

# ATS

## Ydintekniikka n:o 4/1976

POHJOISMAISESTA ATOMIYHTEYSTYÖSTÄ	P. Silvennoinen	s. 2
ATS:N JÄSENGALLUPIN TULOKSIA	L. Lamberg	s. 3
<u>ATS:N EKSKURSIO ENGLANTIIN JA BELGIAAN</u>		
<u>Johdanto</u>		s. 8
<u>Englanti</u>		
Turvallisuus- ja luotettavuustyö		s. 10
Uraanin väkevöinti		s. 13
Plutoniumin kierrätys termisissä reaktoreissa		s. 14
Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely ja jätteidenkäsittely		s. 15
Rakenteiden kestävyys ja laadunvarmistus		s. 22
Maaailman energiatilanne	} Sir John Hillin } esitelmä	s. 24
Ydinenergian erityisongelmat Englannissa		
Heyshamin AGR-ydinvoimala		s. 27
BNFL:n Springfieldsin polttoainetehtaat		s. 33
<u>Belgia</u>		
Pu-polttoaineen valmistus Belgonucleairen Desselin tentilla		s. 37
FBFC:n polttoainetehtas		s. 39
ACEC:n konepajat		s. 40
Tihangen PWR-ydinvoimala		s. 44
Cockerillin konepajat		s. 54
<u>Liitteet</u>		
Matkaohjelma		s. 60
Osanottajaluettelo		s. 64

# ATS YDINTEKNIikka

Numero 4/1976

Joulukuu 1976

Julkaisija: Suomen Atomiteknillinen Seura

Päätoimittaja: Lasse Mattila

Valtion teknillinen tutkimuskeskus

Ydinvoimatekniikan laboratorio

Löönrotinkatu 37

00180 Helsinki 18

puhelin: 90-648931

## Ydinenergian tuotto alkamassa

Kulunut vuosi on ollut ydinenergian turvallisuustapahtumista koko maailman ja myöskin Suomen osalta tapahtumarikas. Näkyvimmit "incidentit" ovat selvästi olleet kytkeytyneinä eri vaaleihin ja liittyvät näin ihmisen sosiaaliseen käyttäytymiseen. Tämä ei kuitenkaan ole irrallinen ilmiö, vaan imee selvästi voimansa menneiden vuosien vlioptimistisista taloudellisista odotuksista ja edessäolevien ratkaisemattomien ongelmien merkityksen silloisesta väheksymisestä. Ydinenergian jätteasioiden hoidon erikoisluonteen takia suuren yleisön kiinnostuminen näiden asioiden valmistelun keskeneräisessä vaiheessa on kasvattanut yllättäviä paineita. Suomessa kuitenkin on saatu rauhassa valmistautua Loviisa 1:n käyttöön ja TVO I:n palovaurioita korjaillen asennustöihin.

Suomalaisen atomirakentamisen parissa työskentelevien ja sitä seuraavien katseet ovat suuntautuneet Loviisaan. Käsilläolevat tapahtumat ovat tärkeitä nyt ja vastaisen mielipiteen muodostukselle. Käyttöönottoimenpiteet, käyttäjät ja myöskin viranomaiset ovat tulilinjalla.

Loviisan rakentamisen myötä ovat toteuttajat yrittäneet mieltää käsitettä QA-laadunvarmistus. Tuskin enää löytyy niitä, jotka pitävät QA:ta tarpeettomana, mutta sen toteuttamista-voista keskustellaan varmaan vielä kauan.

Ajan henkeen kuuluu, että energiapolitiikan toteuttamisen QA:ta on ryhdytty yhä selvemmin vaatimaan. Elleivät laadunvarmistusta koskevat yleislinjat ja työskentelyvälineet ole tarkoituksenmukaisen toteuttamisen edellyttämässä valmiudessa ja ellei niitä osata suunnata hallitusti oikeaan kohteeseen, on QA:sta vaarana muodostua pelkkä byrokraattinen tai poliittinen itsetarkoitus.

Turvallisuusviranomainen toimii eräänä yhteiskunnan QA-elimenä, jonka oikeilla linjoilla pysyminen edellyttää jatkuvaa valpautta, eri tahoilta tulevien huomautusten ja vihjeiden tarkkaa pohdintaa sekä kypsyyttä tarvittaessa nopeastikin vaativien ratkaisujen tekoon. Säteilyturvallisuuslaitoksen taholta on jatkuvasti tähdennetty kokemuksen turvaamisen merkitystä ensisijaisesti kaikkien niiden osapuolten leireissä, jotka joutuvat tekemään tärkeitä päätöksiä. Edessäoleva vuosi tulee Loviisan osalta antamaan perusnoteerauksen suomalaisenkin atomivoimalaitostekniikan kypsyydestä.

Antti Vuorinen

POHJOISMAISESTA ATOMIYHTEISTYÖSTÄ:

NAK, NORDISKA ATOMKOORDINEERINGSKOMMITTÉN

NAK on Pohjoismaiden ydinenergiatutkimuslaitosten välinen yhteistyöelin, joka perustettiin vuonna 1968 ministeriötasolla toimivan Nordiska Kontaktorganet för Atomenergifrågor (NKA) toimesta. NAK:n tehtävänä on ylläpitää yhteyksiä jäsenlaitostensa välillä, edesauttaa tutkimusohjelmien koordinoimista sekä vastata käytännössä yhteisprojektien ohjauksesta. NAK:n osapuolina ovat VTT, Institutt for Atomenergi (Norja), AB Atomenergi (Ruotsi) sekä Forsögsanlaeg Risö (Tanska).

NAK:n toimintamuoto on hajautettu, eikä sillä ole kuin yksi osapäivätoiminen palkattu koordinaattori, jona toimii civ.ing. Franz Marcus. NAK:n jäsenet on valittu laitostensa johtokuntatasolta, ja yhteisiä kokouksia pidetään vuodessa 4-5. Viimeksi pidettiin kokous Otaniemessä 76-11-09. NAK:n puheenjohtajana on tällä hetkellä tutkimusjohtaja V. Palva.

NAK:n puitteissa toimii noin 20 erillistä työryhmää joko vakinaisina tai ad hoc -pohjalla. Tutkimusosa-alueesta riippuen eri ryhmien toiminta ja niiden kiinteys vaihtelee huomattavasti. Eräissä tapauksissa (reaktorionnettomuudet, ydinjäte) NAK:n ryhmät ovat itse asiassa kyseisen alan yhteisprojektien johtoryhmiä, kun taas eräissä tapauksissa niiden kautta Pohjoismaat osallistuvat yhtenä yksikkönä laajempaan kansainväliseen yhteistoimintaan.

Ottaen huomioon, että NAK:n skandinaavisten jäsenlaitosten yhteensasketut käyttömenot ovat yli 150 Mmk vuodessa, merkitsee tämä yhteistoimintakanava VTT:n kannalta mahdollisuutta voimavarojen käytön olennaiseen tehostamiseen energiatutkimuksessa. Mittavimpien yhteisprojektien kokonaiskustannukset ovat olleet luokkaa 20-30 Mmk, ja useassa tapauksessa projekteissa on ollut mukana myös Pohjoismaiden ulkopuolisia osallistujia.

Luonteensa mukaisesti NAK pyrkii ennakoimaan uudet yhteistoimintakohteet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin vielä kunkin osapuolen erityisnäkökohdat voidaan ottaa huomioon. Suomen kannalta tämä on usein merkinnyt tulosten soveltamiskelpoisuuden varmistamista meillä rakennettaviin ydinvoimaloihin. Kustakin varsinaisesta yhteisprojektista laaditaan asianmukainen yhteistyösopimus, jonka osana tai liitteenä on kyseinen projektisuunnitelma. Sopimusten luonne vaihtelee suuresti sen mukaisesti, onko kyseessä viranomaisten tilaama tutkimus vai liittyykö siihen suoranaisia kaupallisia näkökohtia ja onko mahdollisesti eräänä osapuolena kaupallinen yritys. Projektin läpivienti toteutetaan käytännössä useimmiten siten, että jokin NAK-instituuteista toimii projektirutiineista vastaavana ja työstä raportoidaan NAK:lle sen kokouksissa tai erillisten selontekojen avulla.

Joskaan NAK ei tutkimusta suorittavien laitosten yhteistyöelimenä sinänsä ole vastuussa valtiorahoitteisen tutkimuksen volyyymista, sen puitteissa osallistutaan myös tämänlaatuisen pohjoismaiseen suunnittelu-työhön. Vuoden 1976 aikana valmistui esimerkiksi laaja NKS-suunnitelma (Nordisk Kärnsäkerhets Ad hoc Grupp), joka sisältää ehdotuksia välittömästi suoritettaviksi reaktoriturvallisuusalan tutkimuksiksi ja on parhaillaan käsiteltävänä yhteispohjoismaisissa elimissä. Käytännössä työ tullaan suorittamaan NAK:n ohjauksessa.

## ATSn jäsen Gallupin tulokset

### JOHDANTO

ATSn jäsenten muistissa lienee ATSn informaatiojaoston eli ATSinfon keväällä 1976 ATSn jäsenkunnalle lähettämä ydintekniikan tiedotustoimintaa koskeva kysely, johon tuli runsaslukuisesti vastauksia. Tästä suuresta vastaamisalttiudesta ATSinfo pyytää saada esittää parhaimmat kiitoksensa.

Kyselyn tarkoituksenaan oli kartoittaa ydinteknisen informaation saamisen tarvetta ATSn jäsenkunnan keskuudessa tähdentäen erityisesti informaation puolueetonta luonnetta ja sitä että informaation tarpeessa saattaisivat olla ydinenergia-alalla ilman varsinaista ydintekniikan pohjakoulutusta työskentelevät henkilöt. ATSinfon keinoiksi todettiin esitelmätilaisuuksien järjestäminen, ATS-Ydintekniikka-lehden sisällön monipuolistaminen sekä monisteiden laatiminen.

### YHTEENVETO

Kyselyyn saatiin yhteensä 123 vastausta, ts. hieman alle puolet ATSn jäsenkunnasta vastasi tiedusteluun. Seuraavassa käsitellään lyhyesti saatuja vastauksia kohdittain jäljempänä olevan kaavakkeen numerointia noudattaen.

1. Luetuimmiksi lehdiksi osoittautuivat Atomwirtschaft - Atomtechnik (c), Nuclear Engineering International (g), Nuclear News (h); muina erikoislehtinä luettiin lehtiä Nuclear Science and Engineering ja Kernenergie.

Valtaosa vastaajista lukee säännöllisesti ATS-Ydintekniikkaa, Insinööriuutisia ja Tekniikkaa, lisäksi mainittiin INIS Atomindex Sähkö, kemian alan lehdet, Teknisk Tidskrift, Nuclear Science Abstracts, Health Physics Ivon Atomin ollessa työpaikkalehdistä suosituin.

2. Kaavakkeessa mainittujen lisäksi ehdotettiin mm. seuraavia informaatiotilaisuuksien aiheiksi:

Ydinpolttoaineen ja ydinvoimalakomponenttien rikkomattomat tarkastusmenetelmät; plutonium yhtenä luonnon 94 alkuaineesta; yhteiskunnan yleinen riskifilosofia; vaihtoehtoiset energialähteet; y-voimaloiden rakentamiseen liittyvät kysymykset; eri reaktorityyppien kehitysnäkymät; vaurioanalyysit.

3. ATS-ydintekniikka-lehteen ehdotettiin (3 % vastanneista) kansainvälisten kokousten luetteloa; yhteenvedoa ATSn kokouksien esitelmien jälkeisistä keskusteluista; artikkeleita ydintekniikasta koulutusmateriaalista, poliittisen tahon osuudesta y-voimalahankintoihin sekä ulkomaisten sähköenergiահankintojen kansantaloudellisesta merkityksestä ostajapuolelle. Edelleen toivottiin tietoa laaduntarkkailusta viranomaisten voimayhtiöiden ja teollisuuden kannalta.

4. Monisteiden aiheiksi lueteltujen lisäksi vastaajakunta ehdotti mm. seuraavia: ydintekniikan suunnittelukeinot; Suomen energihuollon jatkuva seuranta; vahinkotilastot; uudet ydintekniikat; y-energian taloudellisuus; uraanin saanti 80-luvulla; teollisuuden y-voimalahankinnat. Lisäksi ehdotettiin y-energianumeroa informaatiotarkoituksiin.

5. Yhteenvedona mainittakoon, että 11 % vastaajista piti sekä kokouspaikkaa että aikaa sopivina, kun sen sijaan 72 % ei ilmoittanut mielipidettään. Kokouspaikaksi maaseutua Helsingin sijasta toivoi 5 % 2 %:n ehdottaessa tiistaita kokouspäiväksi. Kokousten alkamista halusi 3 % siirtää aikaisemmaksi alkamisajankohdan vaihdellessa klo 16.30 ja 18.00 välillä. Myös haluttiin laitospäyntejä ATSn kokousten yhteyteen (5 %) Loviisan ja Olkiluodon (esim. v. 1978) lisäksi. Luokittelemattomia ehdotuksia esitettiin 2 %:n taholta.

6. Vastanneista 96 % oli ATSn jäseniä koulutuksen noudatessa ATSn jäsenkunnan yleistä koulutusjakamaa.

DI (ilmeisesti fyysikko)	61 kpl	50 %
TKL	12 "	10 %
Ins.	9 "	7 %
FK (fysiikka)	7 "	6 %
TkT	6 "	4 %
DI (sähkö)	6 "	5 %
DI (rakennus)	3 "	2 %
TkT (sähkö)	3 "	2 %
FK (radiokemia)	3 "	2 %
DI (kone)	2 "	2 %
FK (anal.kemia)	1 "	1 %
FL (radiokemia)	1 "	1 %
DI (rak., toim.joht., pääjoht.)	1 "	1 %
DI (ekonomi)	1 "	1 %
DI (sähkö), KTM	1 "	1 %
DI (tuotantotalous)	1 "	1 %
FL (fysiikka)	1 "	1 %
ei ilmoitusta	4 "	3 %

Tehtäväkenttätiedustelu tuotti seuraavanlaisen jakauman:

tutkimus	22 %
suunnittelu	13 %
kaupallinen ala	10 %
hallinto	9 %
ei vastausta	7 %
opetus + tutkimus	3 %
projektivalvonta	2 %
rakennusurakointi	2 %
viranomaistoiminta	2 %
käyttö	2 %
laadunvarmistus	2 %
markkinointi	2 %
informaatiopalvelu	1 %
vakuutus	1 %
muut	22 %

8. Lisähuomautusten joukossa ehdotettiin ATS infolle aktiivisempaa osallistumista ydinalan lehdistökeskusteluun sekä kansa-, oppi- ja peruskouluihin suuntautuvan informaation jakoa.

#### SUORITETUT TOIMENPITEET

Kyselyn kohtien 2, 3 ja 4 tulosten perusteella on laadittu seuraava luettelo eniten mielenkiintoa herättäneistä, kaavakkeessa mainituista aiheista suosituimmuusjärjestyksessä:

- 1 Ydinvoimaloiden käyttökokemukset
- 2 Ydintekniikan riskit (ydinmateriaalien valvonta, onnettomuudet)
- 3 Ydinvoiman taloudellisuus
- 4 Energiavarat, ydinenergian merkitys ja tarpeellisuus Suomessa
- 5 Ydinvoima-alan valmistavalle teollisuudelle aiheuttamat vaatimukset
- 6 Ydinpolttoainekierto, radioaktiiviset jätteet
- 7 Ydinenergian käytön oikeutus
- 8 Ydinenergiaa koskeva julkinen keskustelu ja siinä esitetyt väittämät
- 9 Ydinenergiatilanne maailmassa
- 10 Ydinteniikkaan liittyvät kotimaiset ja kansainväliset säännöt ja sopimukset pääpiirteittäin
- 11 Ydinvoimatekniikkaan liittyvät kotimaiset yritykset ja organisaatiot
- 12 Ydinreaktoreiden turvallisuus
- 13 Kansainväliset järjestöt

Luettelo on höydynnetty siten, että ATSinfo on syksyllä 1976 järjestänyt kolme esitelmäsarjaa luettelon aiheista, nimittäin 4 esitelmää Matemaattisten aineiden opettajien liiton koulutuspäiville:

- |   |            |  |
|---|------------|--|
| { | 1976-11-12 | "Energiastrategioista"<br>(Prof. Jorma Routti, HITKK/Tekn.fys.osasto)  |
|   | 1976-11-12 | "Ydinvoimalaan liittyvät ympäristöriskit"<br>(DI Ilkka Savolainen, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio)   |
|   | 1976-11-13 | "Ydinteollisuuden tarjoamat mahdollisuudet ja sen esittämät haasteet suomalaiselle valmistavalle teollisuudelle"<br>(TKT Juhani Kuusi, Oy Finnatom Ab) |
|   | 1976-11-14 | "Ydintekniikan perusteet"<br>(DI Ahti Toivola, Ekono Oy)   |

Toivolan ja Savolaisen esitelmät on julkaistu Uuden Suomen erikoisliitteessä (1976-12-11). Lisäksi kaksi esitelmää HYO/Radiokemian laitoksen kollokviosarjaan:

- |   |            |  |
|---|------------|--|
| { | 1976-11-12 | "Energiavarat, ydinenergian merkitys ja tarpeellisuus Suomessa"<br>(DI Ahti Toivola, Ekono Oy)       |
|   | 1976-12-03 | "Ydinpolttoainekierto, radioaktiiviset jätteet"<br>(FK Jussi-Pekka Aittola, VTT/Reaktorilaboratorio) |

Sarja jatkuu kevätlukukaudelle 1977:

- "Ydintekniikan riskit (ydinmateriaalien valvonta, onnettomuudet)"  
(TkL Seppo Vuori, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio)
- "Ydinvoiman taloudellisuus"  
(Prof. Pekka Silvennoinen, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio)
- "Ydinenergiatilanne maailmassa"  
(Prof. Jorma Routti, HITKK/tekn.fys.osasto)
- "Ydinreaktoreiden turvallisuus"  
(TkL Bjarne Regnell, IVO)

Kolmantena esitelmäsarjana ATS info on järjestänyt HYO/Fysiikan laitokselle seminaarin:

- |   |            |   |
|---|------------|---|
| { | 1976-11-17 | "Radioaktiiviset ydinvoimalajätteet"<br>(DI Esko Peltonen/VTT, reaktorilaboratorio) |
|   | 1976-11-24 | "Ydinreaktoreiden turvallisuus"<br>(TkL Ami Rastas/TVO)                             |
|   | 1976-12-01 | "Ydinvoimalaitoksiin liittyvät ympäristöriskit"<br>(TkL Seppo Vuori/VTT, Ydi)       |


Kaikki kolme esitelmäsarjaa ovat saaneet innostuneen vastaanoton. Tämän lisäksi on laadittu ATS infon nimissä Shevtsenkon hyötöreaktoria koskeva vastine Insinööri-uutisiin.

