianeuvottelukunta asetti 1971-05-25 uraani- jaoston, jonka tehtävänä on maamme uraanietsintätoiminnan kartoittaminen sekä alan yleinen seuraaminen ja koordinaointi. Tämä jaosto jätti 1975-02-20 ehdotuksensa voimametallien etsinnän tehostamiseksi ja hyväksikäytön edistämiseksi vuosina 1975...1985.

Ehdotuksessaan jaosto on arvioinut maamme tunnettujen luonnonvarojen olevan noin 2200 tonnia  $U_3O_8$  hintaluokassa 15...30 \$/lb vuoden 1974 arvioitujen tuotantokustannusten mukaan. Varat koostuvat Kolarin Kesänkitunturin, Paltamon Nuottijärven ja Kolin alueen esiintymistä. Lisäksi on mainittu Soklin uraani-mineraalisaatiot, joilla saattaa olla taloudellista merkitystä, jos esiintymä muista syistä tulee kaivostoiminnan kohteeksi ja mikäli kyseisten esiintymien käyttöön liittyvät rikastusteknilliset ongelmat voidaan ratkaista.

Huomattavaa osaa maamme kallioperästä voidaan pitää suotuisana uraanimalmien esiintymiselle. Uraanietsinnän kannalta tärkein edellytyksiä luova perustutkimus on geologinen kartoitus. Toistaiseksi ei mitään laajempaa uraanietsintää palvelevaa perustutkimusta ole Suomessa tehty.

Uraanin etsintää ja siihen liittyvää tutkimustyötä ovat maassamme suorittaneet Geologinen tutkimuslaitos, Outokumpu Oy ja Rautaruukki Oy. Geologinen tutkimuslaitos on suorittanut uraanimalmin etsintää muun malminetsinnän yhteydessä. Outokumpu Oy on suorittanut alueellista ja kohteellista uraanimalmin etsintää erillisen uraaniprojektin puitteissa. Rautaruukki Oy suorittaa myös uraanimalmin etsintää muun malminetsinnän yhteydessä.



Lähivuosina uraanin etsintä ja tarvittavien menetelmien kehitystoiminta tulee keskittymään aikaisempaa enemmän Geologiselle tutkimuslaitokselle, joka on aloittanut myös erityisesti uraanin etsintää palvelevia tutkimuksia (aeroradiometriset tutkimukset, purosedimenttitutkimukset, malminkeräyskilpailut, ym.). Outokumpu Oy on lopettanut uraanin etsinnän ja purkanut vastaavan organisaationsa vuonna 1975, mutta suorittaa edelleen passiivista etsintää muun toiminnan ohessa. Suomen Malmi tulee tekemään em. organisaatioille tilauksia lähinnä aeroradiometristen tutkimusten muodossa.

#### VOIMAMETALLIEN LOUHINTA, METALLURGINEN RIKASTUS JA KONVERSIO HEKSAFLUORIDIKSI

Perusteknologia louhinnan, rikastuksen ja konversioprosessin osalta on maailmalla hyvin tunnettua. Suomessa ei näihin teknologian alueisiin ole tutustuttu erityisesti voimametallien kohdalta, mutta vastaavaa tietoutta on olemassa muista malmeista.

Raakaauranin tuotanto ei todennäköisesti tule ajankoh- taiseksi aivan lähitulevaisuudessa, mutta voimametal- lien etsinnän tehostuessa ja taloudellisten tekijöiden muuttuessa saattaa tilanne olla toinen myöhemmin.

Uraanijaosto näki myös eräänä mahdollisuutena sellaisen tilanteen, että jossakin maamme toimivassa tai toiminta- aloittavassa kaivoksessa voitaisiin luonnon uraania saada sivutuotteena. Vaikka sen hinta olisikin senhetkistä markkinahintaa korkeampi, ehdottaa uraani- jaosto, että näin saatava luonnonuraanirikaste ostettaisiin varmuusvarastoon valtion varoin. Tähän tarvittava rikastustekninen tuntemus lienee saatavissa "pilot- plant" kokeilla ko. malmin hyväksikäytön tutkimisen ohessa. Erikoismenetelmiä, kuten esim. mekaanista sepa- rointia on kokeiltu Outokumpu Oy:n uraaniprojektissa.

