

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



1/2003 vol. 32



Tässä numerossa

Pääkirjoitus Ydinvoimahanke etenee rivakasti	3
Editorial Nuclear plant project is moving forward	4
KOLUMNI.. Hiilisyrjinta	5
Ydinvoimalaitoksen käyttöiän hallinta	6
TVO:n käyttövarmuusohjelma VARMA	10
License Renewal and extension of operational lifetime at the Paks NPP	13
Analysis of the efficiency of old PWR's	18
Oskarshamn 1 – Sweden's oldest nuclear power station	21
License renewal program in the U.S.	24
Ydinvoimalaitosten käyttöiän hallinta – STUKin nakokulma	28
Tutkimus käyttöiän hallinnan tukena	31
SAFIR uudistaa ydinturvallisuustutkimuksen	35
Vuosikokouksen kuulumisia	38

ATS

1/2003, vol. 32

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura –
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

ATS WWW

<http://www.ATS-FNS.fi>

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
DI Olli Nevander
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 2613
olli.nevander@fortum.com

ERIKOISTOIMITTAJA
TkT Eija Karita Puska
VTT Prosessit
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5036
eija-karita.puska@vtt.fi

ERIKOISTOIMITTAJA
DI Lauri Pöllänen
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8579
lauri.pollanen@stuk.fi

TOIMITUSSIHTEERI
Minna Rahkonen
Fancy Media Ky
Uusi Porvoontie 857
01120 Västerskog
p. (0400) 508 088
fancymedia@saunalahti.fi

ERIKOISTOIMITTAJA
TkL Jarmo Ala-Heikkilä
Teknillinen Korkeakoulu
PL 2200, 02015 TTK
p. (09) 451 3204
jarmo.ala-heikkila@hut.fi

ERIKOISTOIMITTAJA
TkL Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 3300
eero.patrakka@tvo.fi

JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA
DI Antti Piirto
TVO Nuclear Services Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 838 11
antti.piirto@tvo.fi

VARAPUHEENJOHTAJA
DI Kirsi Alm-Lytz
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8663
kirsi.alm-lytz@stuk.fi

SIHTEERI
DI Minna Tuomainen
VTT Prosessit
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5787
minna.tuomainen@vtt.fi

RAHASTONHOITAJA
DI Reetta von Hertzen
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10
00048 Fortum
reetta.vonfertzen@fortum.com

DI Hanna Virlander
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 838 11
hanna.virlander@tvo.fi

TkT Risto Tarjanne
Lpr Teknillinen Yliopisto
PL 20, 53851 Lappeenranta
p. (05) 621 2776
risto.tarjanne@lut.fi

M.Sc. Lena Hansson-Lyyra
VTT Prosessit
PL 1704, 02044 VTT
p. (09) 456 6846
lena.hansson-lyyra@vtt.fi

MUU TOIMINTA

YLEISSIHTEERI
Liisa Hinkula
VTT Prosessit
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5097
liisa.hinkula@vtt.fi

KANSAINVÄL. ASIOIDEN SIHT.
DI Petra Lundström
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 5422
petra.lundstrom@fortum.com

YOUNG GENERATION
DI Kai Salminen
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 3093
kai.salminen@fortum.com

ENERGIAKANAVA
TkT Eija Karita Puska
VTT Prosessit
PL 1604,02044 VTT
p. (09) 456 5036
eija-karita.puska@vtt.fi

Kannessa:
Ydintekniikan
historiaa, osa 1.

VUODEN 2003 TEEMAT

1/2003
Käyttöluvat
ja käyttöikä

2/2003
EU ja ydinvoima

3/2003
YG-numero
ja Generation 4

4/2003
Ekskursio

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 400 €
1/2 sivua 300 €
1/4 sivua 200 €

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka
c/o Olli Nevander
Fortum Nuclear Services Oy
PL 10, 00048 Fortum
p. 010 453 2613 (suora)
telefax 010 4533 403

Osoitteenmuutokset
pyydetään ilmoittamaan
Liisa Hinkulalle /
VTT Prosessit
telefax (09) 456 5000
e-mail: liisa.hinkula@vtt.fi

Lehdessä julkaistut
artikkelit edustavat
kirjoittajien omia mieli-
piteitä, eikä niiden kaikissa
suhteissa tarvitse vastata
Suomen Atomiteknillisen
Seuran kantaa.

ISSN-0356-0473



Painotalo Miktör Ky

Ydinvoimahanke etenee rivakasti



Suomen viidennen ydinvoimalaitosyksikön rakennushankkeessa on alkamassa tarjousten arviointi. Useita laitosvaihtoehtoja ja toteutustapoja on projektia varten perustetun vertailuorganisaation puntaroitavana. Laitosyksikkö valitaan teknisin ja taloudellisin perustein vuoden 2003 loppuun mennessä. Samassa yhteydessä päätetään, sijoitetaanko uusi yksikkö Loviisan Hästholmeniin vai Eurajoen Olkiluotoon. Sijoituspaikkakunta on herättänyt kummankin laitospaikkakunnan lähiympäristössä suurta mielenkiintoa. Tämä onkin helppo ymmärtää. Uuden suurprojektin taloudellisen merkityksen erilaisine kerrannaisvaikutuksineen katsotaan alueen kehityksen kannalta olevan erittäin tärkeä.

Teollisuuden Voima Oy:n johdolla toteutettava hanke on monessa suhteessa kiinnostava. Verrattaessa Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitoksien aiempiin rakennusprojekteihin uutta on paljon. Rakentamisaikataulu on aiempaa tiukempi. Ohjelmoitava logiikka tulee teknisen kehityksen myötä väistämättömästi myös ydinvoimalaitoksien instrumentointijärjestelmiin. Valvomo muuttuu täysin toisenlaiseksi uusimpien japanilaisten ja ranskalaisten laitosten malliin. Laitoksen hankinnassa sovelletaan ensimmäistä kertaa laajamittaisesti uusia eurooppalaisia vaatimuksia, European Utility Requirements (EUR).

Rakentamiseen käytettävän ajan lyhentäminen merkitsee sitä, että rakennustyöt ja asennustyöt täytyy limittää aiempaa enemmän päällekkäisiksi toiminnoiksi. Rakennustöiden yleiselle laadulle sekä siisteydelle ja puhtaudelle tämä tulee asettamaan aivan uudenlaisia vaatimuksia.

Ohjelmoitavaan logiikkaan perustuvassa instrumentointitekniikassa keskeinen kysymys on uuden teknologian hyväksyttävyyden ydinturvallisuuden kannalta. Uuden laitosyksikön käyttövaiheessa on ratkaistava käytönvalvontaan liittyviä menettelytapaongelmia. Konetekniikan alueella menettelytavat ovat pitkäaikaisen kehityksen seurauksena varmallalla pohjalla. Laitteiden suunnittelu, tarkastukset, asennukset, korjaukset, ennakkohoito yms. ovat perinteistä, konkreettista tekniikkaa. Ohjelmoitavissa logiikoissa otetaan sen sijaan askel abstraktimpaan suuntaan. Tulee olemaan kiinnostavaa nähdä, miten näissä järjestelmissä saavutetaan tarvittava luotettavuus ja varmatoimisuus sekä teknisissä asioissa että käyttöorganisaation toiminnassa.

Valvomo muuttunee kuvaruutuohjauksiin perustuvaksi kompaktiksi ohjauspaikaksi. Tulevaisuus näyttää, onko tällainen ratkaisu nykyistä paremmin ohjaajan ja prosessia ohjaavan tietokonejärjestelmän keskinäisen vuorovaikutuksen huomioiva. Valvomohenkilöstön hyvänä tukena on kuitenkin täysmittakaavainen simulaattori, joka nykyisten viranomaisvaatimusten mukaan täytyy olla valmis hyvissä ajoin ennen laitosyksikön käynnistämistä. Käyttökäyttöön on näin ollen hyvät mahdollisuudet perehtyä uuden laitoksen käyttäytymiseen sekä normaaleissa tilanteissa että häiriötilanteissa.

Koko rakennushankkeen toteuttamisessa on tärkeää, että Suomen nykyisten ydinvoimalaitoksien rakentamisessa ja käytössä hankittu osaaminen siirtyy oikealla tavalla uuteen laitosyksikköön.

Nuclear plant project is moving forward

The project for the new nuclear unit in Finland is approaching the bid evaluation phase. The plant selection, based on technical and economic factors is likely before the year end. Together with the plant selection TVO will decide on which of the two alternative sites, Loviisa or Olkiluoto, the new unit will be located. Both sites have currently two nuclear plant units in operation.

The decision-in-principle granted to TVO specifies the new plant to be based on light water reactor technology and limits the maximum thermal power of the reactor to 4300 MW. Depending on the plant alternative to be chosen the electrical output of the new plant will be between 1000 and 1600 MW. For the first time the European Utility Requirements (EUR) are now applied in a large scale in a nuclear power plant procurement.

The new unit will be technically advanced when compared to the plants currently in operation. The increasing use of programmable logic in the I&C systems will of course be one of the major changes compared to the existing plant technology. It will create a completely different control room environment for the operators of the new unit. Among the plant alternatives, which TVO examined during the feasibility study phase of the project there are evolutionary plant types as well as plants based on passive safety functions. Safety functions of evolutionary plants have also been complemented with passive features.