## JATKOTOIMENPITEET

Kyselyn kohdasta 7 saatua arvokasta nimiluetteloa (66 % kaikista vastanneista) tullaan käyttämään suomalaista ydintekniikan asiantuntijaluetteloa laadittaessa ja edelleen heille tullaan ATS infon toimesta lähettämään jatkokyselylomake, jossa tiedustellaan heidän yhteistyöhalukkuuttaan ydininformaation jaossa sekä heidän erikoisalaansa.

Lisäksi ATS info tulee toimittamaan täydellisen luettelon monisteariheista (kyselyn kohta 4) ATSn julkaisutoimikunnalle sekä ATS-lehden artikkeliluettelon (kohta 3) lehden toimittajalle jatkotoimenpiteitä varten.

Lisätietoja antaa ATSinfon sihteeri Lena Lamberg, puh. 90-456 6353.

  
Lena Lamberg  
ATS info, sihteeri  
puh. 90-4566353

1. Saan pääasialliset tiedot ydintekniikasta seuraavilla seuraavilla julkaisuilla:

**YHTEENVETO (yhteensä 123 vastausta = kaikki vastanneet)**

- a) AENE, UKAEA
- b) Atomnaja Energiija, USSR
- c) Atomwirtschaft-Atomtechnik (ATW)
- d) Energy International
- e) Bergtechnik
- f) Nuclear Engineering & Design
- g) Nuclear Engineering International
- h) Nuclear News
- i) Nuclear Newsletter from Switzerland
- j) Nuclear, Safety
- k) Nuclear Technology
- l) Nuclear Week
- m) Power
- n) Reaktor, AF

säännöllisesti	satunnaisesti	julkaisu ei ole käytettävissäni
24	19	37
15	17	41
65	21	18
26	22	30
24	30	29
33	18	33
65	14	18
56	23	19
8	15	49
25	21	30
26	20	30
32	22	27
17	25	33
19	17	34

Muu erikoislehti, mikä/mitkä

ATS-Ydintekniikka	115	3	3
Insinööri-uutiset	97	15	6
Tekniikka	82	21	7

Muu ammattilehti, mikä/mitkä ks. yhteenveto

Kuluttajalehti, mikä/mitkä

Työpaikkalehti, mikä/mitkä

Päivälehdistön merkitys tietolähteenä on  
 Yhteenvetona: yleisesti päivälehdistön merkitys on suuri, mutta ydinteknisesti pieni.

20%
50%
26%
4%

suuri jonkinlainen pieni en osaa sanoa

2. Osailla paikkakunnalla järjestettävät informaatiotilaisuudet  
 Olen osallistunut osallistumisesta tilaisuuksiin, joissa käsitellään seuraavia aiheita (valitse kaksi kiinnostavinta aiheetta):

- a) Ionisoiva säteily, sen vaikutukset materiaaleihin ja elävään aineeseen
- b) Ydinpolttoainekierto, radioaktiiviset jätteet
- c) Ydinvoimaloiden käyttökokemukset
- d) Ydinvoiman taloudellisuus
- e) Ydintekniikan riskit (radioaktiivinen jäte, ydinmateriaalien valvonta, onnettomuudet)
- f) Energiavarat, ydinenergian merkitys ja tarpeellisuus Suomessa
- g) Ydinenergian käytön oikeutus
- h) Ydinenergiaa koskeva julkinen keskustelu ja siinä esitetyt väittämät
- i) Ydinvoima-alan valmistavalle teollisuudelle aiheuttamat vaatimukset

4
10
17
14
12
14
6
8
9

j) Lisäksi ehdotan seuraavia aiheita  
 ks. yhteenveto

Seppivara muotona asianomaisille tilaisuuksille pitäisin seuraavaa vaihtoehtoa:

Esitelmä, filmi tms. muun tilaisuudessa yhteydessä	Esitelmätilaisuus 2 - 3 h illalla	Seminaari tai koulutus-tilaisuus 1/2 päivää
--	-----------------------------------	---

24% joista 3% voi erikoisesti  
 53% toivomus: max. 2 h (3%)  
 23%

3. Katsotaan tiedonsaantimahdollisuuksien paranevan, jos ATS-Ydintekniikka -lehti hyödyntäisi sisältöä lisäksi käsiteltäviin seuraaventyypisiin aiheita (merkitse kaksi tärkeintä):

- a) Ajankohtaisia uutisia ydinenergia-alaan liittyvistä tapahtumista maailmalla
- b) Uutisia Suomen tapahtumista; kotimaisten ydinprojektien tilannekatsauksia ja näkymiä
- c) Lietoisuuksia ydinenergiakeskustelujen aiheista
- d) Selvityksiä ydinvoimaloita koskevista säännöistä Suomessa, esim. tietoja uusista määräyksistä
- e) Ennen tietoa ATS:n toiminnasta

27%
31%
17%
20%
3%

Muu aine, mikä/mitkä 3%

4. Pitäisikö seuraavia suomenkielisiä monisteita ja/tai ATS-Ydintekniikka -lehdien erikoisartikkeliteita hyödyllisinä ja tarpeellisina (merkitse kaksi tärkeintä):

- a) Ydintekniikkaan liittyvät kotimaiset ja kansainväliset säännöt ja sopimukset
- b) Kansainväliset järjestöt
- c) Ydintekniikkaan liittyvät kotimaiset yritykset ja organisaatiot
- d) Ydintekniikan sanasto
- e) Ydinenergiatilanne maailmassa
- f) Käyttökokemukset
- g) Ydinreaktoreiden turvallisuus
- h) Muu, mikä/mitkä

24%
3%
14%
3%
16%
26%
71%

ks. erillinen yhteenveto

5. ATS:n kokoustoiminta, ehdotuksia mm. kokouspaikasta ja -ajankohdasta  
 OK (paikka+aika) 11%; ei mielipidettä 72%; tiistai kokouspäiväksi 2%; muu ehdotus 2%; ei Hki 5%; alkamisajankohta klo 16.30-18.00 (erill. yhteenveto)

6. Henkilötietoja Olen ATS:n jäsen
- |       |     |    |    |
|-------|-----|----|----|
| kyllä | 96% | ei | 4% |
|-------|-----|----|----|
- Koulutus ks. erillinen yhteenveto
- Tehtäväkenttä (esim. tutkimus, suunnittelu, kaupallinen ala, hallinnollinen ala)
- |     |     |     |    |
|-----|-----|-----|----|
| 22% | 13% | 10% | 9% |
|-----|-----|-----|----|

ei vastausta 7%; muut 39% (erill. yhteenveto)

7. Seuraavien kielten käyttö vapaaehtoisia  
 Olen käytettävissä jatkotiedusteluja varten  
 Olen käytettävissä yhdysmiehenä kohdan 2. tilaisuuksia järjestettäessä

<input type="checkbox"/>	kyllä
<input checked="" type="checkbox"/>	kyllä 11%

Sini 66% nimensä ilmoittaneita eli 81 kpl, joista  
 puhelin 14 kpl eli 17% vastaa tiedusteluihin ja toimii yhdysmiehenä  
 8. Lisähuomautuksia  
 10% vastanneista esitti rakentavia lisähuomautuksia (erill. yht. veto)  
 44 kpl eli 54% vastaa vain tiedusteluihin  
 22 kpl eli 27% ei osallistu toimintaan



Jorma J. Karjala

TVO

27.11.1976

SUOMEN ATOMITEKNILLISEN SEURAN EKSKURSIO ENGLANTIIN JA  
BELGIAAN 30.10. ...6.11.1976

Suomen Atomiteknillisen Seuran tämänvuotinen ulkomaanekskursio suuntautui Englantiin ja Belgiaan. Englannissa järjestettiin ensimmäisenä varsinaisena tutustumispäivänä "teemapäivä" Risleyyn tutkimuskeskuksessa. Siellä matkan osanottajilla oli tilaisuus kuulla englantilaisten ydinalan asiantuntijoiden reaktoreiden turvallisuutta ja luotettavuutta, uraanin rikastusta, käytetyn ydinpolttoaineen jälleenkäsittelyä, plutoniumia ja ydinvoimalaitosten rakenteiden kestävyysvaatimuksia käsitteleviä esitelmiä. Samana iltana tarjoiutui matkalaisille tilaisuus kuulla United Kingdom Atomic Energy Authorityn puheenjohtajan Sir John Hillin British Nuclear Societyyn kokouksessa Risleyssä pitämät esitelmät aiheista "The world energy situation" ja "The particular difficulties of nuclear power".

Toisena ekskursiopäivänä vierailtiin Heyshamin kaksiyksikköisellä, rakennusvaiheessa olevalla AGR-laitoksella. Kolmantena päivänä tutustumiskohteena oli British Nuclear Fuels Limitedin (BNFL) Springfieldsin ydinpolttoaineen valmistuslaitos.

Belgiassa ensimmäisen vierailupäivän ohjelmaan kuului vaihtoehtoisesti tutustuminen Desselissä sijaitsevan Belnucleairen Plutonium-polttoainetta valmistavaan tehtaaseen tai Eurochemicin ydinpolttoaineen jälleenkäsittelylaitokseen sekä Franco-Belge de Fabrication de Combustiblesin (FBFC) kevytvesi- ja materiaalintestausreaktoreiden polttoaine-elementtien valmistuslaitokseen. Saman päivän iltana eks-

kursiolaisilla oli kunnia osallistua Brysselissä olevan Suomen Suurlähettiläs Ake Wihtolin järjestämälle iltavastaanotolle, joka oli järjestetty Suomen ja Belgian ydinteknillisen teollisuuden edustajien kanssakäymisen edistämiseksi.

Toiseen vierailupäivään Belgiassa sisältyi käynti Charleroin kaupungissa sijaitsevan Ateliers de Construction Electriques de Charleroin (ACEC) mm. ydinvoimalaitoskomponentteja valmistavaan tehtaaseen, tutustuminen Haagin kaupungin välittömässä läheisyydessä sijaitsevaan Tihangen PWR-voimalaitokseen ja Cockerillin ydinvoimalaitoskomponentteja valmistavaan tehtaaseen Seraingissa.

Yksityiskohtaisempi ekskursio-ohjelma sekä matkalle osallistuneiden henkilöiden (19 + 10) nimet on liitetty matkakertomuksen loppuun.

Matkan aikana järjestelyistä ATS:n puolesta vastasivat DI Eric Rotkirch, TkT Olli Tiainen, DI Reino Hyvärinen ja FM Jorma Karjala.

Matkan aikana oli ilahduttavaa havaita, että niin Englannissa kuin Belgiassakin tutustumiskohteiden isännät olivat varautuneet vierailuumme huolellisesti, säästämättä vaivojaan. Mielenkiintoisten kohteiden ja hyvien järjestelyiden lisäksi isännät osoittivat ekskursion osanottajia kohtaan ehtymätöntä vieraanvaraisuutta.

Seuraavassa esitetään vierailun kohteista koottu matkakertomus.

M Komsu/mek

15.11.1976

## TURVALLISUUS- JA LUOTETTAVUUSTYÖ

Safety and Reliability Directorate (SRD) on osa United Kingdom Atomic Energy Authority'a (UKAEA) ja sen tehtäviin kuuluu turvallisuus- ja luotettavuustutkimukset ja -analyysit. SRD pitää sisällään monen eri alan asiantuntemusta. Sir John Hill toimii UKAEA:n puheenjohtajana ja Mr Kinchin on SRD:n johtaja. SRD:n entinen johtaja Mr F.R. Farmer toimii tällä hetkellä Sir Hill'in turvallisuusneuvonantajana.

System Reliability Service (SRS) perustettiin SRD:n alaisuuteen v. 1970. SRS toimii kaupallisella pohjalla soveltaen luotettavuusteknisiä laskentamenetelmiä myös muilla kuin ydinvoimatekniikan aloilla. SRS toimii eri aloilla ja eri maissa luotettavuustyötä tekevien järjestöjen yhteistyöelimenä. Siihen kuuluu tällä hetkellä 43 jäsenjärjestöä. Suomesta SRS:n jäsenenä on VTT.

National Centre of Systems Reliability (NCSR) perustettiin v. 1975. Se käsittää SRS:n ja Reliability Technology Research Unit'in (RTRU), jonka tehtävänä on suorittaa perustutkimusta yhteistyössä yliopistojen ja muiden organisaatioiden kanssa. NCSR:n johtajana toimii Mr Green.

Ydinvoimalaitoksien turvallisuuden tutkiminen alkoi Englannissa jo 1950-luvulla. Se tapahtui aluksi the Authority Health and Safety Branch'in puitteissa, kunnes SRD perustettiin Windscales onnettomuuden jälkeen v. 1959. Alussa pantiin suurta painoa sille, että turvallisuusanalyysit suoritettiin riippumattoman organisaation toimesta.

Arvioitaessa ydinvoimalaitosten turvallisuutta haluttiin laskea eri onnettomuuksien todennäköisyydet ja arvioida niiden mahdolliset seuraukset. Pyrittiin kvantitatiivisesti määrittämään riskien suuruus sekä kartoittamaan, miten ne suhtautuvat muiden alojen riskeihin. Tämä toisaalta johti ennen pitkää kvantitatiivisen turvallisuuskriteerin, ns. Farmerin kriteerin, esittämiseen. Luotettavuusanalyysit muodostavat tärkeän osan työstä, jolla arvioidaan, täyttääkö rakennettava laitos sille asetetut turvallisuuskriteerit.

Tämä pätee ydinvoimalaitoksella erityisesti reaktorin pikasulku- ja hätäjähdytysjärjestelmien osalta. Luotettavuustekniikan alalla tehtiin Englannissa 1960-luvulla merkittävää työtä kehitettäessä laskentamenetelmiä ja kerättyä dataa kvantitatiivisten luotettavuusanalyysien suorittamiseksi.

Englannissa luotettavuustekniikkaa on sovellettu merkittävästi kemian teollisuudessa arvioitaessa suurten laitosten ja prosessien aiheuttamia riskejä sekä suojalaitteiden luotettavuutta. Luotettavuustekniikkaa on käytetty myös kehitettäessä lentokoneille automaattisia laskeutumisjärjestelmiä. Kriteeriksi tällaiselle järjestelmälle on asetettu 1 onnettomuus  $10^7$  laskeutumista kohden.

SRD toiminta käsittää seuraavat alueet:

- toiminnan suunnittelu sisältäen probleemien oikeiden lähestymistapojen valinnan ja uusien menetelmien kehittelyn. Farmerin toiminta Hill'in turvallisuusneuvonantajana keskittyy juuri tälle alueelle
- varsinainen turvallisuus- ja luotettavuustekniikan soveltaminen
- tutkimustyön koordinointi ja rahoitus. Tutkimustyötä tehdään sekä SRD:n piirissä että sen ulkopuolella. Noin 60 henkeä SRD:n ulkopuolella tutkii tavallisessa teollisuudessa esiintyviä riskejä ja onnettomuuksia. Tässä suhteessa on kemian teollisuudessa päästy pitkälle. SRD:tä kiinnostavat tutkimusmielessä PWR ja nopea reaktori.
- Health and Safety Commission; yhteydet muihin teollisuudenaloihin ja terveysturvaviranomaisiin
- muiden järjestöjen neuvonta. Tehdään tilauksesta analyyskejä muulle kuin ydinvoimateollisuudelle. 60 % turvallisuus- ja luotettavuusanalyyskejä menee nykyisin SRD:n ulkopuolelle. Tämän on katsottu olevan edullista, koska se laajentaa kokemusta.
- suhteiden hoito ulkomaille ja ulkomaiseen yhteistyöhön osanotto, esim. yhteistyö EEC:n puitteissa.

SRD:llä on yhteistyötä myös UKAEA:aan kuuluvan Reactor Group'in kanssa. SRD:n edustaja on mukana erilaisissa komiteoissa ja alakomiteoissa ja hänen tehtävänä on huolehtia siitä, että turvallisuusnäkökohdat tulevat otetuiksi huomioon. Suunnittelijoiden esittämät uudet ratkaisut tarkistetaan aina turvallisuuden ja luotettavuuden kannalta.

Kuten edellä on jo todettu, jakautuu NCSR kahteen yksikköön, SRS ja RTRU. SRS on kaupallinen yksikkö, joka tekee jäsenilleen ja muillekin luotettavuusanalyysijä, joilla pyritään löytämään jo suunnitteluvaiheessa laitoksen tai järjestelmän kriittiset alueet, vertaamaan eri suunnitteluvaihtoehtoja, optimoimaan kunnossapitotoiminta tai saamaan kvantitatiivinen arvo luotettavuudelle. Viimeksi mainittua tietoa käytetään usein edelleen parametrisina taloudellisissa tarkasteluissa ja turvallisuusanalyysissä. Kvantitatiivisten luotettavuusanalyysien suorittamisessa tarvitaan tietoja komponenttien vikautumisista ja korjauksista. Tämän johdosta SRS alkoi kerätä tarvittavia tietoja ja tämä toiminta järjestettiin tapahtuvaksi SYREL tietopankin puitteissa. SYREL tietopankki hankkii raakadatansa teollisuuslaitoksilta ja voimalaitoksilta näiden kanssa tekemänsä sopimuksen perusteella. Tietopankin tärkeimmät palvelut ovat:

- antaa pankkiin raakadataa toimittaville yrityksille tietoa heidän omien laitostensa käytettävyydestä ja järjestelmien luotettavuudesta,
- antaa SRS:lle ja sen jäsenille yleistä luotettavuusdataa käytettäväksi luotettavuusanalyysissä.

SRS:n toinen yksikkö RTRU tekee työtä luotettavuusteorian alalla pitäen yllä yhteyksiä yliopistoihin, joissa tehdään luotettavuusteoreettista tutkimustyötä, ja teollisuuteen, jotta sen probleemat tulisivat tutkituiksi.

SRS järjestää vuosittain Liverpoolin yliopistossa kaksi kurssia aiheesta Theory and Practice of Reliability Assessment.

VTT/Ydi H. Kaikkonen

Luento: Enrichment

Mr. A. Johnsonin luento käsitteli uraanin rikastamisnäkyviä Englannin kannalta, ja pääasia oli URENCO/CENTEC-järjestön sentrifugiprojektin esittely. 1968 tehtiin Englannissa päätös perustaa uraanin rikastaminen tulevaisuudessa kokonaan sentrifugimenetelmään. Englannin, Alankomaiden ja Länsi-Saksan yhteistyöjärjestö URENCO/CENTEC perustettiin 1970 ja tuotantolaitosten rakentaminen aloitettiin 1973, ja Capenhurstissa ja Almelossa sijaitsevat 200 t SWU/v laitokset valmistuvat tänä vuonna.