### URAANIHEKSAFLUORIDIN VÄKEVÖINTI

Väkevöintipalvelujen tarjoamiseen tarvittavassa mitta-kaavassa on mahdollisuuksia Yhdysvaltojen ja Neuvostoliiton lisäksi vain eräillä Euroopan valtioiden yhdessä muodostamalla väkevöintiyhtiöillä (URENCO, EORODIF, COREDIF), joiden laitoksia parhaillaan rakennetaan.

Toistaiseksi on Suomeen tulevan polttoaineen väkevöinti tilattu Neuvostoliitosta. Väkevöintipalvelujen hankinnasta huolehtivat voimayhtiöt.

### POLTTOAINENIPPUJEN VALMISTUS

Rakenteilla olevien laitostemme polttoaineniput valmistetaan laitostoimittajamaissa. Olkiluodon laitosten polttoaine tulee väkevöinnin jälkeen  $UF_6$ -muodossa ASEA-ATOM:in tehtaille Ruotsiin, missä tapahtuu konvertointi  $UO_2$ :ksi, polttoainenappien valmistus ja edelleen polttoainesauvojen ja -nippujen kokoaminen. Loviisan laitosten polttoaineen valmistus tapahtuu kokonaan Neuvostoliitossa.

Polttoainenippujen valmistus voidaan jakaa useampiin osaprosesseihin, joiden toteuttamista teollisessa mitta-kaavassa on mahdollista harkita joko yhdessä tai erikseen. Suoranaisten taloudellisten näkökohtien rinnalla on oman valmistuksen kannattavuutta arvioitaessa muis-tettava myös omavaraisuuden arvo.

Valmistusteknillistä tietoutta on Suomessa hankittu voimayhtiöiden lisäksi myös VTT:ssa ja Säteilyturvallisuuslaitoksessa. VTT on tehnyt voimayhtiöille alustavia valmistusvalvontaan liittyviä tehtäviä.

## POLTTOAINEEN KÄYTTÖ REAKTORISSA JA KÄYTETYN POLTTOAINEEN VARASTOINTI LAITOSPAIKALLA

Polttoaineen käyttöön liittyvä reaktorifysikaalinen työ on Suomessa pystytty kehittämään pitkälle, koska se vaatii lähinnä henkisiä panoksia. Tämän työn yhteydessä voimayhtiöidemme fyysikkokunta on saanut erikoiskoulutuksensa Teknillisen korkeakoulun ja VTT:n laboratorioissa.

Teollisuuden Voima Oy on kehittänyt itse karkeat laskentamenetelmät ulkomaisten lähtökohtien perusteella ja suorittanut tarkemmat laskelmat yhteistyössä ruotsalaisten kanssa, koska VTT:ssa ei tässä vaiheessa katsottu aiheelliseksi oman erillisen laskentajärjestelmän luomista. ASEA-ATOM vastaa lopullisista suunnittelulaskuista.

Tilanne on kokonaan toinen VVER-reaktoreiden osalta. Sydämen rakenteen erilaisuudesta johtuen tietokoneohjelmat on muokattava kuusikulmaiselle konfiguraatiolle soveltuviksi. Loviisan ydinvoimalaitoksen polttoaineelle soveltuvan tietokonejärjestelmän kehittäminen on varsin pitkällä VTT:ssa. Se täydentää Imatran Voima Oy:n Neuvostoliitosta hankkimaa reaktorifysikaalista ohjelmistoa ja tekee mahdolliseksi monipuolisten referenssilaskujen suorittamisen.