After the site selection the project activities will be moved to the selected plant site. The project organisation in TVO

will comprise from 20 to 30 persons in the bid evaluation phase and will grow to 60-100 persons when the implementation phase is reached.

After the selection of the plant the application for a construction permit required by the Nuclear Energy Act will be submitted to the Council of State. In connection with the construction permit handling the Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) will prepare a detailed safety assessment of the plant. The construction license procedure is estimated to take about one year, after which the plant construction can be started.

A great emphasis will be put on minimizing the plant construction time. It means that various activities of construction and installation must be effectively phased and carried out in parallel as extensively as possible. The total construction time of the plant is expected to be about five years including the necessary on-site preparations. High quality standards as well as extensive regulatory control and supervision will offer new challenges to all project participants.





Hiilisyrrjintä

Kuten hyvin tiedetään, on Kioton pöytäkirja kaukaa viisas ilmastonmuutoksen torjuja pyrkiessään rajoittamaan kasvihuonekaasujen – erityisesti hiilidioksidin – päästöjä. Tosin kaikki eivät ole varmoja siitä, että havaittu globaali lämpeneminen johtuu ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvusta. Erityisesti Yhdysvallat presidentti Bush etunenässä kyseenalaistaa Kioton pöytäkirjan, minkä vuoksi tämä maailman suurin ja kaunein valtio ei sitä allekirjoitakaan.

Kioton pöytäkirjan ideana on, että teollisuusmaat sitoutuvat supistamaan tai ainakin rajoittamaan kasvihuonekaasujen päästöjä siten, että toimenpiteiden yhteisvaikutus olisi 5 % vuoden 1990 tasosta aikavälille 2008-12. Uskotaan kasvihuonekaasujen vaikutukseen tai ei, Kioton pöytäkirja on osoittautumassa kuplaksi, sillä jo nyt on nähtävissä, että yhteisvaikutus ei vähene vaan pitemminkin kasvaa. Haaksirikon keskeisenä syntipukkina on Yhdysvallat, jonka piti vähentää päästöjään 7%, mutta muitakin hangoittelijoita löytyy. Pöytäkirjan voimaantulo on sidoksissa Venäjän ratifiointiin, jonka piti tapahtua tänä vuonna. Näin ei ehkä käy, sillä Venäjä on aloittanut asiaan kuuluvan iltalyösyn.

Mallioppilas on Euroopan Unioni, jonka tavoite on -8 %. EU on jakanut taakan siten, että esimerkiksi Suomen tavoite on 0 %, mutta Ruotsille on luvattu +4 % hyvityksenä siitä, että maa luopuu ydinvoimasta (höynätettiinköhän tässä hyväuskoisia?). EU on pontevasti ryhtynyt valmistelemaan Kioton tavoitteiden saavuttamista jäsenmaiden yhdistettyjen ja yhdenmukaistettujen toimenpiteiden avulla.

Tässä vaiheessa on syytä viitata Pohjolan Voiman Jouko Rämöön, joka piti ATS:n vuosikokouksessa mielenkiintoisen esityksen päästökaupasta. Päästökauppa on yksi Kioton mekanismeista. Kaksi muuta ovat yhteistoteutus ja puhtaan kehityksen mekanismi. Nerokkaat ympäristöihmiset saivat aikoinaan ajatuksi läpi päätöksen, jonka mukaan ydinvoimaa ei huoliteta viimeksi mainittujen kahden mekanismin piiriin. Joidenkin mielestä ydinvoima olisi varsin hyvä kasvihuonekaasujen vähentäjä korvatesaan hiilipohjaista sähköntuotantoa, mutta päätös on tehty ja sillä sipuli.

Hiili, öljy, kaasu, turve – siinä ilmastonmuutoksen mahti. Ja siinä on myös energiantuottajien suurin ympäristöhaaste. Hiilen

polton vähentäminen edellyttää optimointia eri vaihtoehtojen välillä. Kannattaako rakentaa aivan uusi voimalaitos vai voiko vanhaa parantaa? Ehkä on mahdollista vaihtaa polttoainetta? Vai turvaudutaanko yksinkertaisesti vain sähkön tuontiin? Silloinhan päästöt ovat tuottajan murhe. Ja nyt on lisävaihtoehtona päästökauppa, siis päästöoikeuksien ostaminen, mikä toisille tarkoittaa myymistä. Yrityksille tullaan asettamaan CO₂-päästörajoituksia, ja kauppaa käydään CO₂-ekvivalenteilla (t CO₂).

Rämö selosti perusteellisesti päästökaupan valmistelua. EU:n tavoitteena on aloittaa sisäinen päästökauppa vuonna 2005, mutta tähän ei päästäne. Seuraavassa vaiheessa alkaa maiden välinen päästökauppa. Suomessa viranomaisena on KTM apunaan Energiamarkkinavirasto. Tarkoituksena on asettaa kiintiöt kausille 2005-7, 2008-12 jne. EU:ssa päästörajoitukset kohdistuvat energiateollisuuteen (>20 MW), terästeollisuuteen, rakennusteollisuuteen ja massa- ja paperiteollisuuteen. Ensimmäiselle jaksolle 2005-7 kiintiöt annetaan ilmaiseksi kansallisen jakosuunnitelman mukaisesti. Toisellakin jaksolla vähintään 90 % kiintiöistä jaetaan ilmaiseksi. Kiintiön ylittäminen merkitsee sakkoa, jolle on esitetty asteittain kohoavaa määrää. Jos kalleimmat suunnitelmat toteutuvat, teollisuuden ainoaksi mahdollisuudeksi jää tuotannon rajoittaminen. Joka tapauksessa tiedetään, että Suomen maakohtainen vuosikiintiö on 77 M t CO₂ jaksolla 2008-12.

Energiateollisuus on laskenut, että kauppahinnalla 20 euroa / t CO₂ hiililauhteen hinta kallistuu 17 euroa / MWh ja maakaasusähkön hinta 8 euroa / MWh. Tästä seuraa kysymys: Nouseeko markkinasähkön hinta pohjoismaissa tämän verran? Miksikö nousisi? Siksi että sähkön spot-hinnan määrittelevä marginaalituotanto tapahtuu konventionaalisissa voimalaitoksissa, varsinkin Tanskassa. Se hyvä puoli Suomen tilanteessa on, että uusi ydinvoimala alkaa jauhaa sähköä vuosikymmenen loppuun mennessä, jolloin toivottavasti spot-sähkön tarve vähenee maassamme.

Suomessa ollaan siis hyvässä tilanteessa verrattuna moneen muuhun maahan. Meille tulee hiilisyrrjintä, mutta ei ydinsyrrjintää. Mitenköhän suu pannaan siellä, missä harrastetaan myös ydinsyrrjintää?

Ydinvoimalaitoksen käyttöiän hallinta



Perinteisesti voimalaitosten taloudellisen käyttöiän arviot on tehty 20 - 30 vuoden elinkaarelle. Näin laskien voimalaitoksen suunnittelija voi tukea ja valvoa laitostaan koko sen elinkaaren ajan. Käyttökokemusten karttuessa on ydinvoimalaitoksen käyttöiän käsite venynyt yli yhden sukupolven aktiivisen vaikutusjakson. Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitoksia suunnitellaan käytettävän yli 50 vuotta, joten tietoja on kyettävä siirtämään seuraavalle käyttäjäpolvelle. Uusien laitojen pääkomponenttien suunnitteluikä on 60 vuotta ja muiden järjestelmien 40 vuotta. Vielä pitempää käyttöä varten suunnittelussa varataan mahdollisuus pääkomponenttien ja järjestelmien vaihtoon muutaman kymmenen vuoden käytön jälkeen. Tässä artikkelissa tarkastellaan ydinvoimalaitoksen käyttöiän hallintaa sekä yleisesti että Loviisan laitoksen käytön näkökulmasta.

Rakenteiden ja laitteiden ikääntymisellä (ageing) tarkoitetaan käyttöolosuhteiden ajan myötä aiheuttamia ominaisuuksien muutoksia.

Ennakoiva kunnossapito (Preventive maintenance) on taas menettely, jolla hallitaan vaihdettavien osien kulumisen ennen toimintaa haittaavaa rikkoutumista. Ikääntymistä voidaan hallita ennakoivalla kunnossapidolla ja ennakkohuollolla keskittymällä tunnistettujen ilmiöiden komponenttikohtaiseen hallintaan.

Käyttöiän hallinta (plant life management) tarkastelee myös ennakoimattomia il-

miöitä ja koko laitosta. Käyttöiän hallinnalla arvioidaan mm. laitosmuutostarpeita, rytmitetään järjestelmien ja komponenttisukupolvien vaihdon ajoitusta, ennakkohuoltotoimien kattavuutta ja pitkän aikavälin riittävyyttä sekä mahdollisia käyttötappamutoksia ja niiden ajoitusta.