Esitelmässä ei annettu mitään yksityiskohtaista teknistä tietoa sentrifugilaitoksesta. Pääongelmana suuren määrän peräkkäin asetettuja komponentteja sisältävässä prosessissa on ollut luotettavuus, ja saadut kokemukset pilot plant-tasolla ovat olleet alle 0,5%:n vikaantumistodennäköisyys vuodessa. Sentrifugilaitoksen etuja ovat:

- pieni tehonkulutus; 1/10 diffuusiomenetelmän tarvitsemasta
- kannattava yksikkökoko pieni, mikä johtuu moduulirakenteesta, jolloin kapasiteettia voidaan joustavasti lisätä
- voidaan rakentaa lyhyessä ajassa
- pääomien tarve kilpailukykyinen
- hyvä käyttövarmuus

URENCO/CENTECin erotustyökapasiteetti saavuttaa 1982 2000 t vuodessa, ja palvelun hinta seuraa maailmanmarkkinoita.

VTT/Ydi H. Kaikkonen

Luento: Plutonium

Mr. A. Chamberlainin luento käsitteli plutoniumin kierrätystä nykyisissä reaktoreissa. Luennosta kävi ilmi yleinen käsitys, että reaktorikäyttöön liittyvät vaikeudet ovat helposti ratkaistavissa ja pääongelmat sisältyvät polttoainekierron muihin vaiheisiin ja kierrätyksen luvallistamiseen. Reaktorissa plutonium edellyttää uudenlaista polttoaineen käyttötapaa, fissiilin aineen tarve on n. 20% suurempi ja reaktorin fysikaaliset ominaisuudet muuttuvat jonkin verran. Kierrätyksellä säästetään 15% uraanimalmin tarpeesta ja 20% erotustyötä. Mikäli kierrätys olisi mahdollista aloittaa heti, pullonkaulana tulisi aluksi olemaan jälleenkäsittelymahdollisuuksien riittämättömyys, mikä vähitellen poistuisi jälleenkäsittelyinvestointien kannattavuuden tultua varmistetuksi.

Pu-polttoaineen valmistusmahdollisuuksien niukkuus ja puuttuva kokemus pitävät kustannukset aluksi moninkertaisina  $UO_2$ :een nähden, ja luennoitsija arvioi ne 2-3 kertaisiksi.

Esko Ruokola

VTT/REA

## KÄYTETYN POLTTOAINEEN JÄLLEENKÄSITTELY JA JÄTTEIDENKÄSITTELY

1. Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely ja jätteidenkäsittely Englannissa
2. Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely ja jätteidenkäsittely Eurochemicissa
  - 2.1 Eurochemicin jälleenkäsittelylaitos
  - 2.2 Eurochemicin nestemäisen keskiaktiivisen jätteen bitumointilaitos ja bitumoidun jätteen varasto
  - 2.3 Korkea-aktiivisen jätteen lasitustutkimus Eurochemicissa
3. Saadut julkaisut

1. Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely ja jätteidenkäsittely Englannissa  
Englannissa on ydinpolttoaineen jälleenkäsittelystä huolehtinut UKAEAn alainen BNFL (British Nuclear Fuels Ltd), jonka jälleenkäsittelylaitokset sijaitsevat Windscalessa. Laitoksella on toistaiseksi käsitelty pääasiassa Magnox-reaktoreiden luonnonuraanipolttoainetta, maksimikapasiteetti on n. 2000 t/a polttoainetta. Vuonna 1973 tapahtuneen onnettomuuden jälkeen on laitoksen jälleenkäsittelykapasiteetti väliaikaisesti pienentynyt merkittävästi.

Käytetty polttoaine varastoidaan laitoksella väliaikaisesti jäähdytysaltaiisiin. Myös korkea-aktiivinen jälleenkäsittelyjäte on toistaiseksi varastoitu terässäiliöihin, tätä jätettä on 25 vuoden aikana kertynyt n.  $10^9$  Ci. Keski-



ja matala-aktiivinen nestemäinen jäte sen sijaan johdetaan surutta pitkän pitkän putken kautta Irlannin mereen, kiinteät alhaisaktiiviset jätteen taasen poltetaan.

Mr. Tindlen ja Mr. Corbetin esitelmissä, niitä seuranneessa keskustelussa sekä saaduissa raporteissa tuli esiin mm. seuraavia näkökohtia:

- Tulevaisuudessa Windscales vanhassa laitoksessa on tarkoitus käsitellä pelkästään Magnox-polttoainetta. Tämän rinnalle aiotaan rakentaa uusi laitos kapasiteetiltaan 1000 t/a korkeapalamaiselle oksidipolttoaineelle, tämä uusi laitos otettaneen käyttöön 80-luvun alkupuolella.
- Jälleenkäsittelyn hinnaksi tällä hetkellä esitettiin arvio £ 150 000/t polttoainetta.
- Ehtona jälleenkäsittelylle pitää BNFL sitä, että jälleenkäsittelyjäte palautetaan kiinteytettynä tuottajamaahan.
- Korkea-aktiivisen jätteen kiinteytysmenetelmänä on kehitelty ns. HARVEST-prosessia. Siinä nitraattipitoinen konsentroitunut jäte kiinteytetään Na-, Li-, B- ja Si-oksidoista koostuvaan lasiin. Valitsemalla eri komponenttien pitoisuudet optimaalisesti saadaan materiaali muodostumaan n. 900°C:ssa. Jätteen pitoisuudeksi tuotteesta tulisi n. 25 p-%. Kiinteytystuote on tarkoitus sulkea teräslieriöön (halk. ~ 50 cm, korkeus ~ 3 m), tällainen lieriö voisi sisältää jätemäärän, joka vastaa 200 MW a sähköntuottoa.
- Korkea-aktiivisen jätteen koekiinteytyslaitos otettaneen käyttöön lähiaikoina ja täyden mittakaavan demonstraatiolaitos on tarkoitus rakentaa Windscaleen 1980-luvun puoliväliin mennessä.
- Kiinteytys on tarkoitus suorittaa n. 5 vuoden jäädytysajan jälkeen. Lopullinen sijoitus katsotaan mahdolliseksi 5 vuoden allasjäähdytyksen jälkeen, mutta britit varautuvat toisaalta kymmenien vuosien varastointiaikoihin ennen lopullista sijoitusta.
- Nopeutetuilla säteilytyskokeilla on tutkittu lasitetun materiaalin alfa- ja beetasäteilynkestävyyttä. Merkittäviä säteilyn aiheuttamia kemiallisia tai mekaanisia muutoksia ei ole todettu ainakaan sataa vuotta vastaavan säteilytyksen aikana. Alfa-säteily lienee merkittävin säteilyvauriolähde.
- Eluutiokokeissa on todettu, että eri fissiotuotteiden eluutionopeudet (= vuotamisnopeudet) kiinteytystuotteesta poikkeavat toisistaan vain kertaluokalla, kun taas aktinidien eluutionopeudet ovat ehkä vain tuhannesosa fissiotuotteiden vastaavista.

- Ensisijaisena lopullisen sijoituksen menetelmänä tutkitaan hautaamista meren pohjaan tai sen alle 4...5 km syvyyteen. Laskelmat osoittavat, että jätenuklidien liukeneminen veteen kestäisi tuhansia vuosia, vaikkakin kiinteytystuote joutuisi välittömästi meriveden vaikutukselle alttiiksi; lisäksi suuri osa nuklideista jäisi sedimenttiin.
- Transmutaatiota ei pidetä realistisena vaihtoehtona jätteidenkäsittelyssä vaan katsotaan, että transmutaatiossa syntyy muita jätteitä siinä määrin, ettei saavutettu hyöty vastaa kustannuksia.

## 2. Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely ja jätteidenkäsittely Eurochemicissa.

Eurochemic on kahdentoista NEA:n jäsenmaan (mukana mm. Ruotsi, Norja ja Tanska) hallitsema tutkimuslaitos, joka suorittaa jäsenmailleen ydinpolttoaineen jälleenkäsittely- ja jätteidenkäsittelypalveluja sekä näihin liittyvää tutkimustyötä. Laitoksella työskentelee runsaasti tutkijoita Eurochemicin jäsenmaista; henkilökunnan määrä on kokonaisuudessaan n. 400.

Jälleenkäsittely aloitettiin laitokselle v. 1966, ja se on tarkoitus lopettaa vuonna 1976. Korkea-aktiivista jätettä (n.500Ci/l) on kertynyt 90 m<sup>3</sup>, tois- taiseksi se on varastoitu säiliöihin. Keskiaktiivista jätettä (1...10 Ci/l) on kertynyt 2000 m<sup>3</sup>, lähivuosina on tarkoitus kiinteyttää se bitumiin ja varastoida laitospaikalle. Matala-aktiivinen jäte johdetaan kemiallisen käsittelyn jälkeen jokeen.

### 2.1 Eurochemicin jälleenkäsittelylaitos (Mr. Greens)

- Prosessi on Purex-tyyppinen, kapasiteetiltaan 100 t/a ydinpolttoainetta.
- Prosessi on suunniteltu sellaiseksi, että se voi käsitellä lähes kaiken- tyypistä polttoainetta, rajoituksina on rikastusaste 5 % ja palama 10 000 MWd/t.
- Prosessin erikoisuutena on kemiallinen suojakuoren poisto, tästä syntyy suuret määrät nestemäistä keskiaktiivista jätettä, jonka käsittely on osoit- tautunut ongelmalliseksi.
- Ikänsä nähden vaikuttivat laitoksen prosessinvalvonta-, ilmastointi- ja säteilysuojelujärjestelmät kehittyneiltä.

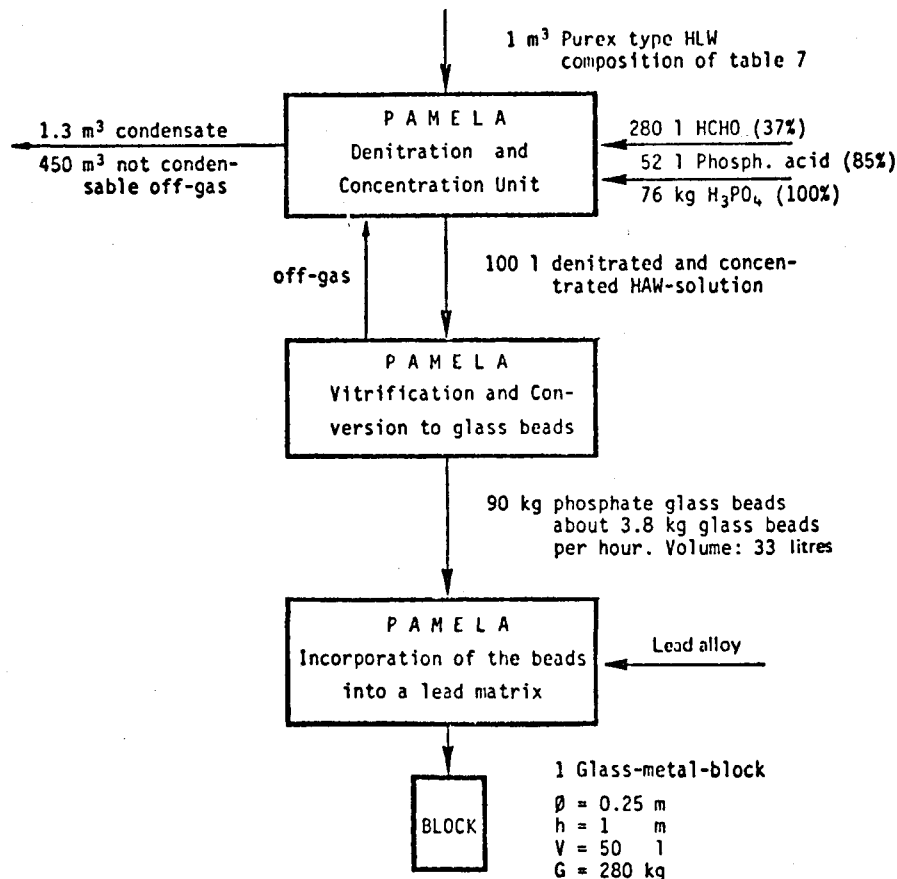
## 2.2 Eurochemicin nestemäisen keskiaktiivisen jätteen bitumointilaitos ja bitumoidun jätteen varasto (Mr. Sterner)

- Polttoaineen jälleenkäsittelyssä syntyneet nestemäiset keskiaktiiviset jätteet on v. 1966 alkaen varastoitu laitospaikalle jäädyttämättömiin teräs-säiliöihin. Varastoinnin turvallisuuden vuoksi on nämä jätteet päätetty kiinteyttää bitumiin ja varastoida laitospaikalle tynnyreissä.
- Ensi vaiheessa suoritetaan jätteen kemiallinen esikäsittely, jonka tarkoituksena on saattaa eräät nuklidit (mm. Cs ja Sr) vaikealiukoiseen muotoon.
- Esikäsittelystä saatu liete sekoitetaan bitumin kanssa homogeeniseksi tuotteeksi samalla haihduttaen jätteen sisältämä vesi. Sekoituslaitteisto on neliruuvinen ekstruuderi tyyppiä VDS-83, Werner & Pfleiderer. Sekoituslämpötila on 140...200<sup>o</sup> C, saatu tuote sisältää n. 45 p-% kiinteitä aineita ja 55 p-% bitumia. Tuote valetaan 220 l normaalitynnyriin, joka täytetään 80 %: sti mahdollisen radiolyysiturpoamisen varalta. Tuotteen keskimääräinen ominaisaktiivisuus on alle 1 Ci/l ja tynnyrien pinta-annosnopeus saattaa olla useita satoja rem/h. Laitteiston kapasiteetti on n. 2800 tynnyriä vuodessa (650 m<sup>3</sup>/a).
- Bitumoitu jäte kuljetetaan automaattisesti lähistölle rakennettuihin ja rakennetteviin betonivarastoihin (ä 64 m x 12 m x 8 m). Jokaiseen varastoon voidaan varastoida n. 5000 kpl tynnyreitä mikä vastaa kahden vuoden bitumointikapasiteettia. Eurochemicissa varaudutaan ainakin 50 v väliaikaisvarastointiin ennen jätteen lopullista sijoitusta.
- Turvallisuusnäkökohdat oli otettu laitosta suunniteltaessa hyvin huomioon. Säteilyturvallisuuden vuoksi oli laitteet rakennettu betonisuojiin, prosessi ja kuljetus automatisoitu pitkälle, osa prosesseista alipaineistettu sekä järjestetty tehostettu ilmastointi ja säteilyntarkkailu. Konventionaalisen turvallisuuden ja kontaminoitumisvaaran kannalta merkittävin tekijä on bitumin palo- ja räjähdysvaara prosessissa, se on pyritty eliminoimaan noudattamalla tarkkoja seossuhteita ja 280<sup>o</sup> C maksimilämpötilaa.
- Laitteiston kemiallinen puoli toimii tyydyttävästi, mutta mekaanisessa puolessa on esiintynyt vaikeuksia. Prosessointi aktiivisella jätteellä on tarkoitus aloittaa huhtikuussa 1977.
- Bitumointilaitoksen hinnaksi arvioitiin n. 20 milj. mk ja yhden betonivaraston hinnaksi n. 10 milj. mk.

### 2.3 Korkea-aktiivisen jätteen lasitustutkimus Eurochemicissa (Mr. van Geel)

- Eurochemicissa on yhteistyössä Gelsenberg AG:n kanssa kehitelty ns. PAMELA-prosessia korkea-aktiivisen jätteen lasitusmenetelmänä. Prosessin vaiheet ovat seuraavat (kuva 1):

- jätteen konsentrointi ja nitraattien poisto
- jätteen kiinteytys fosforilasiin ( $1000^{\circ}\text{C} \dots 1200^{\circ}\text{C}$ ) pieniksi lasihelmiksi (halk. n. 5 mm)
- kaasunpoisto
- lasihelmien sulkeminen metallimatriisiin (esim. lyijy)
- lasitustuotteen sulkeminen teräslieriöön (halk. 25 cm, kork. 1 m).



Kuva 1. PAMELA-lasitusprosessin periaate

- Vaihtoehtoisena menetelmänä kehitellään jätteen kiinteytystä keraamiseen materiaaliin (alumiinifosfaatti). Muutoin prosessi on samankaltainen. Lopullinen menetelmä valitaan myöhemmin saatujen kokemusten pohjalta.
- Yhteen kiinteytystuotesylinteriin voidaan sisällyttää jätemäärä, joka vastaa 1 t käytettyä polttoainetta (33000 MW d/t)
- PAMELA-kiinteytystuotteen hyviä ominaisuuksia ovat hyvä lämmönjohtavuus, hyvä säteilynkestävyys ja säteilysuoja, hyvä korroosionkestävyys ja pieni eluutio, hyvä mekaaninen kestävyys sekä hyvät kuljetusominaisuudet.
- Mr. van Geel kritisoi HARVEST prosessia mainitsemalla huonoina puolina sen lasitustuotteen huonon lämmönjohtavuuden sekä huonon mekaanisen kestävyuden. Lisäksi PAMELA-tuotteeseen voidaan sisällyttää neljä kertaa niin paljon aktiivisuutta tilavuusyksikköä kohti kuin HARVEST-tuotteeseen.
- Prosessien välisiä kustannuseroja Mr. van Geel ei pystynyt suoralta kädeltä arvioimaan; totesi kuitenkin, että PAMELA-prosessi on monimutkaisempi ja siksi ilmeisesti jonkin verran kalliimpi.
- PAMELA-tuotetta tarvitsee jäähdyttää n. 5 v, jonka jälkeen se voidaan lopullisesti sijoittaa. PAMELA-tuotteen katsotaan soveltuvan hyvin maaperään sijoittamiseen. Myös Eurochemic katsoo, että lopullisesta sijoituksesta vastaa jätteen tuottajamaa.
- PAMELA-prosessia on tarkoitus tutkia edelleen pilot-plant asteella ainakin 5 vuotta, jonka jälkeen täyden mittakaavan laioksen rakentaminen tulee kysymykseen.