Ydinreaktoreiden polttoaineen luotettavan toiminnan takaamiseksi on tärkeää, että käytettävissä on polttoaineen käyttäytymismalleja, joilla voidaan tutkia valmistus- ja käyttöparametrien sekä polttoainevikojen esiintymistodennäköisyyden välisiä yhteyksiä. VTT:ssa meneillään oleva polttoainemalliprojekti tähtää ensivaiheessa alkuarvojen tuottamiseen ydinvoimalitosten luvituksessa vaadittavien onnettomuusanalyysien tarpeisiin. Myöhemmin painopiste siirtyy polttoaineen käyttöä palvelevaan tutkimukseen.

Polttoaine-elementeissä käytettyjen materiaalien tuntemus on tärkeää polttoaineen käyttäytymisen arvioimiseksi. Luotettavat materiaalitiedot ovat myös laskennallisten käyttäytymismallien olennainen perusta. Kevytvesireaktoreissa yleisimmin käytetyt polttoainesauvojen materiaalit Zr-2, Zr-4 ja  $UO_2$  ovat melko hyvin tunnettuja kirjallisuuden perusteella. VVER-440 reaktoreissa käytetty suojakuorimateriaali, Zr-1%Nb, ei kuitenkaan ole Suomessa yhtä hyvin tunnettu kuin Zircaloyt ja siitä syystä sitä tutkitaan materiaalin ominaisuuksien selvittämiseksi.

Eräs sopiva yhteistyön alue tutkimuslaitosten, valmistajien ja voimayhtiöiden välillä on valmistautuminen polttoaineen käyttäytymisen seurantaan ja mittauksiin, joilla - paitsi tutkitaan polttoaineen kuntoa - arvioidaan polttoaineen käyttäytymistä kuvaavia tietokone-malleja ja polttoaineen mitoituservoja sekä kehitetään mittausvälineitä.

Ydinvoimalaitoksistamme vapautuvan käytetyn polttoaineen käsittely tulee tapahtumaan ulkomailla. Ennen käsittelyä tarvittava varastointiaika saattaa kuitenkin muodostua pitkäksi. Tämä varastointi on toistaiseksi suunniteltu tapahtuvaksi laitospaikoilla. Imatran Voima Oy neuvottelee parhaillaan käytetyn polttoaineen toimittamisen ehdoista kolmen vuoden varastoinnin jälkeen Neuvostoliittoon.

Ruotsissa on todettu, että koska ulkomaisen jälleenkäsittelykapasiteetin saanti voi tulevaisuudessa olla epävarmaa, tarvitaan 1980-luvun alkupuolella keskusvarastointiyksikkö n. 10 vuoden varastointia varten.

#### POLTTOAINEKIERRON LOPPUOSA

Menestyksellinen ydinvoimatuotanto edellyttää, että käytetystä polttoaineesta pystytään huolehtimaan. Nykyisen

lainsäädännön perusteella jätteistä huolehtiminen on voimayhtiöiden tehtävä. Mutta kuten AEN:n asettama, ydinjätteiden käsittelyn ja varastoinnin organisaatiota selvitellyt työryhmä totesi, ei voimayhtiö ole riittävän pysyvä organisaatio kantamaan ydinjätteiden lopullisen varastoinnin vastuuta. Voimayhtiöt ovat ilmoittaneet olevansa valmiit hoitamaan jätehuollon, mutta pitävät valtion osallistumista tarpeellisena ainakin lopullisen varastoinnin kohdalla. Jätehuollon organisoinnin osalta viitataan em. työryhmän 1975-12-09 jättämään selvitykseen.

Koko polttoainekierron loppuosan toteutus on varsin epäselvässä tilassa yleismaailmallisestikin. Suomessa ollaan tietenkin ratkaisevasti riippuvaisia kansainvälisistä kehitysnäkymistä. Ilmeistä on, että varsinkin pienempien maiden tulisi voimakkaasti pyrkiä yhteistyöhön käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyn ja jätekysymysten alalla.