Elinikäarvio tarpeen

Ydinvoimalaitoksen eliniän jatkaminen on usein huomattavasti edullisempaa kuin uuden voimalaitoksen rakentaminen. Eliniän jatkaminen ei kuitenkaan ole mahdollis-

ta ilman ajoissa aloitettua käyttöiän hallintaa. Voimalaitos muistuttaa tässä suhteessa ihmistä: jos kunnosta ryhdytään pitämään huolta vasta elinjakson loppupäässä, saattaa tehollinen käyttöikä jäädä olennaisesti optimaalista lyhyemmäksi.

Kriittisten komponenttien perusparannusten ajoittamiseksi on voimalaitoksen taloudellista maksimaalista käyttöikää syytä arvioida aika ajoin. Tuloksena saatua käyttöikäennustetta voidaan käyttää investointien takaisinmaksuajan rinnalla kaikkien merkittävien perusparannusten kannattavuutta ja kustannusriskiä arvioitaessa.

Seurantaohjelma toteutettava kattavasti

Käyttöään hallintaohjelman toteutus käyväällä ydinvoimalaitoksella ei tarkoita olemassa olevien tarkastusten ja kunnossapitojärjestelmien korvaamista uusilla, vaan ainoastaan järjestelmien väliin mahdollisesti jäävien aukkojen paikkaamista järjestelmällisellä menettelyllä. Kaikkein tärkeintä ja vaikeinta käyttöään hallinnassa on suorittaa kaikkien alueiden ja kohteiden arviointi samalla tasolla ja tunnistaa laitteiden turvallisuus- ja käytettävyysero. Laitteet ja erilliskomponentit ryhmitellään niiden vaihdettavuuden, vanhenemisominaisuuksien, kehityksen ennustettavuuden ja lukumäärän mukaan ja tämän jälkeen määritellään jatko-työmenetelmät saaduille ryhmille. Järkevästi rakennettu hallintajärjestelmä sisältää kattavan luettelon ohjelman kohteista ja niihin vaikuttavista ikääntymismekanismista.

Aktiivisten komponenttien ennakoiva kunnossapito on oleellinen osa käyttöään hallintaa. Se perustuu käyttökokemuksiin ja käytöstä kerättyyn tilastotietoon. Useimmilla ydinvoimalaitoksilla on toimiva ennakoivan kunnossapidon järjestelmä ilman systemaattista käyttöään hallintaohjelmaa.

Turvaluokitus ja PSA työkaluina

Passiivisten rakenteiden ja laitteiden käyttöikäluokittelun lähtökohtana on yleensä niiden turvaluokitus, jota täydennetään rakenteen ja laitteen vaikutuksella kokonaisriskiin (PSA), sijaintiympäristöön liittyvillä ympäristö- ja turvallisuusriskeillä sekä rakenteen tai laitteen mahdollisessa korjauksessa tai vaihdossa tarvittavilla lupamenettelyillä. Kriittisimmät rakenteet ja laitteet ovat niitä, joiden vaihtaminen on käytännössä mahdotonta, ja joiden ikääntyminen siten vaikuttaa suoranaisesti laitoksen elinikään.

Käyväällä ydinvoimalaitoksella on yleensä käytettävissä aiemmin saatua tarkastustietoa ja käyttökokemuksia, joilla resursseja voidaan ohjata tärkeimpiin kohteisiin. Toimivaan käyttöään hallintaprosessiin kuuluu myös tarkastelukohteiden priorisointi. Tässä käytetään normaalisti apuna turvallisuusmerkitystä, riskimerkitystä, varaosien hintaa ja käyttökokemuksia. Kohteiden (komponenttien) valintakriteereihin voivat kuulua: turvallisuus, PSA, suunnitteluperusteet ja kus-

tannusvaikutukset (komponentin hinta, varaosien hinta, hankinta-aika, seisokin pituus).

Ennakkohuollot kohdennettava

Olemassa olevan tason 1 PSA:n avulla voidaan komponenttikohtainen merkittävyys riskin kannalta tunnistaa ja arvioida ikääntymisen ja kunnossapitotoimien vaikutukset komponentin luotettavuuteen. Näin voidaan vähentää vähän riskiin vaikuttavien komponenttien ennakkohuoltoa ja kunnossapitoa, ja suunnata resursseja suuremman riskivaikutuksen omaaviin komponentteihin. Kunnossapitoa voidaan siis periaatteessa suunnata PSA:n avulla käyttöään hallinnan kannalta oikeisiin kohteisiin. Vaikeutena tällaisen riskimallin käytössä on arvioida luotettavasti ennakoivan kunnossapidon ja tarkastusten vaikutusta komponenttien vikahtamiseen.

Periaatteessa käyttökokemustietokannassa olevista kohteista tulisi arvioida ainakin seuraavat asiat: toteutunut käyttöhistoria verrattuna suunnitteluperusteisiin, laskentamenetelmistä johtuva alkuperäisen mitoituksen konservatiivisuus tai mahdollinen epäkonservatiivisuus, ikääntymismekanismien nykyisen tietämyksen mukainen vaikutus elinikään verrattuna alkuperäisiin suunnitteluoletuksiin sekä mahdollisuudet hidastaa ikääntymisprosesseja ja kompensoida niiden vaikutuksia.

Käyttöikäohjelman ylläpito

Käyttöään hallintaohjelman tuoreuden säilyttäminen edellyttää vuosittaisia itsearviointeja ja määräajoin tapahtuvia koko ohjelman kattavia asiantuntijaryhmän arviointeja. Arviointien avulla optimoidaan ohjelman toteutusta ja uudistetaan erityiset kehityksestä tarvitsevat alueet ja estetään se, ettei järjestelmällisen hallinnan kohteiden väliin jää määrittelemättömiä alueita.

Uusien laitosten käyttöään hallinta

Uuden laitoksen koekäytön aikaan - komponenttien ollessa vielä varastorasvoista liukkaita - vaikuttaa käyttöään hallintaohjelman rakentaminen turhalta työltä. Hyvä käyttöään hallinta maksaa kuitenkin itsensä muutamassa vuodessa ja on nousukauden pörssiosakeitakin arvokkaampi laitoksen ehtiessä kolmannelle vuosikymmenelleen. Kansainvälisesti uuden ydinvoimalaitoksen

käyttöään hallinnan tarpeita ei vielä ole kattavasti tunnistettu ja standardoitu, mutta keskustelu ja työ aiheen parissa virkistyneen käynnistymässä olevien laitoshankkeiden myötä.

Uudella laitoksella olennaista on laitoksen komponenttien luokittelu vikojen turvallisuus-, käyttövarmuus- ja ympäristövaikutusten sekä korjaus- ja huoltokustannusten perusteella merkittävyyssuokkiin. Tämä luokittelu voi vaatia taustakseen sekä todennäköisyyspohjaisia käyttövarmuusanalyysyjä että laitteiden käyttökokemuksiin perustuvia asiantuntija-arviointimenetelyjä. Merkittäviä suunnitteluun vaikuttavia ja myöhemmin hankalasti muutettavia seikkoja ovat myös pääkomponenttien vaihtomahdollisuus sekä käyttötapojen, käyttöolosuhteiden ja laitostransienttien todellisten lukumäärien vastaavuus passiivisten komponenttien suunnittelukriteereihin.

Kansainväliset suuntaukset

Kansainvälisessä yhteistyössä käytetään usein kahta termiä: PLEX ja PLIM.

Käyttöään jatkaminen (plant life extension, PLEX) tarkoittaa sitä, että tunnettaessa laitoksen käyttökokemukset ja -historia voidaan kuormitusyöklit ja muut rasitukset siirtää suoriksi arvioiksi siitä, kuinka paljon erilliset komponentit ja rakenteet niitä sietävät. Kun kuormitusyöklit ja jatkuvan käytön muut rasitukset pystytään määrittämään laitohistoriasta, alkuperäinen kiinnitetty käyttöikä menettää merkityksensä. Näin laitoksen suunnittelukäyttöikä voidaan määrittellä uudelleen esim. 20 vuotta pitemmäksi.

Käyttöään hallinta (plant life management, PLIM) taas kuvaa käyttöään arviointiin tarvittavaa jatkuvaa prosessia. Yleensä yksittäisellä laitoksella käyttöikäkysymysten tarkastelu aloitetaan käyttöään jatkamisprojektilla (PLEX), joka muuttuu kaikilla tutkimus- ja kehitystyötä vaativilla alueilla jatkuvaksi hallintaprosessiksi (PLIM).

Useissa maissa ydinvoimalaitoksille ei ole asetettu kiinteää käyttöikää vaan laitosten kuntoa arvioidaan määrävällein ja käyttöluupa uudistetaan määräajajaksi (tyypillisesti 10 tai 20 vuotta kerrallaan). Näissä maissa on edetty termin PLEX kuvaamasta käytännöstä jatkuvaan käyttöään hallintaan (PLIM). Uusille laitoksille käyttöään hallintaohjelma luodaan usein jo rakennusvaiheessa, jolloin organisaatio ja käytettävät saadaan helpommin optimoitua. →

Käyttöön jatkaminen (PLEX)

Käyttöön jatkaminen yli alkuperäisen, käyttöluvissakin mainitun 30 vuoden (VVER-laitokset) tai 40 vuoden (monet länsimaiset, esim. USA:n laitokset) on käynnissä monessa ydinvoimamaassa. Monissa entiseen Neuvostoliittoon kuuluneissa maissa on myös aloitettu selvitykset mahdollisuuksista käyttää osaa VVER-laitoksista yli 30 vuoden.