## 3. SAADUT JULKAISUT

- Corbet A.D.W., "A high level waste management scheme for Ocean disposal", paper in AERE Symposium 3-4 Nov 1976
- Grimwood P.D., et al., "Assessment of the radiological protection aspects of high-level waste on the sea bed", National Radiological Protection Board, Harwell, June 1976
- Corbet A.D.W., "Problems in the design of specification of containers for vitrified high-level liquid waste", paper in the conference Management of radioactive waste from the nuclear fuel cycle, Vienna 1976
- Franklin N.L., "Irradiated fuel cycle", paper in European Nuclear Conference, Nuclear Energy Maturity, Paris 21-25 April 1975
- Green A.E., "The systems reliability service and its generic techniques", reprint from IEEE transactions on reliability Vol R-23 No 3 August 1974, pp. 140-147
- van Geel J., et al., "Solidification of high-level liquid wastes to phosphate glass metal matrix blocks", reprint from conference Management of radioactive wastes from the nuclear fuel cycle, Vienna 1976
- Barendregt T.J., et al., "Conception of the Eurochemic reprocessing installation". Eurochemic, May 1968
- Eschrich H., "The bituminization of radioactive waste solutions at Eurochemic", paper at the seminar on the bituminization of low & medium level radioactive wastes, Antwerpen 18-19 May 1976
- Balseyro-Castro M., "Storage facility for solid medium level waste at Eurochemic" paper at the seminar on the bituminization of low & medium level radioactive wastes, Antwerpen 18-19 May 1976

G. JORDANIN ESITELMÄ RISLEYSSÄ AIHEESTA "STRUCTURAL INTEGRITY,  
QUALITY ASSURANCE PROCEDURES, MARSHALL REPORT - ASSESSMENT OF INTEGRITY  
OF PWR PRESSURE VESSELS"

Esitelmän alussa luotiin katsaus reaktoriturvalli-  
suuteen ja nk. Farmerin kriteerin aiheuttamiin  
ydinvoimalaitosten rakenteiden kestävyysvaatimuksiin.  
Reaktoripaineastian osalta tämä merkitsee vakavan  
murtuman esiintymistodennäköisyyden pitämistä  
suuruusluokaltaan  $10^{-6}$  l/a. Ydinvoimalaitoksen  
keskeisten paineastioiden luotettavuuden arvioimisen  
on osaltaan perustuttava tavanomaisista paine-  
astioista saatuun kokemuseräiseen tietoon. Tähän  
tietoon täytyy liittää laadunvarmistuksen vikautumis-  
todennäköisyyttä pienentävä vaikutus. Esitelmöitsijä  
käsittelikin seuraavaksi vastaavista konventio-  
naalisista paineastioista 8 eri selvityksessä  
saatuja vikautumistietoja. Selvitykset käsittivät  
 $4,72 \times 10^6$  paineastian käyttövuotta, jonka sisällä  
oli tapahtunut 9 vakavaa repeämismurtumaa. Aineiston  
perusteella po. vakavan vian vikataajuuden arvioitu  
95 % yläraja on  $3,34 \times 10^{-6}$  l/a. Yleensä paineastia-  
vikojen suurin aiheuttajaryhmä on ollut särön-  
kasvu (esiintymisajankohdasta riippuen ~ 85...90 %  
osuudella). Paineastian käyttöiän alussa (0...5 a)  
seuraavaksi tärkeimmät ovat piilevät valmistusviat  
ja virheoperoinnit (~ 7...8 % osuudella). Myöhemmin  
(5...10 a) virheoperointi tulee suuremmaksi vian  
aiheuttajaksi kuin valmistusviat. Virumisella ja  
korroosiolla on myös merkitystä paineastiavikojen  
kannalta.

Toisena osa-aiheena käsiteltiin särön epästabiilia  
kasvua ja mahdollisuuksia estää tästä syytä tapah-  
tuvat murtumat. Eri tilanteissa stabiilisuus on  
tarkastettavissa joko materiaalin laadunvalvonnalla  
tai rakenteen tarkastuksilla. Luotettavuutta arvi-  
oitaessa on otettava huomioon mittausmenetelmät ja  
mittausten varmistaminen eri tavoin tehdyin vertailu-  
mittauksin sekä ainetta rikkomattomien tarkastus-  
menetelmien rajoitukset. Edelleen luotettavuuteen  
vaikuttaa turvallisuusanalyysien riippumattomuus  
valmistuksen painostuksesta. Tärkeää on myös säröjen  
kasvunopeuksien tunteminen niissä PWR- ja BWR-olo-  
suhteissa, joissa särön kasvunopeus saattaa olla  
tavallista suurempi.

Loppuosa esitelmää keskittyi kuluvaan vuoden lokakuun  
1 päivänä julkaistuun tutkimukseen, jonka yhteen-  
vetoraportti

"An assessment of the integrity of PWR  
pressure vessels", Report by a Study  
Group under the chairmanship of Dr. W. Marshall

on saatavissa hintaan £ 3,50 net H.M. Stationary  
Officesta. Raportin esittelemä tutkimus on tehty,

koska vuonna 1973 käynnistyi Yhdistyneessä Kuningaskunnassa depatti painevesireaktoreiden ottamisesta Kuningaskunnan ydinenergiaohjelmaan. Tällöin nousi yhdeksi keskeiseksi asiaksi reaktoripaineastian luotettavuus, jota selvittämään Sir John Hill UKAEA:n puheenjohtajana asetti Dr. W. Marshallin tutkimusryhmän. Tutkimuksen mukaan reaktoripaineastian vakavan repeämismurtuman todennäköisyys olisi käytön alussa  $\leq 10^{-6}$  1/a ja  $< 10^{-4}$  hätäjähdytyksen käynnistymistä kohden. Arvo  $10^{-6}$  1/a vastaa em. Farmerin kriteeristä johdettua turvallisuusvaatimusta. Raportin johtopäätöksissä ja suosituksissa kiinnitetään huomiota mm. paineastian luotettavuuden riippuvuuteen iästä, hätäjähdytyksen aiheuttamiin lämpöshokkeihin, särön kasvuun, hitsaukseen, laadunvarmistukseen ja luvitusmenettelyihin. Tutkimusryhmä suosittelee laadunvarmistustoiminnan ja siihen liittyvien tarkastusten lisäämistä standardeihin ASME Code Section III ja XI verrattuna. Näiden aiheuttamat lisäkustannukset paineastioidella ovat suuruusluokkaa 5 %. Laadunvarmistuksen lisätoimenpiteitä tarvitaan, koska englantilaiset eivät ole valmiita hyväksymään sellaisenaan amerikkalaisella tekniikalla valmistettuja paineastioita. Kaikkiaan tutkimukseen liittyy 65 suositusta. Tutkimuksella tulee olemaan merkitystä maan tuleville ydinvoimalaitosten tyyppi-  
valinnoille.



UKAEA:n puheenjohtaja Sir John Hillin esitelmästä

Maanantaina 1.11. esitelmöi United Kingdom Atomic Energy Authorityn (UKAEA) puheenjohtaja Sir John Hill British Nuclear Society (BNES) kokouksessa Risleyn tutkimuskeskuksessa. Tätä esitelmää ja sitä seurannutta keskustelua olivat seuraamassa myös ATS:n ekskursion osanottajat. Tiivistelmänä Sir Johnin aiheista "The world energy situation" ja "The particular difficulties of nuclear power" mainittakoon seuraavaa.

Yhdysvaltojen osuus maailman energiataloudessa on hallitseva ja sen ratkaisut vaikuttavat laajasti muuhun maailmaan. Sen osuus energian kulutuksesta on n. 35 % ja tuotannosta n. 25 %. Yhdysvaltojen öljyntuotannon huippu 9 MBD (miljoonaa tynnyriä päivässä) saavutettiin v. 1970, se on nykyisin n. 8 MBD ja laskee 4 %:n vuosivauhdilla. Vastaavasti maakaasun tuotannon huippu saavutettiin v. 1972, jonka jälkeen tuotanto on laskenut jo 15 %. Energian tuonti on vastaavasti kasvanut niin, että öljyn tuonti v. 1972 kattoi 30 % kulutuksesta ja nykyisin 45 %. Nykyinen tuonti on n. 7 MBD ja kasvaa n. 1 MBD vuodessa.

Vertailuna todettakoon, että Pohjanmeren öljyn huipputuotanto tulee olemaan n. 1.5 MBD ja Alaskan huipputuotanto n. 1.2 MBD. Alaskan öljyn arvioidut kokonaisvarat ovat  $10-12 \times 10^9$  tynnyriä eli Yhdysvaltojen kahden vuoden kokonaistarvetta vastaava määrä. Maailman kulutusta tarkasteltaessa vastaavat Pohjanmeren ja Alaskan öljyvarat yhteensä vain n. 18 kuukauden tarvetta.

Maailman öljyntuotannon huippu saavutetaan viimeistään v. 1990, jota seuraa öljyn kohdalla tarjonnan ylittävä kysyntä. Mahdolliset tuotantorajoitukset tuovat tämän tilanteen eteemme aikaisemmin.

Uusien öljykenttien kehittäminen on tullut kalliimmaksi. V. 1960 maksoi tuotantokapasiteetin lisäys Teksasin kentillä \$500/BD (tynnyriä päivässä) kohti, ja Arabian niemimaalla vain \$100/BD. Vastaavat kustannukset ovat Pohjanmerellä \$3000-5000/BD ja Alaskassa \$12000/BD. Tuotantokustannukset

ovat Lähi-idässä edelleen n. \$0.25/B mutta Pohjanmerellä jo \$7/B. Öljyä korvaavien liuske- ja hiekkaöljykenttien (shale oils, tar sands) hyödyntäminen tulee kannattavaksi vasta \$25-30 tynnyrihinnoilla.

UK:n (United Kingdom) kohdalla energiatilanne näyttää hetkellisesti valoisalta. On löydetty uusia laajoja kivihiilikenttiä, öljyntuotanto Pohjanmereltä ylittää oman kulutuksen v. 1980-1990 välillä ja Englannin eteläpuolella olevat kaasukentät tulevat tuottamaan v. 1979 n. 10 MTOE/A (miljoonaa tonnia öljykvivalenttia vuodessa) eli n. 10 GWe tehon, mikä vastaa esim. liikenteen kokonaiskulutusta UK:ssa. Tässä tilanteessa on UK:lla useita energiapoliittisia vaihtoehtoja tarjolla.

Maailman öljytilanteessa on odotettavissa tarjonnan niukkuutta ja alkaneen talven aikana. OPECin tuotantorajoitukset ja erimielisyyksistä aiheutuva hajoaminen ovat mahdollisia. Nykyinen \$11/B öljyn hinta nousee 10-12 % vuoden vaihteessa ja jatkuvaa nousua on odotettavissa aina korvaavien lähteiden kustannustasolle \$30/B asti. Kivihiilen hinta todennäköisesti seuraa öljyn hinnan kehitystä.

Tämän tilanteen valossa ovat useat maat kasvattaneet ydinenergiakapasiteettiaan, nimenomaan Ranska, joka tähtää 30-40 GWe kapasiteettiin öljyn korvaamiseksi sähköntuotannossa. Myös Saksan Liittotasavallassa on nopeasti etenevä ohjelma.

UK:ssa ydinenergian laajennusta hidastavat useat seikat. Installoitu kapasiteetti n. 60 GWe ylittää 50 %:lla nykyisen 40 GWe kysynnän. Sähkön kulutus kasvaa nykyisin hitaasti jos lainkaan, ja taloudellisuus on arvioitava lähinnä öljyn korvaamisen perusteella. UK:n energiapolitiikka ei tähtää öljyn nopeaan korvaamiseen, vaikka se olisikin UKAEA:n suosituksen mukaista.

Ydinenergiatilannetta UK:ssa monimutkaistaa myös reaktorityypin valinnan vaikeus. Vaihtoehtoina ovat AGR-ohjelman (Advanced Gas-cooled Reactor) laajentaminen, SGHWR-ohjelman (Steam Generating Heavy Water Reactor) käynnistäminen tai PWR-ohjelman (Pressurized Water Reactor) käynnistäminen amerikkalaisten lisenssien turvin. Ydinenergia-asiantuntijoiden jakaantuminen näiden välillä on johtanut umpikujaan, jossa mitään ratkaisua ei ole helppo tehdä. UKAEA:n puheenjohtaja vetosi väittelyn rajoittamiseksi asiantuntijoiden väliseksi, ja ehdotti ratkaisun jättämistä poliitikkojen tehtäväksi lähtötilanteessa, jossa kaikki tyypit katsotaan riittävän turvallisiksi

ja ratkaisu perustuu siten taloudellisille ja omavaraisuusargumenteille. AGR-ohjelma on jo käynnistynyt, mutta kärsinyt viivytyksistä, SGHWR-ohjelma ei ole prototyyppilaitosta lukuunottamatta käynnistynyt ja alkaisi esimerkiksi ulkomaista markkinointia ajatellen hyvin myöhöön. PWR-tilannetta ovat kauppapoliittisten seikkojen ohella (tai niihin epäsuorasti liittyen) vaikeuttaneet paineastian murtumismahdollisuuteen liittyvät riskitekijät, joiden uudelleen arviointi oli hiljattain UK:ssa korkeatasoisen Marshall-komitean työn kohteena.

UK:n hyötöreaktoreiden kehitystyö on myös kärsinyt viivytyksistä. Kuitenkin tulisi tähdätä kaupallisen n. 1200 MWe:n prototyyppilaitoksen konstruktion 1980-luvun lopulla, koska hyötöreaktoreita tullaan tarvitsemaan ennen vuosisadan loppua. Myös mahdollinen yhteistyö Ranskan ja Länsi-Saksan kanssa tällä alueella edellyttää tasavertaista panosta niiden kanssa. Rahoitusjärjestelyinä suositellaan sellaista, jossa valtio maksaa termisen reaktorin kustannukset ylittävän osan voimantuottajien maksaessa niitä vastaavan osan. Nopeiden reaktorien kehitystyö edellyttää myös polttoainekierron nopeaa täydentämistä jälleenkäsittelyn ja plutoniumin käsittelyn osalta.

Ilari Aro  
Kalle Lackman  
11.11.1976

1(3)

HEYSHAM-AGR

Heysham on kaksiyksikköinen AGR-laitos, 666 MWe/yksikkö, jossa termien hyötysuhde (netto) on 41,2 %. Reaktori primääripiireineen on esijännitetystä betonista tehdyssä paineastiassa. Polttoaineena käytetään rikastettua (1,4...2,6 %)  $UO_2$ :ta, moderaattorina grafiittia ja jäähdytteenä  $CO_2$ :tä. Laitoksen rakenne, periaatekaaviot, toimintaperiaate ja tekniset tiedot ilmenevät liitteestä 1. Liitettä 1 täydentäen voidaan laitoksen rakenteesta tehdä seuraavat havainnot:

- Polttoainetta vaihdetaan jatkuvasti; reaktorisydämen 2600 elementistä (elementissä 36 sauvaa ja elementtejä 8 kpl päällekkäin polttoainekanaavassa) vaihdetaan 24 kpl viikottain siten, että poistettava elementti otetaan sydämen sisäosista ja uusi elementti sijoitetaan sydämen laitaosiin. Elementtien vaihto ei edellytä säätösauvatoimenpiteitä.
- Polttoaine-elementtien jatkuvan vaihtomahdollisuuden takia vioittuneet elementit kyetään vaihtamaan välittömästi. Valvomossa ei ole jäähdytteen aktiivisuutta osoittavia laitteita. Aktiivisuuden mittaus tapahtuu passiivisesti jonkinlaisella polttoainekanaavassa olevalla lankasysteemillä, jolla kyetään havaitsemaan yksittäinen reikä sauvassa. Korroosiotuotteita ei oleteta olevan. Jäähdytteen aktivoitumistuotteita ovat lyhytikäiset N-16, O-19 ja erittäin pitkäikäinen C-14 (5700v).
- Grafiitti reagoi kuumetessaan  $CO_2$ :n kanssa muodostaen CO:ta, minkä takia grafiittia jäähdytetään sydämen yläpuolelta tulevalla jäähdytevirralla. 60 % virtauksesta johdetaan sydämen ulkopuolelta sen yläosaan ja 40 % polttoainekanaaviin.
- Reaktori huolletaan kerran kahdessa vuodessa, jolloin joudutaan huoltamaan circulaattorin moottori ja mahdollisesti säätösauvat (latauskoneen avulla). Höyrykehittimet eivät tarvitse huoltoa.  $CO_2$ :sta syntyvä happi ja sekundääripiirin huono vesikemia saattavat johtaa höyrykehittimen korroosio-ongelmiin.
- Turbiini on tavallinen fossiilisia polttoaineita käyttävällä laitoksella käytettävä. Ainoa muutos on matalapaineosan siipien hieman suurempi pituus ja vahvistukset siipien reunassa eroosiota vastaan. Lauhdutin sijaitsee turbiinin vieressä sen molemmin puolin.

- Laitoksella käytetään klooria lauduttimen merivesipuolen puhdistukseen sekä leväkasvuston ehkäisemiseen.
- Molemmille laitoksyksiköille on yhteinen varavoimälähde: 4 kaasuturbiinia.
- Molemmille laitoksyksiköille on yhteinen valvomo ja yhteinen varatietokone.
- Laitoksella käytetään tietokonesäätöä. Laitos ajetaan ylös tietokoneella, käyttäen 10...20 askelta siten, että tietokone suorittaa säädöt kussakin askeleessa ja operaattori päättää seuraavaan askeleeseen siirtymisestä. Suojausjärjestelmä valvoo tietokoneen toimintaa. Hälytyksen tullessa analysoi tietokone tapauksen ja ilmoittaa syyn hälytykseen sekä ajo-ohjekirjan sivunumeron toimenpiteiden jatkamiseksi näyttöpäätteelle. Kustakin mitattavasta suuresta saadaan haluttaessa näyttöpäätteelle aikahistoria.
- Suojausjärjestelmässä toteutetaan 2/3-logiikkaa, joissakin tapauksissa jotakin muuta, esim. tyyppijärjestelmässä (häätäsammutusjärjestelmä) 4/6-logiikkaa.
- Reaktorilla on kolme erillistä sammutusjärjestelmää: normaali sauvojen pudotus gravitaation voimalla, typpisammutusjärjestelmä (typpi on hyvä neutroniabsorbaattori) sekä boorikuulat, jotka voidaan pudottaa reaktoriin.
- Reaktorin hätäjähdytys tapahtuu puhdistetun veden avulla, jäähdytysputket kulkevat reaktoriin piiriä päällystävän SS-levyn ja betonin välissä. Merivesipuolella on erilliset pumput hätäjähdytyspiirejä varten.