Ydinvoimalaitoksissa syntyvään jätteeseen ja käytettyyn polttoaineeseen liittyviä kysymyksiä käsittelee Suomessa KTM:n jätehuoltoryhmä.

## SUOMESSA TEHTÄVÄN SELVITYS- JA TUTKIMUSTYÖN TAVOITTEET

Kaiken tehtävän selvitys- ja tutkimustyön perustavoite on luoda edellytykset sille, että ydinvoimasta muodostuisi Suomen olosuhteissa turvallinen ja taloudellinen energian tuotantomuoto.

Polttoainekierron toteuttamisessa olemme riippuvaisia ulkomaisista palveluista. Alalla tapahtuvan tutkimus- ja kehitystyön suorittamiseen on Suomessa varsin rajoitetut mahdollisuudet. Kansainvälisiin järjestöihin ja yhteisprojekteihin osallistuminen muodostaa siten keskeisen osan toiminnasta.

Polttoaineen käytön suunnitteluvalmiuden hankkimisen tavoitteena on saada käyttöön Suomessa käytettäville reaktoreille soveltuvat laskentajärjestelmät, joita käyttäen ydinpolttoaineen hankintaan ja käyttöön liittyvät tekniset, taloudelliset ja ajoitukselliset kysymykset voidaan ratkaista.

VVER-reaktoreiden sydämen analysointiin soveltuva reaktorifysikaalinen ohjelmisto pyritään saamaan peruskuntoon vuoden 1977 aikana. ASEA-ATOM:in reaktoreita koskien ei toistaiseksi tarvita laitostoimittajan ja Teollisuuden Voima Oy:n ulkopuolista työtä, mutta soveltuvien laskentamenetelmien saatavuutta kannattaa seurata. Käytettävien ohjelmistojen ajanmukaisena pitämiseen tarvitaan myös jatkuvaa työpanosta.

Polttoainesauvojen ja -sauvanippujen lämpömekaaninen käyttäytyminen reaktorin normaalin käytön aikana asettaa reunaehdoja reaktorin käytölle. Omat vaatimuksensa polttoaineelle asettavat lupakäsittelyissä vaadittavat transientti- ja onnettomuusanalyysit. Suomeen on pyrittävä luomaan valmius, joka antaa mahdollisuudet tarkastaa kotimaisin voimin laitostoimittajan suorittamat polttoaineen käyttäytymistä ja kestävyyttä koskevat analyysit.

Polttoaineen materiaalitutkimuksen tavoitteisiin vaikuttaa lyhyellä tähtäimellä rakenteilla olevien VVER-reaktoreiden erikoispiirteet. Kiireellisimpänä tehtävänä on laitostoimittajalta saatujen käyttäytymisanalyyseihin tarvittavien materiaalitietojen tarkistaminen ja mahdollisten puuttuvien tietojen hankinta. Materiaalitutkimus luo myös pohjaa polttoaineen valmistusteknologian ja valmistuksen laadunvalvonnan tuntemukselle.

Suomessa täytyy olla riittävästi valmistustekniikan asiantuntemusta, jotta polttoaineen ostovaiheessa voidaan

arvioida valmistuksessa käytettäviä spesifikaatioita ja laadunvarmistustoimintaa.

Käytettyä polttoainetta on varauduttava käytöstä poistamisen jälkeen säilyttämään maassamme pitkiä aikoja. Todennäköistä on myös, että polttoaineen jälleenkäsittelyssä syntyvää jätettä on varauduttava vastaanottamaan takaisin Suomeen. On välttämätöntä luoda nopeasti organisaatio ja toteutusohjelma ydinvoimalaitoksilla ja käytetystä polttoaineesta syntyvistä jätteistä huolehtimiseksi.

Omien luonnonvarojemme etsintää on tehostettava uraanijaoston jättämän selvityksen osoittamien suuntaviivojen mukaisesti. Tunnettujen varojen käytettävyyttä koskevien taloudellisten ja teknisten selvitysten laadintaa tulisi myös harkita.