Yhdysvalloissa on käytössä 103 laitosyksikköä, joille käyttöluva on myönnetty määräajaksi 40 vuotta. Vuonna 1998 haettiin ensimmäisille laitosyksiköille jatkoluva käyttöä laitoksia 60 vuoteen saakka. Vuonna 2002 oli 60 vuoteen myönnettyjen käyttöluvien kokonaismäärä 10 kpl ja laaja joukko uusia hakemuksia tulossa käsitteilyyn. Käyttöluvan hakuprosessi muodostuu useasta vaiheesta ja on kokonaiskestoltaan noin 5 vuotta (varsinainen lupahakemuksen käsittely kuulemismenettelyineen noin 2 vuotta). USA:n menettelyistä on erillinen artikkeli toisaalla lehdessä.

Unkarissa Paksin neljälle yksikölle on käynnistetty projekti, jonka tehtävänä on vuoteen 2007 ottaa käyttöön laitoksen käyttöön jatkon edellyttämä laitoksen käyttöön hallintaohjelma (plant life management programme). Tämäkin on selostettu tarkemmin toisaalla lehdessä.

Kanadassa Hydro-Quebec on suorittanut alustavan teknis-taloudellisen selvityksen edellytyksistä jatkaa CANDU-6 tyyppin käyttöä 20 vuodella. Selvityksen mukaan käyttöön jatko on mahdollista, mutta edellyttää joidenkin reaktoripiirin komponenttien uusintaa.

Venäjällä on VVER-440 laitosyksiköiden alkuperäinen käyttöikä määritelty 30 vuodeksi. Novovoroneshin kolmosyksikölle on venäjän ydinvoimaviranomainen (RF GAN) myöntänyt lisenssin käyttöön jatkamiseksi 15 vuodella ja nelosyksikölle haetaan parhaillaan vastaavasti 15 vuoden pidennystä käyttöikänsä. Novovoronesh 3 yksiköllä tehdyt muutostyöt pidensivät vuoden 2001 vuosihuoltoa yli 7 kuukauden mittaiseksi.

Edellytykset käyttöön pidennykselle luotiin lukuisilla turvallisuustasoa nostaneilla laitosmodernisaatioilla sekä yksityiskohteisilla laitosyksiköiden kunto- ja ikääntymisarvioilla. Selvitysten pääosia ovat laitteiden ja komponenttien kuntotarkastukset ja elinikäarviot, arvio laitoksen käyttöiästä, laitteiden sekä huolto- ja tarkastusohjelmien

uusinta. Viranomaisen kannalta prosessin kulmakivi on koko laitosta koskevan turvallisuusarvion "In-Depth Safety Analysis (ISA)" -raportin laadinta.

Jatkuva käyttöön hallinta (PLIM)

Ranskan 58 laitosisyksikön keski-ikä on 18 vuotta. Luvituksessa käytetään 10 vuoden käyttöluvajaksota, johon liittyy laaja laitoskohteiden tarkastusohjelma. Suunnitteluperusteena on ollut 40 vuoden käyttöikä, mutta tarkoitus on käyttää laitoksia mahdollisimman pitkään. Ranskalaisen järjestelmän olennainen osa on ulkomaisten ydinvoimalaitosten käyttökokemusten arviointi ja oppien siirto omille laitoksille. Käyttöön hallintaa seuraa yhtiötason ohjaus/valvontaelin.

Japanissa on käytössä 52 kevytvesireaktoria. Laitosten käyttöikäksi on alkujaan määritelty 30 vuotta. Voimayhtiöt yhdessä viranomaisen kanssa käynnistivät selvitykset käyttöön jatkamisesta jo kymmenen vuotta sitten. Kolmella (2 BWR + 1 PWR) voimalaitoksella on toteutettu yksityiskohmainen turvallisuustekninen arvio laitosten eliniän jatkumahdollisuuksista. Nämä laitokset ovat nyt ylittäneet 30 vuoden käyttöiän. Selvitysten perusteella arvioitiin laitojen käyttöä voitavan jatkaa aina 60 vuoteen asti, edellyttäen tiettyjä lähinnä kunnossapito- ja tarkastusohjelmiin liittyviä jatkuvan käyttöön hallinnan suuntaan eteneviä muutoksia.

Espanjassa on käytössä 9 laitosyksikköä, jotka ovat valmistuneet ajanjaksolla 1969 – 1988. Heillä ei ole määritelty laitosille kiinteää käyttöikä, vaan käyttöluvaa haetaan Suomen käytäntöjä vastaavasti aina tietylle jaksolle eteenpäin. Kaikilla laitoksilla käytössä oleva käyttöön hallintamenetelmä luo edellytykset jatkokäytölle laitojen saavutettua 40 vuoden käyttöiän.

Saksassa huhtikuussa 2002 voimaan astunut laki velvoittaa poistamaan nykyiset

voimalaitokset käytöstä vaiheittain, maksimissaan 32 vuoden käyttöön täytyttyä. Laki kieltää lisäksi uusien ydinvoimaloiden rakentamisen. Nykyisten voimalaitosten osalta he soveltavat varsin kattavaa käyttöön hallintaohjelmaa, joka mahdollistaa tarvittaessa pitemmänkin käyttöiän.

Loviisan voimalaitoksen tilanne

Loviisan voimalaitoksella on käyttöorganisaatiota uusittaessa kiinnitetty erityistä huomiota jatkuvan käyttöön hallinnan järjestämiseen. Vuoden 2002 alussa toteutetussa organisaatiouudistuksessa yhtenä päätavoitteena oli luoda toiminnallinen ja tehokas kytkentä käyttökokemusten keräämisen ja pitkän aikavälin päätöksenteon välille. Loviisan voimalaitoksen uuden käyttöön hallintaohjelman tavoitteena on yhdistää teolliset ja analyyttiset tutkimusprojektit sekä laitospaikan ennakkohuolto- ja kunnossapito-ohjelmat yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Käyttöön hallinnalla usuin vanhenemismekanismien tutkimustieto yhdistetään laitoksella kerättävään tietoon laitteiden ja rakenteiden rasituksista, käyttöta-voista ja kunnosta.

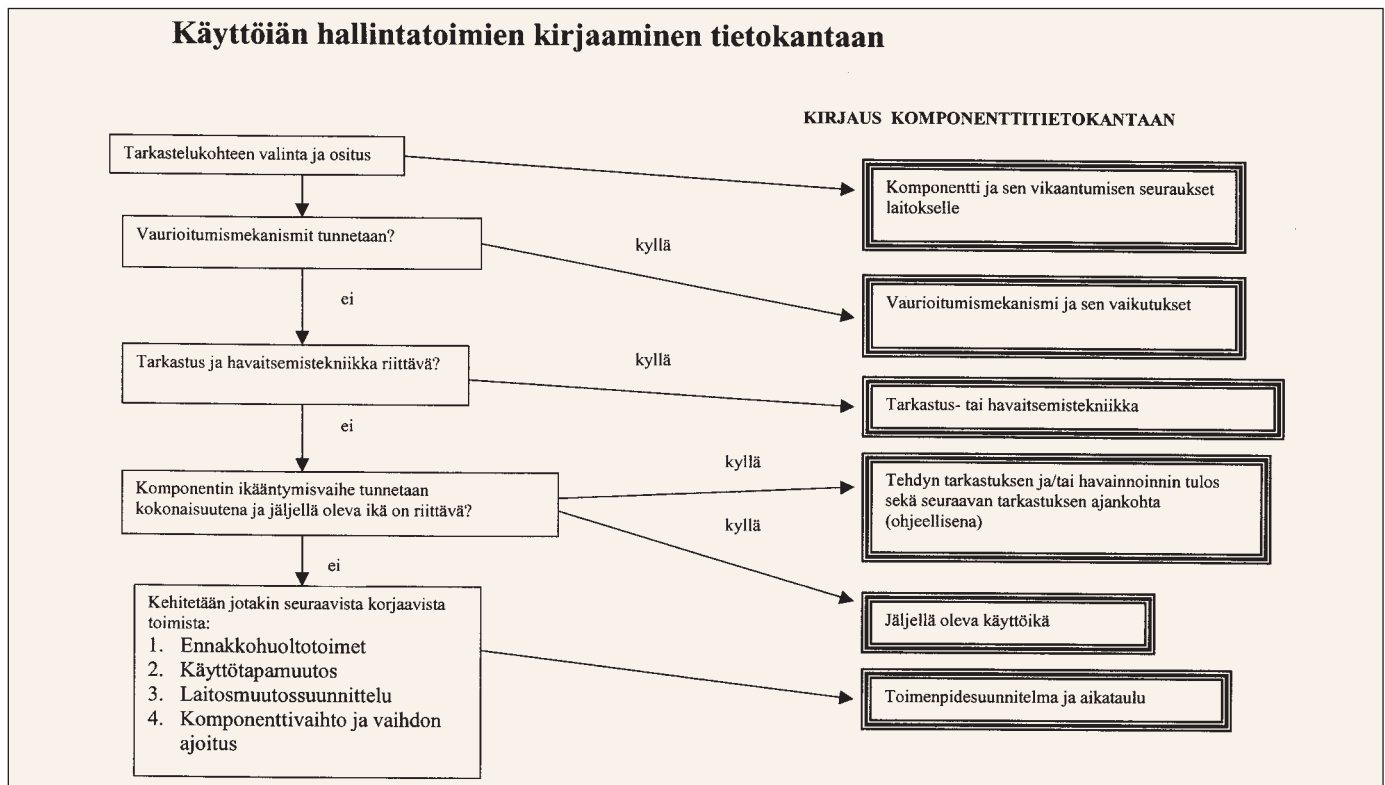
Käyttöön hallinnassa ja suunnittelussa käytetään apuna LoPLIM-tietokantaa. LoPLIM:n tiedonkeruu on toteutettu prosessijärjestelmä- ja pääkomponentikohtaisesti. LoPLIM-tietokantaan on kerätty yhteenveto käyttöön hallintaan liittyvästä tiedosta kunkin järjestelmän tai pääkomponentin osalta. LoPLIM-tietokannan käyttöä ja linkitystä muihin laitosarkistoihin on tarkoitus edelleen tehostaa uuden ohjelman myötä.