Laadunvarmistusjärjestelyistä Heyshamissa vastaa erillinen laadunvarmistusosasto, jonka vahvuus tutustumishetkellä oli neljä henkilöä. Laadunvarmistusosaston tehtäviin kuuluu varmistaa, että hankinnat, valmistus, kuljetus ja asennukset suoritetaan asetetut määräykset täyttäen sekä noudattaen kustakin erillistehtäväsistä annettuja ohjeita. Laadunvarmistusosastossa on laadittu laadunvarmistuskäsikirja sekä laadunvarmistukseen liittyviä ohjeita ja tarkistuslistoja, jotka ovat asiakirjan aihepiiriin kuuluvien henkilöiden käytössä.

Komponenttien ja muiden kohteiden laadunvalvonnan suorittavat tarkastuksiin ja testauksiin erikoistuneet

valvojat. Tutustumiskierrokselta voidaan mainita seuraavia yksityiskohtia:

Primääripiiri on kokonaisuudessaan esijännitetyn betonisen paineastian sisällä ja tämän osan valvonta käytön aikana tapahtuu pääasiallisesti erimittapisteistä, joissa mitataan lämpötiloja, paineita ja jännityksiä sekä suorittamalla TV-valvontaa. Mikäli esiintyy tarvetta, on mahdollista nostaa höyrynkehitin kokonaisuutena ylös, mutta se on suuri ja hankala toimenpide. Reaktorirakennuksessa on suunnittelumuutosten johdosta jouduttu tekemään muutoksia m.m. putkilinjoissa, ja huomattava osa putkistoista oli jouduttu ottamaan alas ja ripustamaan uudelleen. Turbiinilaitoksen toteutuksessa noudatetaan lähinnä konventionaalisessa rakentamisessa opittua käytäntöä. Myös eräiden sähkökaappien sijoitus turbiinilaitoksen alakertaan kiinnitti huomiota, koska siellä lämpötilan ja kosteuden hallinta kaappien edellyttämissä rajoissa saattaa myöhemmin muodostua hankalaksi.

**DESIGNER AND CONTRACTOR**  
Nuclear Power Company (Whetstone) Ltd.

**OWNER OPERATOR**  
Central Electricity Generating Board

**LOCATION**  
Heysham, Morecambe, Lancs.

**TYPE**  
Advanced Gas-cooled Reactor.

**CONSTRUCTION SCHEDULE**  
Site work started: October 1970

**CAPACITY**  
Gross electric output: 2 x 666 MW(e)  
Net electrical output: 2 x 622 MW(e)  
Net thermal efficiency: 41.2%

**FUEL ELEMENTS**  
Material: Hollow UO<sub>2</sub> pellets, stainless steel clad  
Type: 36 pin cluster in graphite sleeve  
Pin diameter (Pellet O.D.): 0.57 in. (14.48 mm)  
Inner sleeve diameter: 7.5 in. (191 mm)  
Element length: 41 in. (1041 mm)  
Number of elements per channel: 8  
Enrichment:  
Inner zone: first charge: 1.4%, feed 2.1%  
Outer zone: first charge: 1.6%, feed 2.6%

**CORES**  
Moderator or reflector material: Graphite  
Mean diameter of active core: 30.5 ft (9.3 m)  
Active core height, cold: 27 ft (8.2 m)  
Diameter of fuel channel: 10.625 in (269.9 mm)  
Number of fuel channels: 324  
Diameter of control rod channel: 4.5 in (114 mm)  
Number of control rod channels: 81  
Lattice pitch (square): 18.0 in (457.2 mm)

**REACTORS**  
Reactor heat: 1,510 MW(t)  
Reactor gas inlet temperature: 287 C  
Mean channel gas inlet temperature: 318 C  
Mean channel gas outlet temperature: 651 C

Total gas mass flow at reactor outlet: 7,965 lb/sec (3,613 kg/sec)  
Reactor coolant: CO<sub>2</sub>  
Weight of uranium: 120 tonnes per reactor  
Mean fuel rating including graphite heat: 12.5 MW(t)/TeU  
Discharge irradiation: 18,000 MWd/TeU

**PRESSURE VESSELS**  
Material: Concrete, re-inforced and prestressed, lined with mild steel  
Internal diameter: 43 ft (13.1 m)  
Internal height: 60 ft (18.3 m)  
External diameter: 85 ft (25.9 m)  
External height: 96 ft (29.3 m)  
Design gas pressure: 644 psig (45.3 kg/cm<sup>2</sup>)

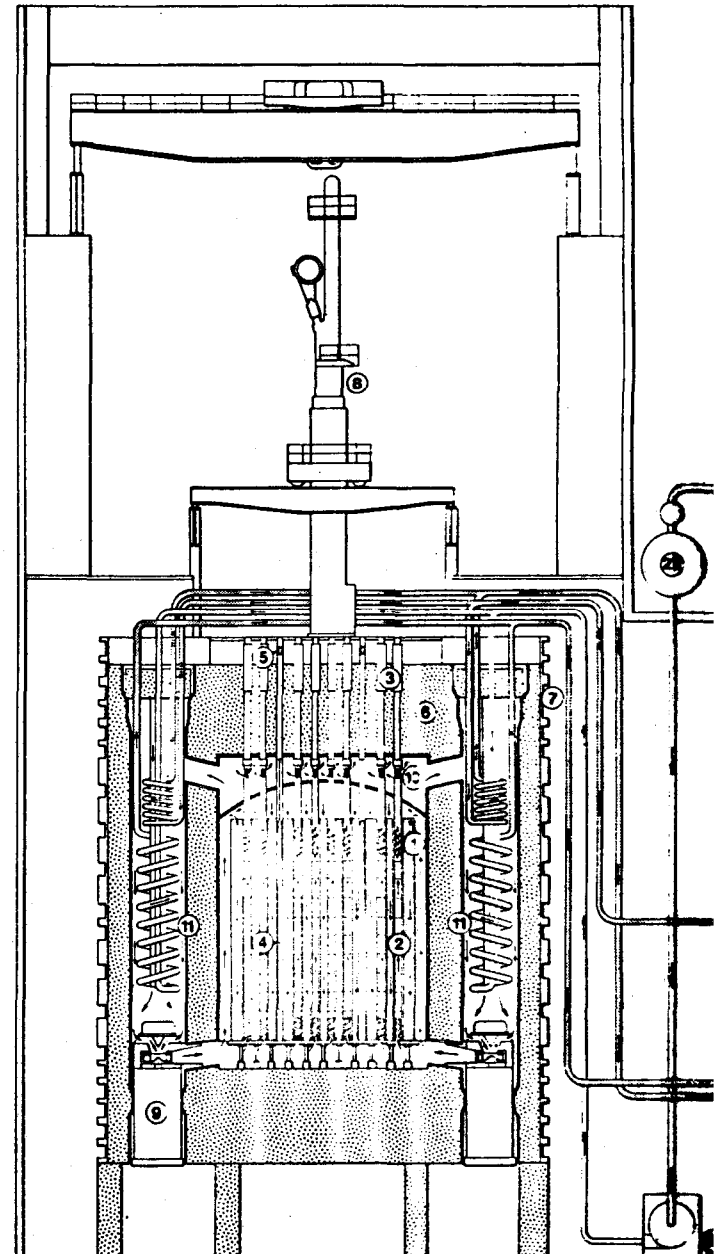
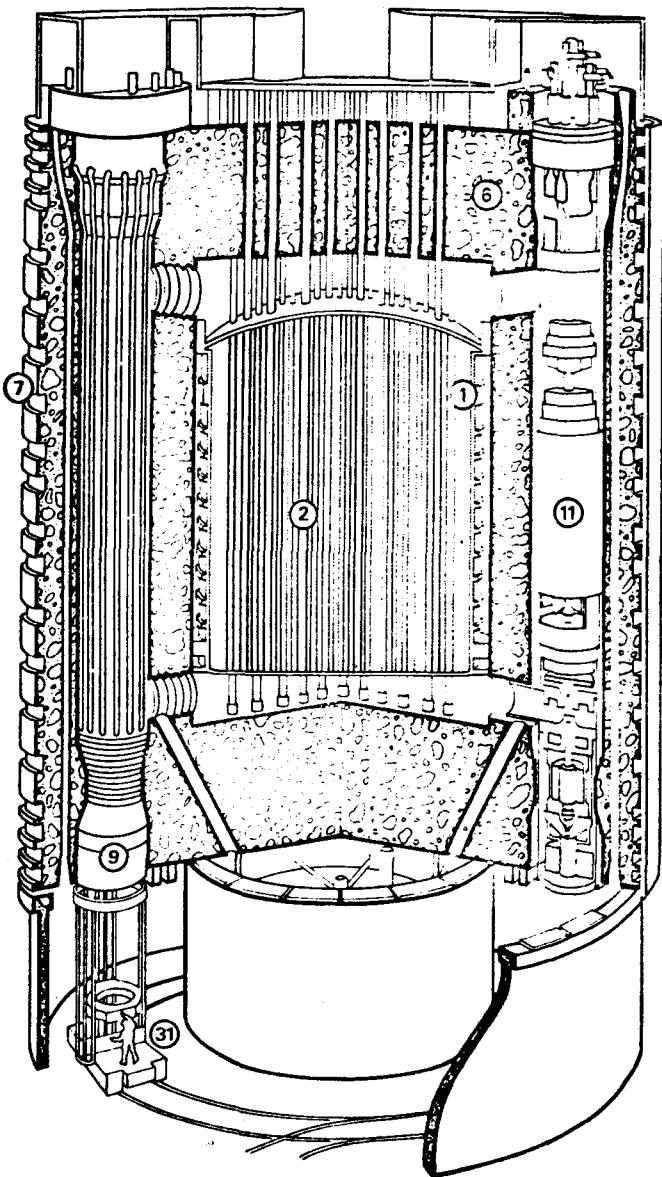
**CIRCULATORS**  
Type: Centrifugal with integrated canned motor  
Drive: Constant speed electric motor  
Flow control: Variable guide vane  
Speed: 2,970 rev/min  
Gas pressure at circulator outlet: 600 psia (42.2 kg/cm<sup>2</sup>abs)  
Gas temperature at circulator outlet: 287 C  
Motor input power: 38.2 MW(e) per reactor  
Number of circulators: 8 per reactor

**BOILERS**  
Type: Helically wound, integrally finned pod boiler  
Number of pod units per reactor: 8  
Gas inlet temperature: 642 C  
Gas outlet temperature: 278 C  
Heat transferred to steam per reactor: 1,530 MW(t)  
Superheater outlet header pressure: 2,485 psia (174.7 kg/cm<sup>2</sup>abs)  
Superheater outlet temperature: 543 C  
Steam generation per reactor: 1,072 lb/sec (486 kg/sec)  
Reheater inlet header pressure: 609 psia (42.8 kg/cm<sup>2</sup>abs)  
Reheater inlet temperature: 343 C  
Reheater outlet header pressure: 571 psia (40.1 kg/cm<sup>2</sup>abs)  
Reheater outlet temperature: 539 C  
Reheater steam flow per reactor: 972 lb/sec (441 kg/sec)

**TURBINE GENERATORS**  
Gross electrical output: 666 MW(e)  
HP cylinder TSV pressure: 2 315 psia (162.8 kg/cm<sup>2</sup>abs)  
HP cylinder TSV temperature: 538 C  
IP cylinder TSV pressure: 543 psia (37.4 kg/cm<sup>2</sup>abs)  
IP cylinder TSV temperature: 538 C  
Mean condenser vacuum: 28.79 in Hg (731 mm Hg)  
Final feed water temperature: 157 C  
Power factor: 0.86

1. Reactor Core
2. Fuel Element Assemblies
3. Fuel Plug Units
4. Control Rods
5. Control Rod Electric Motors
6. Pre-stressed Concrete Pressure Vessel
7. Circumferential Troughs
8. Fuelling Machine
9. Gas Circulators
10. Gas Control Gags
11. Boilers (8)
12. High Pressure Turbine
13. Intermediate Pressure Turbine
14. Low Pressure Turbines
15. Condenser
16. Turbine Extraction Pumps
17. Condensate Polishing Plant
18. Turbine Extraction Condenser
19. T.E.C. Extraction Pumps
20. Direct Contact Heaters
21. D.C. Heater Extraction Pumps
22. Deaerator
23. Boiler Feed Pumps
24. Rotary Drumscreens
25. C.W. Pumps
26. Alternator Rotor
27. Alternator Stator
28. 23.5kV Circuit Breaker
29. Generator Transformer
30. Station Auxiliary Supplies
31. Gas Circulator Trolley

### Advanced Gas-Cooled Reactor





# Nuclear Power at Heysham

An advanced gas cooled reactor (AGR) and its associated turbo-alternator are shown in the diagrams. Heysham has two such units.

The reactor consists of a core (1) of graphite blocks containing vertical channels. 324 of the channels are designed to contain the fuel element assemblies (2) and their associated fuel plug units (3). 81 channels are provided for boron steel control rods (4) which absorb neutrons and are raised and lowered by electric motors (5). In the event of power failure, the rods will fall into the reactor under the action of gravity.

Some of the free neutrons produced by the enriched uranium in the fuel collide with the nuclei of other fissile uranium atoms. These nuclei disintegrate giving rise to further free neutrons and heat.

The reactor is contained within a pre-stressed concrete pressure vessel (6) which also acts as a biological shield. The vessel is pre-stressed by a continuous steel wire winding in each of 34 circumferential troughs (7) and by longitudinal steel tendons. The stressing is monitored and can be increased if necessary. The concrete is water-cooled and its interior is steel-lined. It is also protected from excessive temperatures by a system of insulation attached to the steel liner.

After the fuel has spent a long period in the reactor, its neutron activity diminishes and it is necessary to replace it. The refuelling is carried out one channel at a time, by a fuelling machine (8) operating over the top of the reactor. This machine may also be used for replacing control rods when routine maintenance is being carried out, and it is used whilst the reactor is operating at full load.

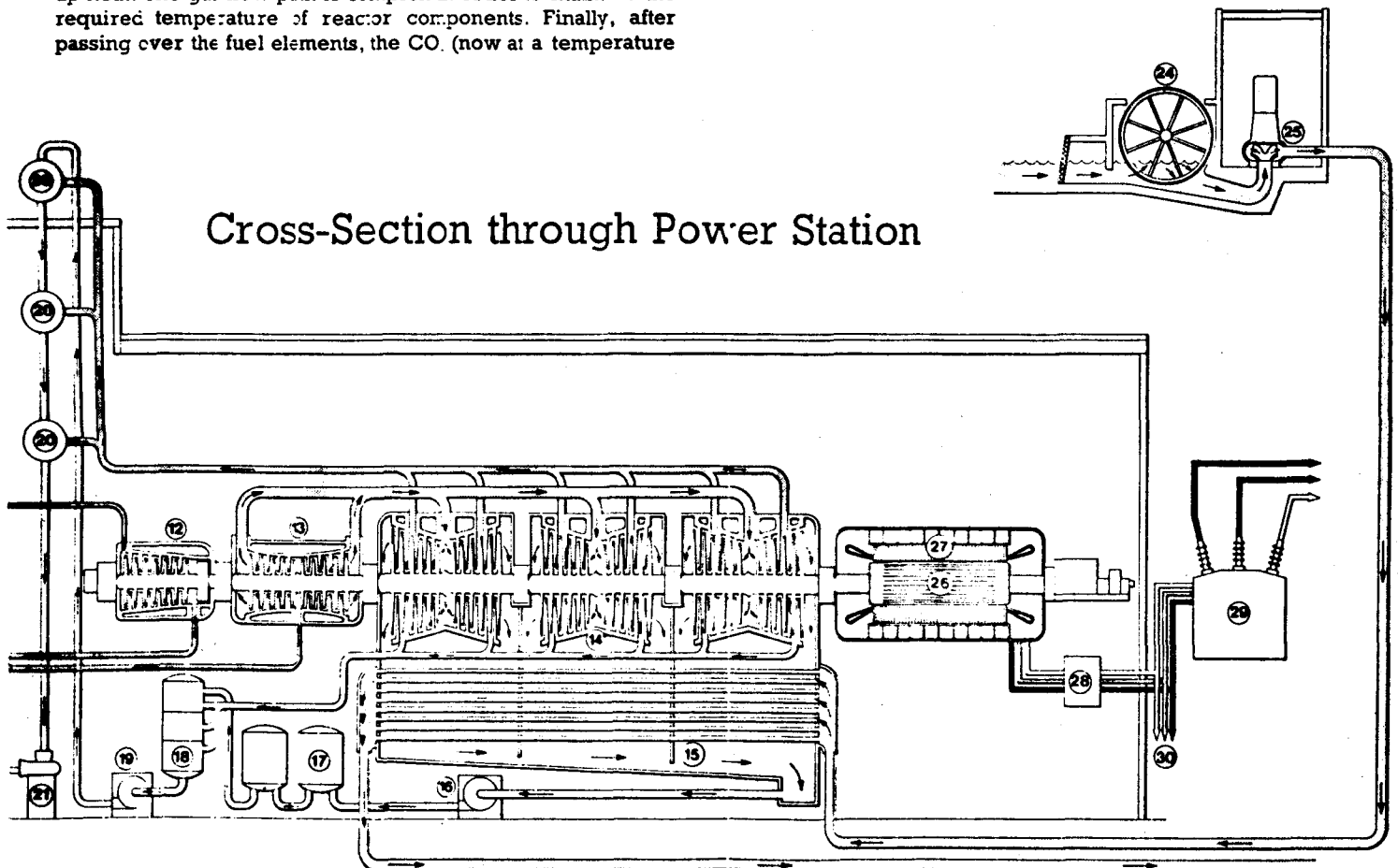
Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) gas at a pressure of 40 bar (approximately 600 lb/in<sup>2</sup>) is circulated by eight electric motor-driven gas circulators (9) which blow the gas through the core to pick up heat. The gas flow path is complex in order to maintain the required temperature of reactor components. Finally, after passing over the fuel elements, the CO<sub>2</sub> (now at a temperature

of 639°C) flows via remotely controlled variable gags (10) to the eight boilers (11), which are enclosed within the concrete pressure vessel. Here the heat in the CO<sub>2</sub> is used to transform feed water into steam at 171 bar (almost 2800 lb/in<sup>2</sup>) and 543°C. After passing through the boilers, the gas again re-enters the core via the gas circulators and hence is totally contained within the pressure vessel throughout the whole of its circuit. Reactor power output is controlled by movement of the control rods and variation of the gas flow.