Loviisan käyttöön hallintaorganisaation aktiivinen osa on 16 nimettyä järjestelmävuorokautista henkilöä. Kullekin on nimetyt omat järjestelmänsä ja/tai passiiviset komponenttinsa, joiden ikääntymisen analysointia ja huoltojen suunnittelua he koordinoivat. Käyttöön hallintaohjelmaan kuuluu yli 100 koordinoitavaa ja arvioitavaa laitoskoh-

Ydinvoimalaitoksen käyttöön hallintaohjelman vaiheet

- 1 Seurantaohjelmaan sisällytettävien järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden valitseminen, turvallisuusmerkityksen arviointi ja laitteiden vikahistorian ja käyttökokemusten keruu
- 2 Ikääntymismekanismien liittäminen laiteryhmiin ja niiden ikääntymismekanismien tarkempi arviointi
- 3 Tarkastuksissa ja testeissä saatujen ikääntymishavaintojen arviointi sekä mittauksien ja tarkastuksien lisääminen lisätiedon saamiseksi
- 4 Komponentikohtainen ikääntymismekanismien analysointi
- 5 Käytön, kunnossapidon ja testausten korjaaminen saadun lisätiedon perusteella.

Käyttöiän hallintatoimien kirjaaminen tietokantaan



detta. Kukin järjestelmävastaava vastaa omien järjestelmiensä käyttöiänhallinnan suunnittelusta ja valvonnasta, järjestelmätietojen ylläpidosta tietojärjestelmässä sekä tarvittavien asiantuntijapalvelujen käytöstä. Järjestelmävastuullisilla on tukenaan erillisiä järjestelmäkohtaisia tukiryhmiä, joihin kuuluu viidestä kahdeksaan nimettyä asiantuntijaa.

Loviisan käyttöiän hallinnan kohteet

Höyrytimet ovat Loviisan käyttöiän kannalta kriittisiä komponentteja, sillä yhdenkin höyrytimen vaihto olisi rakennusteknisesti suuri ja kallis operaatio. Teknisesti mahdollisen operaation taloudellinen kannattavuus on kyseenalainen. Loviisan höyrytimet ovat perinteisesti olleet loistavassa kunnossa. Parina viime vuonna tuubeja on tosin jouduttu tulppaamaan lisää lähinnä tarkastustekniikan ja -määrien muuttumisen myötä. Tosin tulppausmäärä on yhä reilusti alle yleisen tason. Syöttöveden jakotukeissa esiintynyt eroosio-ongelma on saatu ratkaistuksi muuttamalla jakotukin konstruktioita.

Reaktoripaineastian säteilyhaurastuminen on toistaiseksi hallinnassa, ja Loviisa 1 yksikön paineastian sydänalueen hitsi hehkutettiin onnistuneesti 1996. Tällä hetkellä ei ole näkyvissä välitöntä tarvetta uudelle

hehkutukselle. Uutena ongelmana esiin noussut paineastian sisäosien haurastuminen saattaa lähitulevaisuudessa aiheuttaa lisäongelmia. Paineastian perusaineen säteilyhaurastuminen saattaa myös muodostua käyttöikä rajoittavaksi tekijäksi.

Pääkiertopumput ovat Sulzer Pumps Finland Oy:n (ent. Ahlström) suunnittelemaa pystyrakenteisia keskipakopumppuja. Pumppujen suunnitteluratkaisut ovat ainutkertaisia, joten niiden ongelmatilanteissa ei voi nojautua muiden vastaavien käyttökokemustietoon. Pumppujen toimittajalla ei myöskään ole enää valmiuksia toimittaa vastaavanlaisia pumppuja. Pumpuissa on ollut jonkin verran vikoja ja ongelmia vuosien aikana ja näiden ongelmien ratkaisumallit ovat merkittävä tekijä Loviisan käyttöikäohjelmissa.

Automaation käyttöikä on käytännössä aina lyhyempi kuin voimalaitoksen käyttöikä. Automaatiotekniikan nykyinen nopea kehitys aiheuttaa sen, että myös voimalaitosten automaatioissa käytetyn tekniikan elinkaari pyrkii lyhenemään. Automaatiojärjestelmien ikääntyminen ei niinkään riipu käyttöajasta vaan enemmänkin markkinoilla oloajasta. Erityisesti ohjelmoitavaan automaatioon liittyvät vaikeudet toimintojen virheettömyyden todistamisessa ja viranomaisluvituksessa aiheuttavat sen, että ydinvoimalaitoksen automaatiiosukupolvi on käy-

tännössä aina elinkaarensa loppupuolella. Tämä on omiaan vaikeuttamaan mm. automaation muutosten suunnittelua ja varaosa-huoltoa.

Uudistukset jatkuvat

Loviisassa on perustettu Laitosautomaation uusintaprojekti (MICCO), joka tähtää laitosautomaation uusintaan vuosina 2006 – 2014. Lähiajan uudistuskohteita ovat mm. vuoteen 2005 jatkuvat jälkilämmön poiston varmentamisuudistukset sekä hätätilanneohjeiden uudistaminen oirepohjaisiksi (HOKE-projekti).

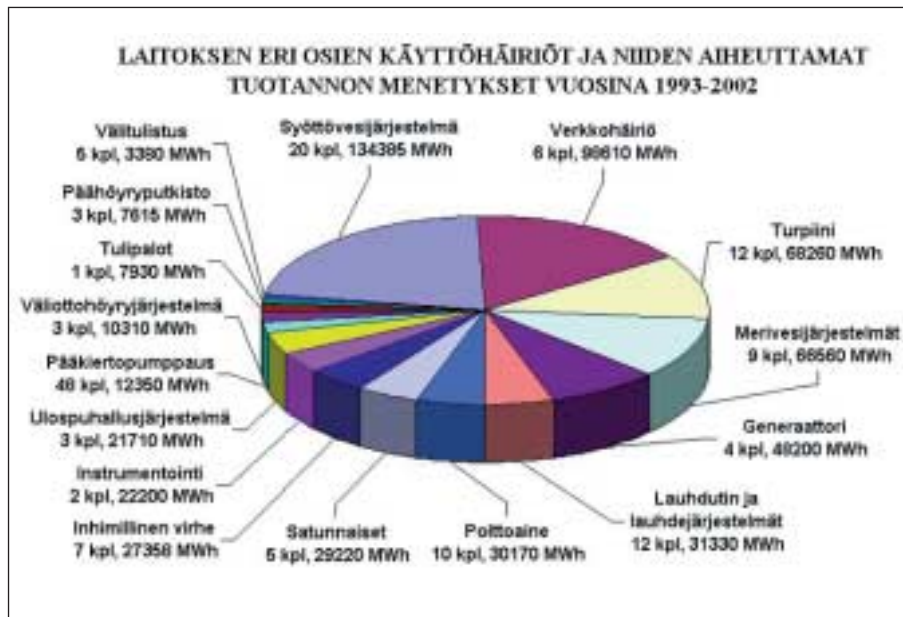
DI Olli Nevander,
Fortum Nuclear Services Oy:n
pääsuunnittelija ja
tämän lehden päätoimittaja.
p. 010 453 2613,
olli.nevander@fortum.com



Raimo Raitanen
on Loviisan voimalaitoksen
voimalaitostekniikka-
ryhmän päällikkö.
p. 010 455 3300,
raimo.raitanen@fortum.com



TVO:n käyttövarmuusohjelma VARMA



Teollisuuden Voima Oy:n omistamien ydinvoimalaitosyksiköiden käyttökertoimet ovat edustaneet maailman huippua. Sähkötöiden avautumisen myötä sekä tuotanto- että kustannuspaineet ovat lisääntyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana. Käyttökertoimet tulisi säilyttää korkeina samalla, kun kokonaiskustannuksia karsitaan. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi TVO:lla on käynnistetty useita kehityshankkeita kuten käyttövarmuusohjelma, kunnossapitotehtävien valinta ja varaosavaraston optimointi, joista tässä esitellään käyttövarmuusohjelma VARMAA.