The steam passes via control valves to the high pressure turbine (12) from whence it is returned to the boilers for re-heating, prior to being fed to the intermediate (13) and three low pressure stages (14) of the turbine. Having exhausted its useful energy in turning the turbine at 3000 rev/min, the steam is condensed in a partial type condenser (15). The resulting condensate is pumped via the turbine extraction pump (16), condensate polishing plant (17), the turbine extraction condenser (18) and its associated extraction pump (19) to the direct contact heaters (20). From here it passes via the direct contact heaters extraction pump (21) to the deaerator (22) and the boiler feed pumps (23), which pump the condensate back to the boilers. Hence, the boiler feed water steam operates in a closed cycle, the components of which serve two purposes, viz the efficient use of the heat which was originally generated within the reactor and the maintenance of a very high degree of water/steam purity.

The steam in the condenser is turned to water by passing it over thousands of titanium tubes through which cold sea water (C.W.) flows at just under a quarter-million gallons per minute. The latter is taken direct from the sea adjacent to the station, passing via rotary drumscreens (24) to the four C.W. pumps (25). After passing through the condensers, the C.W. is returned to the sea via a separate channel. The increase in the sea water temperature by virtue of its passing through the system is only about 12°C.

The turbine is directly coupled to an alternator rotor (26) which is enclosed in a water-cooled stator (27). The alternator, whose interior is hydrogen-cooled, supplies 660 MW at 23.5kV through a circuit breaker (28) to a transformer (29) which feeds the output into the 400kV grid. Power supplies for the station (30) are taken off as shown so that, if the reactor is shut down at any time, the station's auxiliary plant may be supplied direct from the grid.



P. Kurikka, IVO  
M. Ojanen, VTT

## BRITISH NUCLEAR FUELS LIMITED

British Nuclear Fuels Limitedin (BNFL) Springfieldsin tehtaiden toiminta-alue selviää oheisesta kaaviosta (kuva 1). Vierailun aikana voitiin nähdä näistä työvaiheista suurin osa. Rikastetun  $UF_6$ :n takaisinkonversioon  $UO_2$ :ksi sekä polttoaine-elementtien rakennekomponenttien valmistukseen ei kuitenkaan tutustuttu.

BNFL:n tehtailla on n. 2000 työntekijää, joista 900--1000 on korkeamman tason toimihenkilöitä. Tehtaan käyttämä raaka-aine on uraanimalmien konsentraatteja. Heksafluoridituotanto on tällä hetkellä n. 9000 t  $UF_6/a$ . Tehtaan lopputuotteet ovat joko metallisia uraanipolttoaineita Magnox reaktoreille tai myös uraanidioksidipolttoaineita kevytvesi- ja kaasujäähdytteisille reaktoreille sekä SGHWR-reaktoreille. Myös nopeissa reaktoreissa käytettäviä köyhdytetystä uraanista tehtyjä hyötövyöhykkeen elementtejä valmistetaan. Kevytvesireaktoreiden polttoainetta on toistaiseksi valmistettu kuitenkin vain pieniä eriä lähinnä koetarkoituksiin.

Malmikonsentraatin ("yellow cake") käsittely aloitetaan liuotuksella typpihappoon, jolloin liuoksesta saadaan erotetuksi uranyl-nitraatti. Seuraavaksi suoritetaan uranyl-nitraatin denitraatio  $UO_3$ :ksi sekä konversio  $UO_2$ :n kautta  $UF_4$ :ksi "fluidised bed" -tyyppisillä prosesseilla. Rikastettavaksi tarkoitettu  $UF_4$  muutetaan fluorisointiprosessilla  $UF_6$ :ksi. Itse rikastus ei kuulu Springfieldsin tehtaiden toimialueeseen, vaan se tehdään joko BNFL:n Capenhurstin laitoksilla tai sitten rikastuspalvelut ostetaan Neuvostoliitosta tai Yhdysvalloista.

Magnox-reaktoreiden polttoaineeksi tarkoitettu  $UF_4$  muunnetaan magnesium-reduktiolla puhtaaksi uraanimetalliksi, joka valetaan tangoiksi. Lämpökäsittelyn jälkeen uraanimetallitangot työstetään lopullisiin mittoihinsa, jolloin niihin myös tehdään tangentiaalisia uria tasavälisesti sauvan pituudelta, paitsi sauvan päissä, joissa on kuusi kappaletta uria lähekkäin.

Uraanimetalliset sauvat työnnetään nk. magnox-seoksesta (magnesium-pohjainen seos) valmistettuihin suojakuoriin, joiden ulkopinnalla on tiheä suurihalkaisijainen rivoitus. Helium-täytön ja päätytulppien kiinnihitsauksen jälkeen myös magnox-suojakuori puristetaan ulkoisella paineella kiinteästi uraanimetallisauvaa vasten. Sauvoissa olevat urat, joihin magnox-suojakuori lommahtaa, estävät suoja-kuorta ja uraanimetallia hankautumasta toisiaan vasten lämpölaajenemisen myötä. Eri magnox-reaktoreiden sauvat poikkeavat toisistaan jossain määrin esim. kiinnitystukiensa osalta.

# B · N · F · L F U E L C Y C L E

WINDSCALE

SPRINGFIELDS

CAPENHURST

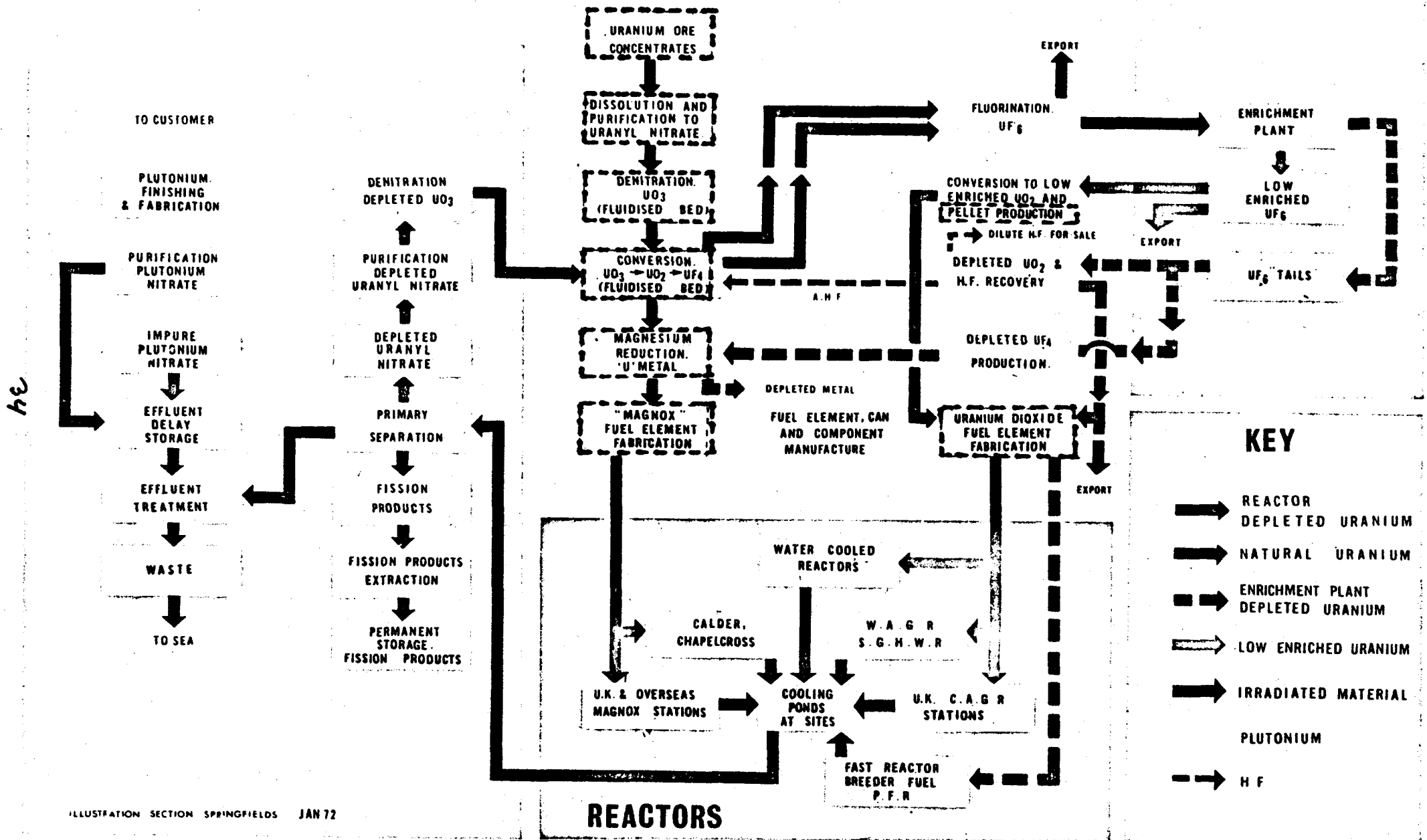


ILLUSTRATION SECTION SPRINGFIELDS JAN 72

REACTORS

Kuva 1 Vierailukohteet ympäristö pilkkuviivalla.

Kevytvesi- ja AGR-reaktoreiden polttoaineeksi tarkoitettun rikastetun  $UF_6$ :n takaisinkonversion  $UO_2$ :ksi jälkeen valmis  $UO_2$ -pulveri siirtyy polttoainenäppujen viimeiseen valmistusvaiheeseen, jolloin pulveri napeiksi puristuksen jälkeen sintrataan vetyatmosfääriuuneissa valmiiksi  $UO_2$ -polttoainenapeiksi. Automaattisia tietokoneohjattuja uuneja on käytössä kolme kappaletta. Sintrauslämpötila on  $1700^{\circ}C$ . Sintrauksen jälkeen napit hiotaan ("centreless grinding") lopullisiin dimensioihinsa  $SiO_2$  hiomalaikoilla. Nappien hionnan jälkeistä halkaisijaa mitataan jatkuvasti ja kun tietty halkaisijan arvo ylitetään suoritetaan hiomalaikkojen uudelleensäätö.

AGR-reaktoreiden polttoainenapeista 20%:lle hiotaan napin keskikohdalle tangentiaalinen ura, jonka tarkoituksena on pitää polttoainepatsas paikallaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuun suojakuoreen nähden. AGR polttoainesauvojen suojakuori on ulkoisella paineella puristettu kiinteästi polttoainepinoa vasten.

Hionnan jälkeen polttoainenapit kootaan n.  $50 \times 50 \text{ cm}^2$  suuruiseen urakampaan, jossa napit voidaan kääntää 100%:en visuaalisen tarkastamisen suorittamiseksi.

AGR sauvojen täyttämisen  $UO_2$ -napeilla, päihin tulevien alumiinioksidinappien paikalleenpanon sekä päätytulppien hitsauksen ja sauvan täyttämisen heliumilla suorittaa automaattinen laitteisto.

Ennen kuin sauvat kootaan polttoainenäppuihin suoritetaan niille useita tarkastuksia (radiografia, ultraääni, erilaiset mittapöydät jne.).

Myös SGHWR-reaktoreiden polttoainenäppujen valmistukseen tutustuttiin varsin lyhyeksi jääneellä vierailukäynnillä. Yleisenä huomiona näiden näppujen valmistuksesta voidaan todeta, että prosessi sisälsi monia "käsityövaiheita". Tämä johtunee siitä, että tuotantokapasiteettia ei ole kysynnän puuttumisen vuoksi tarvinnut nostaa kovin suureksi.

Eräänä BNFL:n toimintaa hankaloittavana tekijänä voidaan pitää sitä laajaa erityyppisten polttoaineiden määrää, jota joudutaan valmistamaan jo Ison-Britannian omiin reaktoreihin. Siitä johtuen ei minkään polttoainetyypin valmistusta ole voitu rationalisoida ja automatisoida kovinkaan pitkälle.

Yleinen laadunvarmistusajattelu ja -toiminta amerikkalaisten vaatimusten mukaisesti on BNFL:ssä toteutunut vasta aivan viime aikoina Yhdysvaltoihin toimitettujen polttoaineerien yhteydessä. Tilaajien vaatimaan laadunvarmistustoimintaan liittyvää dokumentaatiota ei ilmeisesti kaikkilta osiltaan pidetty täysin tarpeellisena.

Springfieldsin tuotantolaitoksia, erikoisesti prosessin alkupäätä koskien voidaan todeta, että ydinpolttoaineiden valmistukseen liittyvistä siisteys- ja huolellisuusvaatimusten täyttämistä ei aina voinut täydellisesti vakuuttua. Tällaista arviota esitettäessä on tosin otettava huomioon tuotantolaitosten melko korkea ikä (n. 15 vuotta).

VTT/Ydi H. Kaikkonen

BELGONUCLEAIRE-DESSEL

Plutoniumilla väkevöidyn polttoaineen valmistus

BELGONUCLEAIREN osakkaina ovat Belgian valtio ja yksityiset yritykset, ja sen tarkoituksena on yleinen ydinteknillinen ja polttoaineen suunnittelu sekä plutonumpolttoaineen valmistus, johon tutustuimme Desselin laitoksella.

Keskusteluissa polttoainekierron eri vaiheiden järjestelyistä Belgiassa ilmeni, että maa on pääsemässä riippumattomaksi muista valtioista, mikäli pian Belgian hallintaan joutuva EUROCHEMIC:in jälleenkäsittelylaitoksen kapasiteettia lisätään 1985 mennessä 300 t<sub>n</sub>/v tasolle. Belgian ydintehon arvioidaan olevan 1985 6000 MWe.

Kierros laitoksella osoitti pu-polttoaineen valmistuksen olevan samankaltaista kuin uraanilla rikastetun siitä lähtien kun oksidit on saatu sekoitettua, luonnollisestikin sillä erolla, että pu-linja toimii kokonaan alipaineistetuissa hansikaskaapeissa. Toiminta on mahdollisimman paljon automatisoitua ja varsinkin sekoittaminen, jota ohjataan täysin erillisestä tarkkailuhuoneesta. Normaalisti valvontahenkilöstö ei joudu olemaan lähellä plutoniumilla kontaminoitua materiaalia vaan tarkkailu tapahtuu etäämpää ja hansikaskaappeja tarvitsee käsitellä vain virhetilanteissa. Oksidien sekoittaminen tapahtuu erissä, jonka yläraja on 70 kg. Aineiden punnituksen ohjauksen ja koko laitoksen ydinmateriaalien massataseiden valvonnan hoitaa tietokone. Plutoniumoksidia säilytetään n. 5 kg:n erissä lyijykaapeissa.

Vierailumme aikana tuotanto ei ollut käynnissä. Laitoksen kapasiteetti tällä hetkellä on 20 t/v,

josta FBR:n osuus on 2 t, ja täydellä teholla se nousee kaksinkertaiseksi. Polttoaineen valmistuskustannusten kerrottiin riippuvan pääasiassa tyypistä ja määrästä, koska linjan puhdistaminen edellisen polttoainetyypin jälkeen vie kolme viikkoa.

Belgialaisten käsitys plutoniumin LWR-arvosta tällä hetkellä oli 17 \$/g.

P. Kurikka, IVO  
M. Ojanen, VTT

FRANCO-BELGE DE FABRICATION DE COMBUSTIBLES (FBFC)

Tehtas valmistaa kolmea eri polttoainenipputyyppeä kevytvesireaktoreille (14 x 14, 15 x 15 ja 17 x 17 sauvaniput) sekä pieniä määriä erilaisia polttoaineita koereaktoreille.

Tehtaan tuotantokapasiteetti on tällä hetkellä n. 200 t U/a vastaten n. neljää polttoainenippua päivässä. Tuotantokapasiteetti on tarkoitus kaksinkertaistaa vuoteen 1978 mennessä.

Dia-kuvilla esitetty Westinghouse-tyyppisen polttoaineen valmistus vaikutti erittäin mielenkiintoiselta. Tämä sauvanipputyyppe on valmistustekniikaltaan varsin vaativa yhdessä nipussa olevan suuren polttoainesauvamäärän sekä nk. "spider"-tyyppisen säätösauvajärjestelmän vuoksi.

Varsinaisesta polttoainetehtaasta päästiin tutustumaan vain valmiiden tuotteiden lopputarkastukseen ja varastointiin, mikä isäntien toimesta ilmoitettiin johtuvaksi Westinghousen vaatimuksista.

Se vaatimaton yleisvaikutelma, jonka pystyi luomaan ainoastaan valmistusprosessin aivan viimeistä vaihetta tarkastelemalla, oli kuitenkin varsin positiivinen ainakin niiltä osin, mikä koski tehtaassa vallitsevaa yleistä huolellisuutta ja siisteyttä.



Reino Riihimäki ja Jorma Suutarinen,  
Oy Tampella Ab

ACEC, Charleroi 1976-11-05

Atomiteknillisen Seuran kohteena oli 1976-11-05 noin tunnin ajomatkan päässä Brysselistä etelään sijaitsevat Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi'n eli ACEC:n tehtaat. Charleroin kaupunki, jossa tehtaat ovat, sijaitsee Belgian teollisuusalueella, jota he kutsuvat "mustaksi maaksi".

Perillä saimme Power Group'in apulaisjohtaja Charles Gerard'ilta perustiedot yrityksestä kahvikupposen ääressä. Yhtiö on perustettu 1881 nuoren insinöörin, Julien Dulaitin toimesta. Nykyisen nimensä yhtiö sai 1904. Yhtiö kuuluu nykyisin Westinghouse Electric ryhmään. Westinghouse on omistanut vuodesta 1970 lähtien 67,8 % ACEC:n osakkeista. ACEC on organisoitu viiteen itsenäiseen ryhmään, joihin kuuluu tulosvastuista toimivia yhtiöitä ja divisionia, näiden tukena on neljä hallintopalveluyksikköä.

Ryhmäjako:

ERG - Power Group  
MID - Industrial Products Group  
SYS - Industry and Defence Systems Group  
BCD - Consumer Products Group  
FIL - International Production Group  
PLG - Planning General Management  
PER - General Management (Personnel)  
AF - General Management (Administration and Finance)  
DV - Commercial Management

Yhtiön tuotanto-ohjelma on hyvin laaja kotitalouden sähkö-  
laitteista ja sähkölampuista aina sähkövetureihin ja avaruus-  
alusten elektroniikkaan saakka.

ERG-ryhmän konventionaalisesta tuotannosta mainittakoon generaattorit, joita ACEC tekee 1100 MVA kokoon saakka, vesiturbiinilaitokset 250 MW tehoon asti, kaasuturbiinit ja pumppuvoimalaitokset.

Ydinvoimaloihin ACEC tekee valvontajärjestelmiä, reaktorin sisäosia ja sydänastioita (core barrel).

ACEC-ryhmän palveluksessa on noin 12.000 henkeä Belgiassa ja 7000 ulkomailla.