Kustannuspaineiden ohella suuntaus maailmalla ja positiiviset kokemukset todennäköisyysperustaisen menetelmien soveltamisesta turvallisuusriskien arviointiin (PSA) loivat perusteet systemaattiselle käyttövarmuusanalyysille. Analyysi on yksi menetelmä käyttövarmuuden hallinnassa ja se antaa tukea päätöksentekoon kustannuksia optimoitaessa. Käyttövarmuusohjelma VARMA suunniteltiin TVO:n ja Ramse Consulting Oy:n yhteistyönä vuosina 1996-1997. Suunnittelun tuloksena syntyivät kolmivaiheisen käyttövarmuusohjelman suunnitelma ja ohjelman toteutuksen runkona toimi-

vien projektien määrittelyt. Projektit jakautuvat kahteen pääalueeseen: käyttövarmuusanalysoinnin menetelmien ja työkalujen kehittämiseen sekä käyttövarmuusosaamisen nostamiseen. Olkiluodon laitosten modernisointi viivästytti projektivaiheen täysipainoista aloittamista vuoteen 1999, ja ohjelman ensimmäinen vaihe valmistui kesällä 2002.

Ensimmäisen vaiheen seitsemän projektia

Käyttövarmuusohjelman ensimmäisen vaiheen tarkoituksena oli kehittää menetelmät

ja työkalut, joilla käyttövarmuutta voidaan tarkastella systemaattisesti sähköntuotannon kannalta. Tavoitteena oli käsitellä käyttövarmuutta itseisarvona ilman kustannuskäsitteitä, joka piti ottaa huomioon vasta ohjelman toisessa vaiheessa. VARMAN ensimmäinen vaihe suoritettiin seitsemänä projektina.

Käyttövarmuuden ohjaus -projektissa suunniteltiin käyttövarmuuden johtamiseen konsepti, jonka avulla on tarkoitus hallita keskitetysti TVO:n sähköntuotannon käyttövarmuuteen liittyvää toimintaa.

Tuotannonmenetysten aiheuttajat -projektissa kartoitettiin ja luokiteltiin Olki-

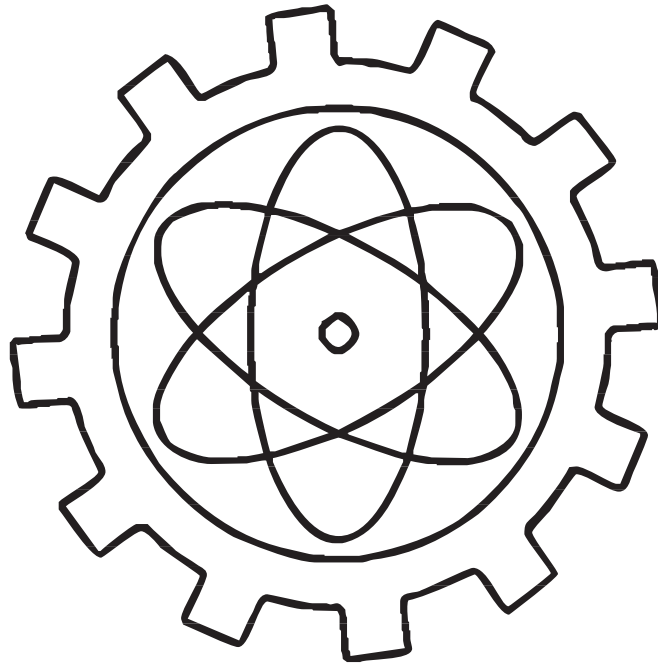
luodossa tapahtuneet tuotannonmenetykset. Luokittelutyön tueksi, tulosten analysoimiseksi ja esittämiseksi laadittiin Access-pohjainen tietokantasovellus. Tietokantaa päivitetään vuosittain ja sen avulla laaditaan tuotannonmenetysten luokittelusta graafisia tulosraportteja.

Sähkötuotannon toiminnallinen analyysi -projektissa laadittiin 100 %:n tehoajossa tarvittavalle sähkötuotantolaitteistolle toimintopohjainen kuvaus DOORS-ohjelmistolla. Kuvaus etenee hierarkisesti toiminoittain aina laitepaikkatasolle saakka. Kuvausta käytettiin käyttövarmuusmallin taustadokumenttina.

Käyttövarmuusmalli -projektissa kehitettiin ja dokumentoitiin toiminnallisen vika-analyysin menetelmä, kerättiin ja käsiteltiin käyttövarmuusmallin vaatimat vikatiedot ja analysoitiin laitepaikkojen vikojen ja vikayhdistelmien seuraukset sähkötuotannon kannalta. Toiminnallisen vika-analyysin ja datan käsittelyn työkaluksi laadittiin Access-pohjainen tietokanta. Täyden tehon tehoajolle laadittiin Säteilyturvakeskuksen kehittämällä SPSA-ohjelmalla käyttövarmuusmalli (epäkäytettävyyssmalli), jolla voidaan määrittää erilaisten laitevikojen ja vikayhdistelmien vaikutus ja tärkeysjärjestys sähkötuotannon kannalta. Laskentamallin laatiminen oli melko työläs tehtävä, mutta se on useimpien käytännön sovellusten edellytys.

Mallilla ei tunnistettu merkittäviä riskipiekkäjä, eikä yksittäisiä järjestelmiä tai laitteita, joita parantamalla käyttövarmuus tai laitoksen tasapainoisuus käyttövarmuuden suhteen paransi merkittävästi. Tasapainotamista voidaan tehdä laitosmuutosten yhteydessä ja kunnossapito-ohjelmien muutoksilla. Erityisesti jälkimmäinen edellyttää työkalua, jolla voidaan ottaa kustannukset ja huollon merkitys monipuolisesti huomioon. Tämän vuoksi sovellukset ovat toistaiseksi painottuneet hankintojen ja laitosmuutosten kannattavuuden arviointiin.

Käyttövarmuus hankinnoissa -projektissa toteutettiin VARMAN ensimmäiset sovellukset, joilla kerättiin kokemuksia käyttövarmuusanalyysien maastouttamisesta käytännön toimintaan. Projektivaiheen aikana käyttövarmuuslaskelmilla tuotettiin merkittävää lisäinformaatiota laitosmuutosten investointipäätöksiin. Laskentamallin avulla ja osin mallin ulkopuolisina erillistarkasteluna tehtiin investointien kannattavuuslaskelmia laitosyksiköiden käyttövarmuuden kannalta. Sovelluksissa otettiin kustannuk-



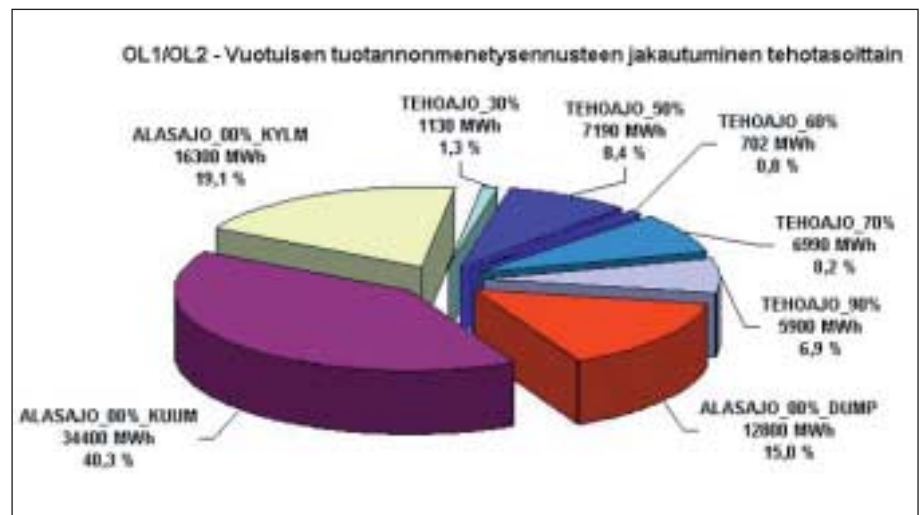
set huomioon, vaikka ohjelman ensimmäisen vaiheen alkuperäinen tarkoitus oli käsitellä käyttövarmuutta itseisarvona.

Käyttövarmuusviestintä -projektissa laadittiin lukuisia esityksiä VARMAN esittelyyn TVO:n sisällä sekä kansainvälisille kollegoille. Tietoa oli jatkuvasti saatavissa Intranetistä, jonne VARMA-ohjelmalle laadittiin kattava sivusto. VARMAN yleisesittely julkaistiin henkilöstölehti Ytyssä ja Kunnossapito-lehden Euromaintenance-erikoisnumerossa. Tuotannonmenetyksen aiheuttajista laadittiin artikkeli Ytimekäs -lehden, jonka jakelu käsittää henkilökunnan lisäksi myös TVO:n tärkeimmät suomenkieliset sidosryhmät.