Varsinaisista tuotantotiloista pääsimme ensin katsomaan erästä raskaan koneistuksen hallia, jossa tehtiin kaikki raskaan turbiinituotannon, reaktorin sydänastioiden ym. suurten osien koneistustyöt. Halli oli mitoiltaan noin 30 m x 100 m. Hallin nosturin teho oli 200 tonnia ja kourun korkeus lattiasta oli n. 15 m. Hallin konekanta muodostui pääosiltaan karusellisorveista, mm. Schiess. Muista koneista mainittakoon Gidding et Lewis avaruskone ja Waldrich höylä. Kappaletilaa oli runsaasti, mikä onkin taloudellisen valmistuksen pääedellytys, kun kappalekoko on suuri. Meidän konepajoihimme verraten voidaan todeta, että hallin mitat olivat suhteessa kappalekokoon, joten tilaa oli riittävästi (harvinaista Suomen keskiraskaan tuotannon konepajoissamme). Ilmastointi ja puhtausolosuhteet olivat normaalia meikäläistä työpajaluokkaa, vaikka tehtiinkin ydinvoimaloiden komponentteja. Valaistus hallissa oli suorastaan keho. Työstöarvot, lähinnä leikkuunopeudet, olivat noin puolet meillä käytetyistä. Työtahti, työvälineet ja kappaleitten pintalaatu olivat moitteettomia ja tuotannon läpimeno oli tehokasta kiitos runsaan kappaletilan.

Seuraavaksi saimme tutustua 1974 käyttöön otettuun rakennukseen, jossa ACEC tekee Westinghousen lisenssillä PWR-reaktorien sisäosia. Valmistustilojen pinta-ala oli noin 3000 m<sup>2</sup>. Salin lämpötila pidetään aina 20°C:ssa ja ilman

suhteellinen kosteus 50 %:ssa. Valaistus oli esimerkillisen hyvä. Hallin tuotantotavoite on tehdä neljän reaktorin sisäosat vuodessa jatkuvasti. Tällä perusteella oli uskallettu tehdä muunmuassa seuraavat investoinnit: lattiapinta-alaa oli riittävästi, avaintyövaiheita varten oli hankittu kalliit, tehokkaat, korkeinta teknistä tasoa edustavat erikoiskoneet. Kun näitä koneita käyttämään ja muihin työvaiheisiin oli valittu parhaassa iässään olevat koulutetut työntekijät, jotka työskentelivät kolmessa vuorossa, ei tuloksena voi olla muuta kuin tehokas tuotanto. Osastolla oli kaikki vuorot mukaanlukien 200 työntekijää, joista tarkastajia oli 50. Miesten palkka oli 16-17,5 mk/h.

Hämmästyttävää oli puhtausvaatimuksien löysyys. Työtilat olivat siistit, mutta mitään erikoistoimenpiteitä puhtauden ylläpitämiseen ei ollut. Saimme tulla ilman kenkien suojauksia sisään, vaikka tulimme koneistushallista. Isäntämme kertoivat kuitenkin, että ympärillä oleva muu konepaja-alue, jossa käsitellään hiiliteräksiä, aiheuttaa "saastetta" k.o. osastolla, jossa käsitellään vain austeniittisia teräksiä. Osaston erikoiskoneista mainittakoon kaksi numeerisesti ohjattua Olivetti Multiautor 3 CD 5 D koneistuskeskusta. Säätäsaauvakoneiston levystä tehtyjen nelikulmaisten väliohjausputkien aukot tehdään ensin lävistämällä. Lopulliseen mittaansa aukot tehdään kipinätyöstölaitteilla, joilla saavutetaan tarkat mitat, ja lisäksi se etu, että lävistysvaiheessa syntynyt muokkautunut alue poistuu. Kyseiset ohjausputket tehtiin kahdesta L-muotoon taivutetusta osasta, joiden pituussuuntaiset hitsausliitokset tehtiin Techmeta-elektronisuihkuhitsuksena. Elektronisuihkuhittaus teki mahdolliseksi ohutseinäisten tarkkamittaisten osien liittämisen toisiinsa ilman jälkikoneistuksia.

Oleellinen osa tuotantoa ydinvoimaloiden komponentteja valmistavassa tehtaassa on tietenkin laadunvarmistus. Mainittakoon ensin, että ACEC:lla on koko yhtiön konventionaalisen tuotannon käsittävä laadunvalvontajärjestelmä.

Ydinvoimaloiden komponenttien laadunvarmistusjärjestelmä täyttää ANSI 45,2 vaatimukset. Tarkastusohjeita on paljon. Kaikkien tarkastusvaiheiden läpikäynti on varmistettu Release-Note:n käytöllä. Sekaantumisen estämiseksi hylätyt osat säilytetään lukollisessa häkissä. Erikoista on, että ACEC on toimittanut reaktorien sisäosia Yhdysvaltoihin, vaikka heillä ei toistaiseksi ole ASME N-leiman käyttöoikeutta. Tämä on tapahtunut Westinghousen vastuulla. Vierailu antoi mielikuvan todella nykyaikaisesta, tarkoitukseensa soveltuvaksi tehdystä tuotantoyksiköstä, jossa vuorotyön avulla saatiin poikkeuksellisen kallis tuotantokoneisto tehokkaasti käytetyksi.

TIHANGEN YDINVOIMALAITOS 1976-11-05

Voimalaitos sijaitsee Maas-joen varrella Haagin kaupungin välittömässä läheisyydessä. Kaupungin keskustasta on alueelle vain parin kilometrin matka. Teknisiä yms. hajatietoja laitoksesta on esitetty taulukossa 1.

Noin vuoden käyneellä 1-yksiköllä oli parhaillaan meneillään ensimmäinen polttoaineenvaihto. Tämä oli laitoksen esittelijän mukaan edennyt täysin suunnitelmien mukaisesti eikä mitään mainittavaa ollut toistaiseksi ilmennyt tai löytnyt. Laitoksella oli lisäksi parhaillaan käyttöhenkilökunnan lakko mm. jonkinlaisen ydinlisän saamiseksi, mikä teki näkymät hyvin autioiksi ja rauhallisiksi.

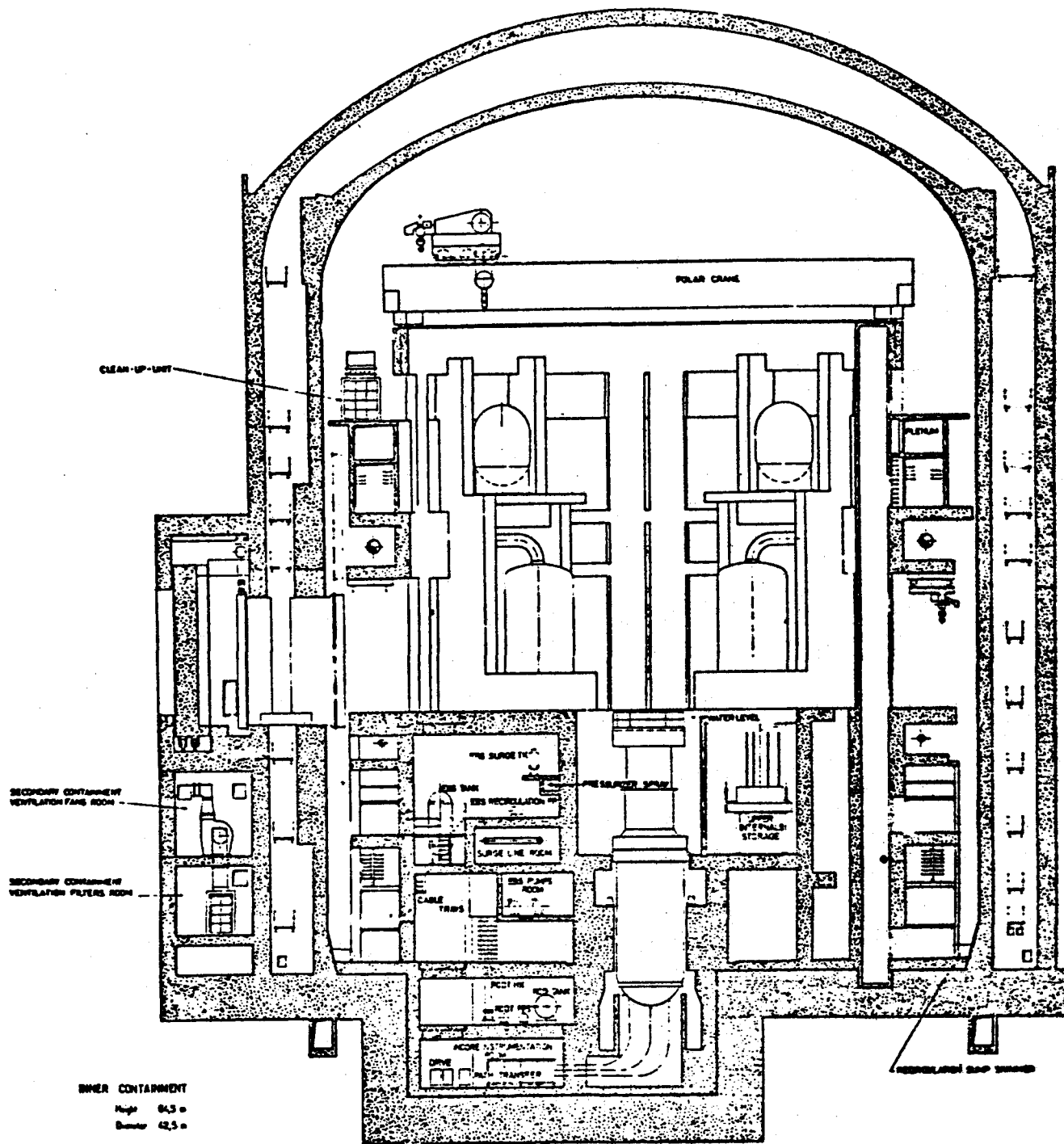
Nukleäärisen osan käytettävyys on ensimmäisenä vuonna ollut 98 % ja koko laitoksen luokkaa 80 %. Harmit ovat käytännöllisesti katsoen kokonaan aiheutuneet jäähdytyskysymyksistä. Maas-joen veden vähyyden ja kesäisin korkean lämpötilan vuoksi on jouduttu käyttämään apujäähdytystorneja, mikä on aiheuttanut käyttöhäiriöitä sekä sen, että tehoa on jouduttu jonkin verran laskemaan. Lisäksi lauhduttimessa on ollut putkistovuotoja ja tukkeumia, jotka ovat oleellisesti laskeneet käytettävyyttä.

Vuonna 1980 käyttöön otettava kakkosyksikkö joudutaan varustamaan jäähdytystornilla (korkeus 160 m, alapään halkaisija 120 m).

Vierailu oli käytettävissä olevan ajan niukkuuden ja luonnollisesti laitoksen autioittaneen lakon vuoksi suhteellisen vähän informatiivinen. Yleiskuvaksi tämän laitoksen osalta jäi vahvasti se, että ydinvoiman käyttö olisi jo vakiintunut tekniikkaa eikä sisällä siinä määrin erityispiirteitä, kuin yleensä annetaan ymmärtää.

Mainittakoon yleisinä tietoina lisäksi:

- Tihangen laitoksen valmisti ranskalais-belgialainen konsortio Creusot-Loire/Framatome sekä ACEC/Cockerill. Peruskonsepti on 3-looppinen 900 MW Framatome (Westinghouse) malli. Belgialaisten osuutena olivat mm. höyrykehittimet (Cockerill), generaattorit (2 x 540 MVA - 1500 l/min, ACEC) sekä turpiinit (Cockerill-Franco Tosi (Italia) yhteistyönä). Näiden valmistajien osuus Belgian uudempiin laitoksiin on lisääntynyt voimakkaasti.
- Suojakuori on kaksikertainen (kuva 1), sisäpuolella 6 mm lainerilla varustettu 70 cm paksu esijännitetty betonisuojakuori, jonka ulkopuolella 2 m ulompana 50 cm paksu betonisuojakuori.



**INNER CONTAINMENT**  
 Height 64,5 m  
 Diameter 42,5 m  
  
**OUTER CONTAINMENT**  
 Height 83,0 m  
 Diameter 50,0 m

**DOUBLE CONTAINMENT DESIGN**

Kuva 1

T A B L E 1

PLANT MAJOR DESIGN PARAMETERS

Gross Fission Heat (rated)	2775	MW
Gross Electrical Output	955	MW
Net Electrical Output	919	MW
Average Core Power Density	104,5	kW/dm <sup>3</sup>
Maximum Overload	118	%
Steam Pressure at ESV Inlet	54	bar g
Steam Wetness at ESV Inlet	0,44	wt%
Steam Flow at ESV Inlet	1513	kg/s
Condenser Backpressure	51	mbar
Generator Terminal Voltage	24	kV
Containment Design Pressure	4	bar g
Containment Design Temperature	139	°C
Containment Design Leakage Rate (relative to containment volume)	0,3	vol%/day
Temperature at Core Inlet	286	°C
Temperature at Core Outlet	324,7	°C
Pressure at Core Outlet	155,9	bar g
Total Coolant Flow Rate	13240	kg/s
Total Core Peaking Factor (ratio of maximum to average density)	2,37	
Critical Heat Flux Ratios (DNBR)		
Normal operation	1,78	
Worst accident condition	1,3	



TABLE 2

## REACTOR CORE PARAMETERS

Thermal core power	2 775	MW th
Maximum overpower rating	118	%
Nominal system pressure	155	bar
Nominal inlet temperature	286	°C
Temperature rise in the vessel	37,2	°C
Nominal coolant flow rate	47 700	t/hr
Average linear power	178	W/cm
Maximum linear power (overpower conditions)	590	W/cm
Maximum temperature of the cladding surface	385	°C
Maximum temperature of the pellet center at overpower	2 590	°C
Core length	3 810	mm
Core diameter	3 190	mm
Number of fuel assemblies	157	
Number of RCC assemblies		
full length	48	
part length	5	
Number of burnable poison rod clusters	68	
Enrichments (% in weight)		
(Region 1	2,1	
1st core (Region 2	2,6	
(Region 3	3,1	
Fuel weight as UO <sub>2</sub> (1st core)	82 200	kg

TABLE 3

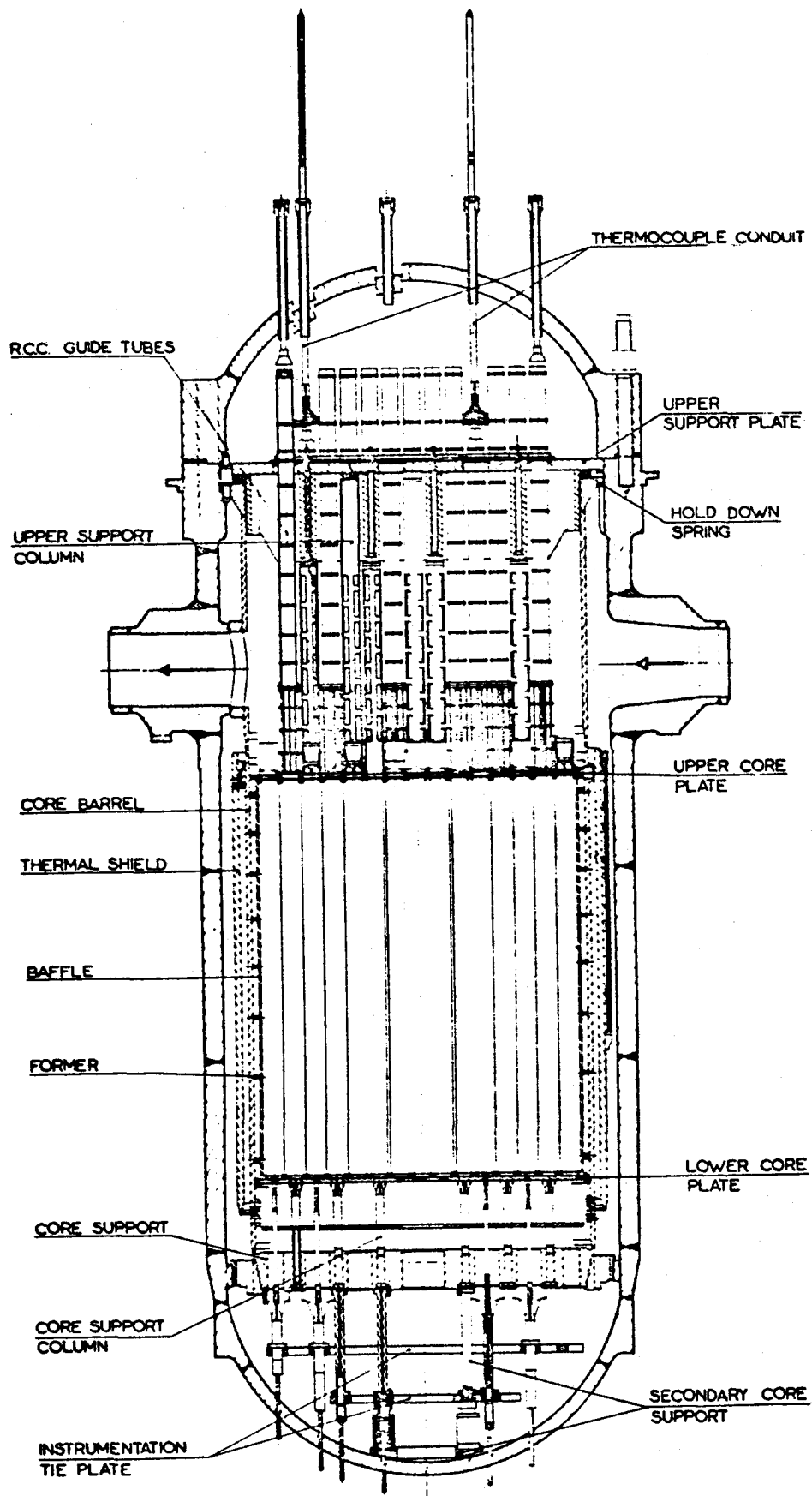
## FUEL ASSEMBLY PARAMETERS

Type of fuel assembly	RCC canless 17 x 17	
Number	157	
Number of rods per assembly	264	
Number of guide thimbles per assembly	24	
Number of instrument thimbles per assembly	1	
Number of grids per assembly	7	
Fuel rod overall length	3 658	mm
Cladding outside diameter	9,50	mm
Cladding thickness	0,572	mm
Diametral gap	0,164	mm
Pellet diameter	8,192	mm
Rod pitch	12,6	mm
Fill gas	Helium	
Initial cold gas pressure	35	bar
Max. internal rod pressure	155	bar
Cladding material	Zircaloy 4	
Bottom and top nozzle material	Stainless steel	
Grid material	Inconel 718	

TABLE 4

## REACTOR VESSEL PARAMETERS

Type	Three loop reactor vessel	
Internal diameter	3 988	mm
Thickness of the nozzle shell	230	mm
Thickness of the core shells	200	mm
Overall length of the vessel with closure head	13 173	mm
Length of the vessel without closure head	10 355	mm
Internal diameter		
inlet nozzle	698	mm
outlet nozzle	736	mm
Number of control rod adaptors	65	
Number of instrumentation penetrations	50	
Number of flange closing studs	58	
Weight of the vessel	260	t
Weight of the vessel head	54,3	t
Weight of studs + nuts + washers	15,4	t
Operating pressure	155	bar
Design pressure	171,3	bar
Design temperature	343	°C
Vessel material	Mn-Mo mild steel	
Cladding material	Stainless steel	



REACTOR VESSEL AND INTERNALS

Kuva 2

TABLE 5

## STEAM GENERATOR PARAMETERS

Type	U-tube S.G with integral steam drum	
Thermal power	928	MW
Number	3	
Height overall	20 625	mm
Upper shell OD	4 464	mm
Lower shell OD	3 430	mm
Number of U-tubes	3 388	
Tube OD	22,23	mm
Tube wall thickness	1,27	mm
Weight of steam generator (empty)	300	t
Weight of steam generator (operation)	360	t
Operating pressure, tube side	155	bar
Design pressure, tube side	172	bar
Design temperature, tube side	343	°C
Operating pressure, shell side	57,7	bar
Design pressure, shell side	76	bar
Design temperature, shell side	316	°C
Reactor coolant flow rate	15 893	t/h
Reactor coolant inlet temperature	323,2	°C
Reactor coolant outlet temperature	286	°C
Steam flow rate	5 500	t/h
Shell material	Mn-Mo mild steel	
Channel head material	carbon steel with interior stainless steel cladding	
Tube plate material	Mn-Mo mild steel clad with inconel on the primary side	
Tube material	Inconel 600	

TABLE 6

## REACTOR COOLANT PUMP PARAMETERS

Type	vertical, single stage shaftseal pump, squirrel cage motor	
Number	3	
Motor-pump overall height	8 200	mm
Motor-pump overall width	3 500	mm
Pump casing height	2 165	mm
Pump casing OD	2 587	mm
Weight of motor pump group	89 000	kg
Moment of inertia of the flywheel	2 550	kg m <sup>2</sup>
Reactor coolant pressure	155	bar
Design pressure (pump)	172	bar
Reactor coolant temperature	286	°C
Design temperature (pump)		
components above thermal barrier	149	°C
components below thermal barrier	343	°C
Nominal flow rate	21 080	m <sup>3</sup> /hr
Total discharge head at nominal flow rate	91,5	mLC
Operating speed	1 485	r p m
Power absorbed under cold conditions	7 300	kW
Power absorbed under hot conditions	5 570	kW
Nominal voltage	6,6	kV
Nominal frequency	50	Hz
Number of phases	3	
Pump casing material	stainless steel	
Pump impeller material	stainless steel	

RAUMA-REPOLA OY

EERU HOKAJÄRVI

## MATKAKERTOMUS

Suomen Atomiteknillisen seuran vuoden -76 excursion käynti Cockerillin tehtailla Seraingissa Belgiassa 1976-11-05.

### 1. Yleistä

Cockerill on yli 150 vuotta vanha yhtiö. Koko yhtiön työntekijämäärä on 32000 ja liikevaihto 47 miljardia Belgian frangia eli 5 mrd Suomen markkaa. Yhtiö on eräs EEC:n suurimpia teräksen tuottajia, kapasiteetti 7 miljoonaa tonnia harkkorautaa vuodessa. Sen lisäksi yhtiöllä on omia valimoita ja takomoita. Sen tuotantolaitokset sijaitsevat eri puolilla Belgiassa ja Ranskassa. Yhtiöllä on myös useita tytäryhtiöitä Belgiassa ja Ranskassa.

### 2. Seraingin tehtaot

Seraing sijaitsee Maas-joen varrella noin 100 km Brysselistä itään. Lähin suurempi kaupunki on 8 km päässä sijaitseva Liege. Kulkuyhteydet maanteitse ja rautateitse ovat hyvät, lisäksi on Maas-jokea ja Albertin kanavaa pitkin yhteys Antwerpenin ja Rotterdamin satamiin. Tehtailla on joen rannalla oma satama, jossa 1000 tonnin nostokapasiteetti. Seraingissa sijaitsee konepajan lisäksi takomo ja valimo. Valimossa kyetään valamaan 80 tonnin kappaleita ja takomossa ovat 2000 ja 4500 tonnin hydrauliset puristimet, joilla kyetään takomaan 100 tonnin takeita.

Seraingin konepajan työntekijämäärä on 2500 ja tuotanto jaetaan 6 ryhmään seuraavasti:

ryhmä A: - metalli-, rauta- ja terästeollisuuden koneet  
 - vesiturbiinit  
 - teräsrakenteet

ryhmä B: - laivadieselit max. 55000 hv, Burmeister & Wainin ja  
 Sulzerin lisenssit  
 - 4-tahtiset dieselit max 4800 hv  
 - dieselit generaattoriyksiköihin max 27000 hv,  
 Pielstickin lisenssi

ryhmä C: ydinvoimalaitoskomponentit  
 - reaktoripaineastiat  
 - höyrynkehittimet  
 - painestimet  
 - primääriputkistot  
 - lämmönvaihtimet  
 - painesäiliöt

ryhmä D: - laivaturbiinit  
 - turbiinien osat  
 - kompressorit uraanin rikastuslaitoksille

ryhmä E: höyrykattilat, eri kokoja ja tyyppejä.

Babcock & Wilcoxin ja Foster Wheelerin lisenssit sekä yhteistyötä Combustion Engineeringin kanssa, mutta myös omaa suunnittelua.

ryhmä F: - lauhduttimet ja esilämmittimet  
 - raskaat lämmönvaihtimet ja paineastiat, max 600 tonnia  
 - meriveden suolanpoistolaitokset

#### Levy- ja hitsausosastot

- 3 raskasta hällia, joissa 200 ja 300 tonnin nostokapasiteetit sekä pinta-ala yht. 11000 m<sup>2</sup> raskaiden ydinvoimalaitos- ja konventionaalisten paineastioiden valmistamiseen



- 3 hallia yht. pinta-alaltaan 9000 m<sup>2</sup> höyrykattiloiden osien yms. valmistamiseen
- 2 hallia, joissa nostokapasiteetti 120 tonnia ja pinta-ala yht. 4000 m<sup>2</sup> raskaiden hitsattujen teräsrakenteiden valmistamiseen
- 1 halli 4000 m<sup>2</sup>
- 1 varasto ja esikäsitteilyhalli

Tärkeimmät koneet ovat:

- 1) levyntaivutusvalssi (Boldrini), leveys 3640 mm, t = 150 kylmänä ja 300 mm kuumana. Tosin uuni sijaitsee niin kaukana valssista, että kuumataivutus ei käytännössä ole mahdollinen. Pienin halkaisija 1600 mm. Valssin ylätela  $\phi \sim 1000$  mm oli katkennut vähän ennen ekskursiota
- 2) numeerisesti ohjattu happi-asetyleeni polttoleikkauslaitteisto, jossa 4 suoraa poltinta sekä 2 pyörivää päätä, kummassakin 3 poltinta. Levyn paksuus 250-300 mm asti happi-asetyleenillä ja 100 mm plasmaleikkauksella.
- 3) 300 tonnin pyöritysrullastot
- 4) hitsausmanipulaattori, 100 tonnia, 1,5 metrin etäisyydellä
- 5) lämpökäsittelyuuni, 150 tonnin arina, 10,8 x 6,4 x 11,8 m, max 1100° C
- 6) näiden lisäksi mm. pienempi taivutusvalssi,  $t_{\max} = 70$  mm ja pienempi uuni 6 x 6 x 14 m sekä useita hitsausautomaatteja

## Koneistusosastot

- 12 hallia yhteensä 11000 m<sup>2</sup> ja yli 400 työstökoneetta
- suurin koneistettavan kappaleen paino 180 tonnia ja suurimmat mitat 5000 x 4700 x 15000 jyrksinnässä, höyläyksessä ja porauksessa,  $\phi$  10000 x 4200 pystysorvauksessa ja  $\phi$  3200 x 15000 kärkisorvauksessa

Erityistä huomiota kiinnittivät seuraavat koneet:

- $\phi$  12 m yksipylväinen karusellisorvi, joka on aivan uusi
- 4-karainen numeerisesti ohjattu vaakapora putkilevyjen poraukseen, putkilevyn max mitat 6100 x 3600 ja t = 1000 mm. Suurin reiän halkaisija  $\phi$  32 mm. Poratun reiän pinnan laatu erittäin hyvä.

## Tarkastus ja laadunvarmistus

- tarkastusosasto on riippumaton valmistuksesta
- seuraavat tarkastusmahdollisuudet
  - a) mittojen, muodon ja pinnanlaadun tarkistamiseen tarvittavat laitteet, mm. laser
  - b) materiaalilaboratorio, jossa mekaaninen koestus, kemiallinen analyysi, rikkomaton tarkastus (uä ja magneettinen tarkastus)
  - c) laboratorio jännitysten, muodonmuutosten ja värähtelyjen mittaamiseen
  - d) hitsauslaboratorio hitsausmenetelmien tutkimiseen ja kehittämiseen
  - e) hitsien tarkastus: radiografia, isotoopit, betatroni ja lineaarikiihdytin, 7 MeV, joka sijaitsee tehdasalueella maanpäällisessä betonibunkkerissa. Bunkkerin mitat 23 x 12 x 10 m.

### 3. Yleisiä havaintoja ja keskusteluissa esiin tulleita asioita.

Konepaja on suhteellisen vanha tehdas, jota on asteettain laajennettu. Konekanta on myös iäkästä, tosin kaikki koneet ovat laatumerkkejä.

Numeerisesti ohjattuja koneita on useita, mutta ei ainoatakaan teippiohjattua sattunut silmään.

Konepaja on aloittanut ydinvoimalaitospaineastioiden valmistamisen valmistettuaan sitä ennen raskaita dieselmoottoreita, jotka ovat melko vaativia hitsaus- ja koneistustöitä. Näin ollen otettu askel ei ole ollut kovin iso.

Yleinen havainto: työntekijät koulutettu erinomaiseen huolellisuuteen ja vaikuttavat korkeatasoisilta.

Parhallaan tehtailla oli työn alla mm. PWR:n höyrykehittämiä sekä Na-jäähdytteisen Kalkar-reaktorin paineastia  $\phi$  7-8 m, joka on massiivista ruostumatonta terästä.

Tehtaalla on täysi työllisyys ensi vuoden loppuun. Noin 30 % tuotannosta menee vientiin.

Tarkastuksessa luotetaan yhä enemmän ultraääneen vaikka normaivaatimus on radiografia. Ultraäänimenetelmää kehitetään itse.

Ydinvoimalaitosryhmän (ryhmä C) suunnittelijoita on noin 40, joista 8 on jännitysanalyysimiehiä. Jännitysanalyysi suoritetaan ASME normin mukaisesti muille, paitsi KWU:lle toimitettaville astioille, joille sitä ei tehdä lainkaan (KWU tekee itse). Analyysi tehdään yhtiön omalla IBM 370/158 tietokoneella FEM-ohjelmia käyttäen. Yhtiöllä on käytössä mm. NASTRA-ohjelma. Jännitysanalyysi suoritetaan design conditionin osalta ennen valmistuksen aloittamista ja normaalien käyttöolosuhteiden ym. osalta valmistuksen aikana. Paineastian tilauksesta noin 1 kuukausi materiaalien tilaukseen. Höyrystimen analyysi 2-dimensioisilla malleilla, sensijaan reaktoripaineastiassa osittain viranomaisten vaatimuksesta 3-dimensioisia elementtiverkkoja. Reaktoripaineastialla on spesifioitu yhteensä 23 termistä transienttia, jotka kuitenkin laskentaa varten yhdistetään kuudeksi kappaleeksi, joille suoritetaan terminen analyysi. Koskaan ei ole sattunut, että transienteissa jännitykset nousisivat yli sallittujen arvojen, jos näin kävisi, niin laitostoituttajaa pyydettäisiin lievittämään niitä. Laskentamenetelmät perustuvat lineaaris-elastiseen malliin, mutta plastinen analyysi on kehitystyön alaisena.

## THE VISIT OF FINNISH NUCLEAR SOCIETY TO ENGLAND AND BELGIUM

30.10. ...6.11.1976

## PROGRAMME:

## Saturday

30.10.            o'clock

9.10

Departure from Helsinki for London  
(flight AY 831)

10.10

Arrival in London (Heathrow)  
bus to the hotel

11.10

Arrival at the Hotel Intercontinental  
London (Hyde Park Corner)

11.30

Cocktail party at the Intercontinental  
Free

## Sunday

31.10.            o'clock

Free

18.05

Departure from London for Warrington  
(train from Euston st.)

20.30

Arrival in Warrington and walk to the  
Patten Arms Hotel

## Monday

1.11.            o'clock

Symposium day:

8.15

Departure from the Patten Arms by bus  
for Risley

8.45

Arrival in Risley (Lecture Theatre)

9.00

First Lecture session - "Safety and reliability"  
and "Recent developments in approaches to reactor"

safety including the significance of the Rasmussen report"

10.30-11.00 Coffee break

11.00-11.30 Enrichment (session)

11.30-12.30 Reprocessing (session)

12.30-14.00 Buffet lunch

14.00-14.30 Lecture session still under consideration

14.30-15.00 Use of plutonium (session)

15.00-15.30 Tea break

15.30-16.15 "Structural integrity", "Fabrication/inservice quality assurance procedures" and "Marshall report - Assessment of integrity of PWR pressure vessels"

16.15-17.00 Reliability (session)

17.30-19.30 Lectures by UKAEA chairman Sir John Hill to British Nuclear Engineering Society - "The world energy situation" and "The particular difficulties of nuclear power" (This is subject to seats being available - it is an all-ticket function and all tickets have already been offered to NES members).

17.00 or 19.00 (approx) Bus to the Patten Arms Hotel

Tuesday

2.11. o'clock

8.00 Bus to Heysham Nuclear Power Plant (AGR, 2x625 MW, under construction)

10.00 Arrival in Heysham - **Tour and talks along lines of**  
- building technology

- quality control
- thoughts about reliability
- thoughts about the Great Britain reactor policy

not later than 17.00 Departure from Heysham for the Patten Arms

Wednesday

3.11. o'clock

9.00 Bus to Springfields Site - Tour including fuel fabrication and hex. conversion plants, and including lunch

approx 15.30 Bus to the airport of Manchester

19.20 Departure from Manchester for Brussels (flight SN 618)

21.25 Arrival in Brussels  
bus to the Hotel Ramada

Thursday

4.11. o'clock

7.30 Departure from the Ramada

9.00 Arrival in Dessel  
(Belgonucleaire - 10 persons)(plutonium elements)  
(FBFC and Eurochemic about 10 persons)  
(uranium elements and wastes)

16.00 End of visit

17.45 Arrival in Brussels

18-20 Cocktail party in the Finnish Embassy

Friday

5.11. o'clock

7.30 Departure from the Ramada

8.30 Arrival in ACEC (nuclear components)

10.30 End of visit

11.30 Arrival in Tihange  
(Nuclear Power Station, PWR 870 MW)

13.00 End of visit

13 - 14.30 Lunch in the Restaurant Le Pere Charlier

15.00 Arrival in Cockerill (pressure vessels)

17.00 End of visit

18.00 Arrival in Brussels

Saturday

6.11.

o'clock

8.00 Departure from the Ramada by bus for  
the airport of Brussels

9.35 Departure from Brussels for London  
(flight PA 101)

9.45 Arrival at the Heathrow airport (in London)

13.35 Departure from London for Helsinki  
(flight AY 832)

18.25 Arrival in Helsinki



ATS -EKSKURSIO ENGLANTIIN JA BELGIAAN  
30.10. - 6.11.1976

OSANOTTAJALUETTELO

<u>Nimi</u>	<u>Virkanimike</u>	<u>Toimipaikka</u>
1 Aro Ilari	turvallisuusins.	TVO
2		
3 Kaikkonen Hannu	tutkija	VTT
4 Karjala Jorma	polttoaineins.	TVO
5 Komsu Matti	turvallisuusins.	IVO
6 Kurikka Pentti	polttoaineins.	IVO
7 Kuusi Juhani	tutkimuspääll.	Oy Finnatom Ab
8 Lackman Kalle	laadunvar.ins.	TVO
9 Lehikoinen Pertti	tutkija	VTT
10 Manninen Jussi	erikoistutkija	KTM
11 Ojanen Matti	tutkija	VTT
12 Perander Robert	voimatuot.suun.	IVO
13 Perttuli Risto	konepajanpääll.	Oy Algol Ab
14 Routti Jorma	prof.	HTKK
15 Rotkirch Eric	tekn.os.joht.	Oy Algol Ab
16 Ruokola Esko	tutkija	VTT
17 Silvennoinen Pekka	prof.	VTT
18 Simola Perttu	apul.proj.pääll.	IVO
19 Tiainen Olli	TkT	HKS
20 Wilberg Lasse	tarkastaja	STL

Lyhenteet:

HKS	=	Helsingin kaupungin sähkölaitos
HTKK	=	Teknillinen korkeakoulu
IVO	=	Imatran Voima Osakeyhtiö
KTM	=	Kauppa- ja teollisuusministeriö
STL	=	Säteilyturvallisuuslaitos
TVO	=	Teollisuuden Voima Oy
VTT	=	Valtion teknillinen tutkimuskeskus

20.10.1976  
2(2)

ATS -EKSKURSIIO, VAIN BELGIAAN TULEVA RYHMÄ  
5...6.11.1976

OSANOTTAJALUETTELO

<u>Nimi</u>	<u>Virkanimike</u>	<u>Toimipaikka</u>
1 Honkajärvi Eero	pääsuun.apul.	Rauma-Repola Oy
2 Holmström Paavo	osastopääll.	"
3 Hyvärinen Reino	markk.pääll.	Oy Finnatom Ab
4 Kalliomäki Mikko	tuotantopääll.	Oy Tampella Ab
5 Kiiskilä Risto	tuotantopääll.	"
6 Matikainen Martti	tekn.joht.	"
7 Peittranta Pentti	työsuun.pääll.	"
8 Riihimäki Reino	proj.pääll.	"
9 Suutarinen Jorma	tuotepääll.	"
10 Söderman Jarmo	proj.ins.	Oy W. Rosenlew Ab