Käyttövarmuuteen liittyvät toimintoprosessit -projektissa tunnistettiin VARMAN rajapinnat toimintajärjestelmän toimintoprosesseihin ja laadittiin käyttövarmuustoinnoinneille alustavat prosessimallit.

Yhteydet muihin TVO:n projekteihin

VARMAssa käyttövarmuusanalyysiin perehtyneet TVO:laiset osallistuivat Kunnossapitotehtävien valinta -projektissa (KUTEVA) kunnossapitoanalyysin kehittämiseen, ohjeiden laadintaan ja kommentointiin, sekä kunnossapitoanalyysin tarpeisiin rakennetun tietojärjestelmän kehitykseen ja testauk-



seen. KUTEVA-projekti toteuttaa osaltaan VARMA:n maastouttamistavoitetta, sillä KUTEVAssa arvioidaan keskeisiä käyttövarmuuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten esimerkiksi vikaväli, käyttökunnottomuuden kesto, vian havaittavuus ja vian ehkäisytoimenpide.

Suunnitellut jatkovaiheet

Toisen vaiheen tarkoituksena oli alkuperäisen suunnitelman mukaan jalostaa ensimmäisen vaiheen epäkäytettävyyšnäkökulma kustannusperustaiseksi. Sähkön hinnan laskentaperiaatteet ennakoituissa ja ennakoimattomissa, erisuuruissa ja -pituisissa tehonrajoituksissa ovat tarpeen, jotta TVO:n päätöksenteossa päästäisiin askel osakslähtöisempään suuntaan. Vaikka osa kustannusperustaisesta lähestymistavasta toteutettiin jo ensimmäisessä vaiheessa, niin TVO:lla ei vielä ole riittävä työkälyä, jolla voitaisiin ottaa huomioon epäkäytettävyyden lisäksi ennakkohuolto- ym. kustannukset käyttövarmuusmallissa. Kustannukset onkin tarkasteltu sovelluksissa taulukkolaskentaohjelmalla varsinaisen käyttövarmuusmallin ulkopuolella.

Kolmannen vaiheen ajatuksena oli tarkastella Olkiluodon laitosyksiköiden käyttövarmuuden merkitystä osakskohtaisesti. Tämänhetkisen näkemyksen mukaan osakkailta ei kilpailusivistä ole saatavissa kolmannessa vaiheessa tarvittavia tietoja. Näin ollen viisi vaiheen kolme toteutumisesta ei ole.

TEKES-hanke

Käyttövarmuuden ja kunnossapidon todennäköisyysperustaiseen suunnitteluun keskittyvä kansallinen tutkimushanke käynnistyi vuoden 2002 lopussa ja se kestää vuoden 2004 loppuun. Hankkeen rahoittajina ovat TEKES sekä useita teollisuusyrityksiä TVO mukaan lukien. Osallistumisen myötä TVO saa arvokasta vetoapua kehitystyöhön, johon tällä hetkellä ei omia resursseja riittäisikään. TEKES-rahoitushakemus tehtiin

Artekus Oy:n nimissä teollisuuden tutkimushankkeena. Artekus Oy on sitoutunut tuotteistamaan ja ylläpitämään hankkeessa syntyvät työkalut. Hankkeen keskeisinä tutkimus- ja kehityskohteina on kolme pääaihepiiriä:

- huollon vaikutus vikaantumisen todennäköisyyteen
- varaosavaranon mitoittaminen
- käyttövarmuuden ja kustannusten laskentaohjelman kehittäminen ja tuotteistaminen.

TVO ei ollut mukana vuosina 1995-2000 toteutetussa mittavassa TEKES-hankkeessa KÄKI eli Käyttövarmuus kilpailutekijänä. Uuden TEKES-hankkeen työkalukehitys jatkuu KÄKI-hankkeessa valmistuneiden mallintamisohjelmien proto-versioiden pohjalta, joten odotettavissa on tuotantokelpoisia versioita, joissa on otettu osallistujien tarpeita kattavasti huomioon. VARMAssa tarvitaan erityisesti parempaa työkalua kunnossapidon päätöksenteon tukemiseen.

VARMA:n hyödyt

VARMA on TVO:n oma tutkimus- ja kehityshanke, jolla on pitkäaikaisia vaikutuksia kustannusten alenemiseen. Pitkänkin aikavälin säästövaikutukset on vaikea osoittaa suoranaisesti VARMAsta johtuviksi, sillä VARMA on päätöksenteon apuväline, jota ei pidä käyttää yksinään.

Kustannusajattelu ja taloudellisten perusteiden huomioon ottaminen lisääntyivät selvästi käyttövarmuuteen liittyvissä keskusteluissa VARMA:n ensimmäisen vaiheen aikana. Ajattelutavan muutosta ovat edesauttaneet olennaisesti myös varaosavaranon optimointi- ja kunnossapitotehtävien valinta-projektit. Epäkäytettävyyden alentamista ei enää pidetä niin vahvasti itseisarvona kuin aiemmin, vaan se liitetään entistä tiukemmin kustannuksiin. Oikein käytettynä käyttövarmuusanalyysin soveltamisella voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä investointipäätöksien perusteiden tarkentuessa. VARMA:n yhteydessä TVO:hon hankittu tietotai-

to on käytettävissä myös uuden laitoshankkeen yhteydessä.

Johtopäätökset

Käyttövarmuusanalyysi VARMA, kunnossapitotehtävien valinta KUTEVA, varaosavaranon optimointiprojekti ja todennäköisyysperustainen turvallisuusanalyysi PSA ovat kokonaisuus, jonka avulla voidaan ottaa sekä ydinturvallisuus- että tuotanto- ja kustannusnäkökulmat huomioon monenlaisissa muutoksissa. Muutokset voivat liittyä yhtä hyvin laiteinvestointeihin, laitoksen käyttöön, henkilökunnan koulutukseen kuin kunnossapidon suunnitteluun. Näiden menetelmien kehittämisellä on merkittävästi lisätty käyttövarmuus-, kustannus- ja riskiperustaista ymmärtämystä TVO:ssa. ■

VARMA

DI Risto Himanen
Teollisuuden Voima Oy
Luotettavuusjaoksen päällikkö
Turvallisuus ja ydintekniikan
toimistossa
02-83813240
risto.himanen@tvo.fi



Licence Renewal and extension of operational lifetime at the Paks NPP

The Paks Nuclear Power Plant strategy is to extend the operational lifetime of the plant and renew the operational licence for 20 years over the designed and licensed lifetime. At Paks NPP the systematic ageing management activities were started eight years ago. The feasibility of plant lifetime extension has been investigated. The study includes a detailed plant assessment, ageing and lifetime prognosis of representative set of structures, systems and components, definition of necessary reconstructions and detailed business analysis. It has been found that a 20 years extension of operation is feasible from both technical and business point of view. NPP Paks has launched project for preparation of the extension of operational lifetime and licence renewal.

The structure of the Hungarian electric energy system is presently well balanced. The production capacity mix consists of about ~39% nuclear, ~37 % oil and gas, ~25 % coal fired capacities. Before 2010, almost exclusively, gas fired power plants are expected to be constructed, and some coal fired ones are predicted to be closed down. A significant change in the structure of energy-production would occur after 2012, if the Paks units were shut down with the expiry of their operational license limited recently by the design lifetime. Based on the present tendencies and market automations, the industry is predicted to recover the lack of electricity and the growth of demand with gas fired power plants that produce energy more expensively compared to the nuclear power plants, or would import the electric energy itself, and thus increasing the import-dependence of the company. This way between 2012 and 2019 the import gas consumption of electric energy production, as well as its carbon-dioxide emission would grow dramatically compa-

red to its present values (even in case of an intensive utilization of renewable energy sources). The electric energy import would, in the long run, be an expensive and obviously import-dependence-increasing solution. For the compensation of the production of Paks NPP it is rather difficult to find a green alternative. The strategically unfavourable structural changes can be counterbalanced via upholding the market position of the Paks NPP as well as the power uprating and licence renewal of the Paks units.

In 2000 a comprehensive study demonstrated the technical feasibility of the extension of the operational life of Paks NPP, as well as the business rationalism of the licence renewal project. In 2001 and 2002 the project for the license renewal was prepared simultaneously with the development of detailed regulation of the licence renewal. The basic tasks of the preparation of the licence renewal are described in the paper. The specific aspects of extended operation of the WWER-440/213 units at Paks NPP are discussed in details. The basic concept of

the Hungarian Regulation of the license renewal are also outlined for the sake of a better understanding of the technical content of the licence renewal project. Background information on the Paks NPP licence renewal project is given in [1].

Precondition of lifetime extension

Extension of the operational life of the Paks NPP is a strategic decision, which takes into account numerous external circumstances that are independent from the Paks NPP as well as by factors dependent on the characteristics of the design and the practice of the operating Company.

The future of the Paks NPP depends greatly on the international tendencies. The energy policy of the USA motivates the lifetime extension activity in Hungary very much. The situation in Western Europe is unclear with respect to the future perspectives of nuclear generating capacities, but some new tendencies in the European Union and the great progress achieved in

Finland are very encouraging. In Central Europe at least 6 units, similar to the ones in Paks, are expected to be in operation until 2030, so the Paks NPP will not be an isolated, unique phenomenon in the future either.

Extension of the operational lifetime is a strategic decision that is entirely based on the design- and manufacture features of main components of the WWER/440/213 type units at Paks; the robustness of the main equipment and of the whole construction; on the system of technical inspections and tests; the maintenance practice; as well as on the good condition of the plant maintained via reconstruction and refurbishment during last five years.

Safety review shows green light

The ageing of the plant structures, systems and components (SSC), relevant for safety is treated as a central issue both by the operational and maintenance practice of the Paks NPP. The Periodic Safety Reviews in 1997-1999 confirmed that the safety function of the relevant SSC is ensured in spite of the ageing processes. A systematic ageing-management practice started approximately eight years ago. The most important activities are performed at the plant from the very beginnings of the operation, such as surveillance of the embrittlement of reactor vessel material, monitoring erosion-corrosion events and the practice of technical inspections. These are the starting bases to build up a conscious ageing management programme.

Already in the course of the Periodic Safety Review the ageing processes of the critical equipment were specified, and ways of tracing changes in status as well as possible correction measures were determined. In addition to ageing management and monitoring of the critical components, a status monitoring of structures, equipment and components is going on in the nuclear power plant, hereby ensuring the required performance of the large number of (although replaceable) components.

The conscious ageing management has already gained ground during modifications and replacements performed so far. Replacement of turbine condensers is a good example for this, which, since the new condensers have stainless steel tubing, allows introduction of high pH secondary circuit water chemistry decreasing erosion and corrosion in the feed-water-system and

the rate of deposition raising local corrosion susceptibility of steam generators.

Safety of the Paks NPP is a prerequisite. A comprehensive safety-upgrading programme has been completed recently, as a result of which the safety level of the power plant complies with the requirements towards nuclear power plant units of similar age operated in developed countries.

The renewal of the operational licence is addressed and regulated within the frame of the Hungarian nuclear safety regulations. The detailed guidelines relevant to the licence renewal have been developed recently.

In the strategic decision-making process the public acceptance of the Paks Nuclear Power Plant, which is permanently around 70%, had an important role.

Feasibility study

It was recognizable already in 1992 that favourable characteristics of the plant, the comprehensive safety enhancing programme, the surveillance and maintenance practice of the operator give an opportunity to enhance the lifetime of the Paks NPP [1]. A complex technical-economical study for the feasibility of extension of the operational lifetime was completed in 2000, which fully confirmed this assumption (details see in [2]).

The feasibility study was based on the assessment of the plant status, which has been carried out on a representative set (500 items) of SSC. This analysis covered the lifetime-perspectives of SSC, the maintenance, ISI, etc. practice, as well as the data related to ageing and degradation processes. It has been found that there is no technical or safety limitation to the 50 years of operation of the Paks NPP.

Findings related to the reactor vessels and steam generators should be dealt with separately on account of their increased significance.

Main components have long lifetime

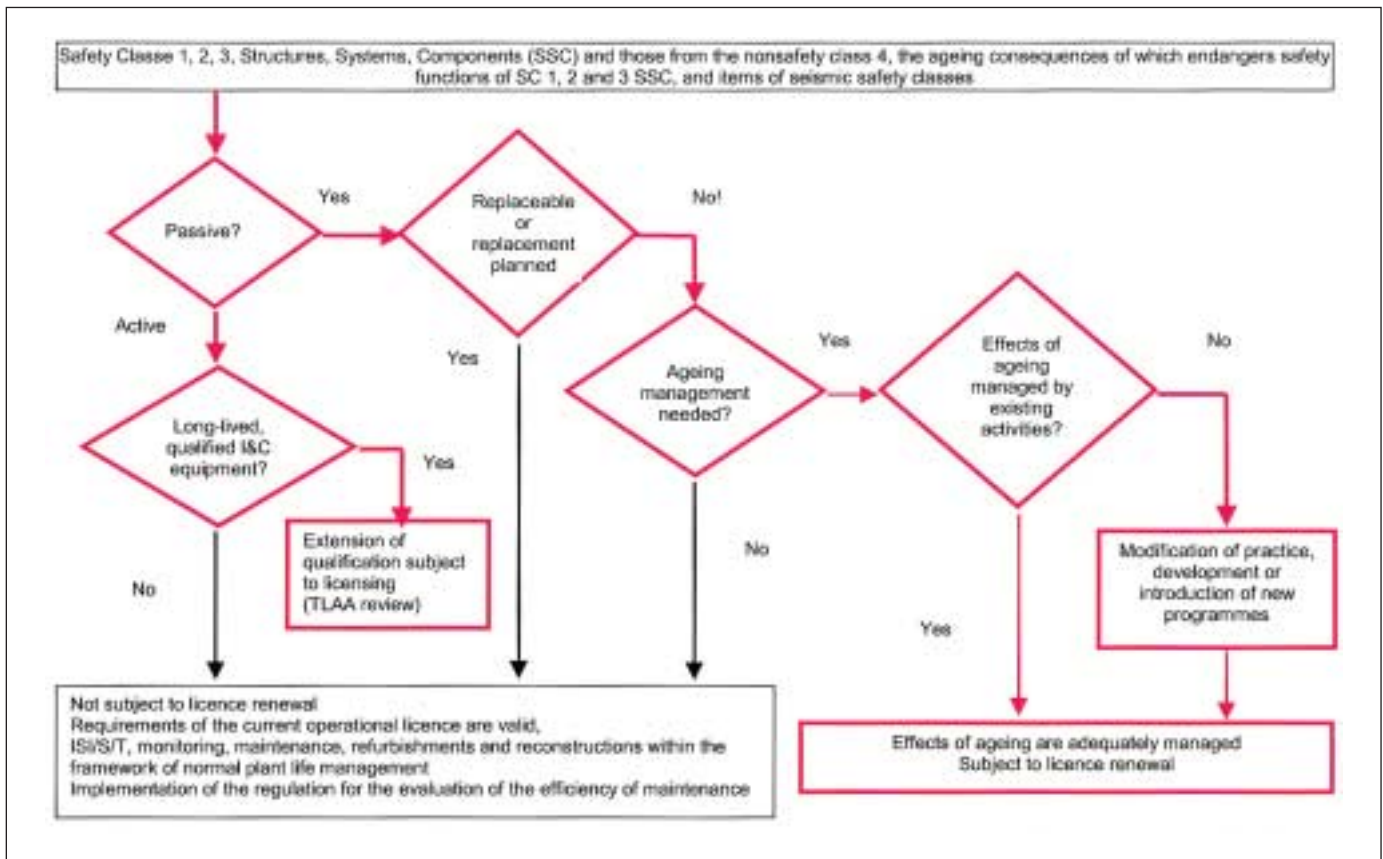
As for the reactor vessels of WWER / 440/213 at Paks NPP the dominant ageing process is caused by embrittlement due to fast neutron irradiation of the material. The vessels are different per units and extending their lifetime can be realized under different conditions. At units 3-4 reactor vessels do

not require extra measures even at 50 years of lifetime. At unit 2 the water in the emergency core cooling (ECC) tanks has to be heated up in order to decrease stress levels caused by pressurized thermal shock (PTS) transients. For this purpose cost-effective technical solutions are available. At unit 1, in case of the 50-year lifetime, in addition to the ECC heating-up, the annealing of the welded joint No. 5/6 close to the core has to be considered with 50% probability. Annealing is no longer a cost-critical measure and it has been successfully applied in the practice of WWER plants (e.g. Finland and Slovakia).

Stress corrosion cracking of heat-exchanger tubes shall be considered also in case of steam generators at Paks. Considering also the modifications (main turbine-condenser replacement, copper removing, putting into stand-by operation the ion-exchangers of condense-cleaner equipment, etc.) introduced up to now, replacement of steam generators can be excluded with a high confidence also in case of 50-year lifetime. However, outer surface local corrosion effects side shall be monitored even in case of high pH water chemistry. Entering of erosion products into the steam generator shall be minimized, for example by means of correct selection of the structural materials during replacement of high-pressure feed-water pre-heaters.

Life-time extension is profitable

The business model of the extension of the operational lifetime covered incomes, originated from electricity generation and sales, direct operational- and extension costs as well as the financing of plant life extension programme. The business assessment shows that construction of a CCGTP to replace the NPP Paks could be reasonable, if during the extended operating time the real electricity price level of the CCGT generation will be below the value of 4.521 HUF/kWh. Compared to CCGTP installation the long-term operation of the NPP requires lower investment expenses, and the direct operational costs are low at nuclear power plants. This result would not be altered by an increase of nuclear fuel prices. On the basis of the net present value criterion, the project of the extension of the operational lifetime is reasonable if the electricity price is above of 5.85 HUF/kWh. The project is doubtlessly



Logic tree and scope of LR project.

more economical if the 20-year life extension is considered.

The Net Present Value of the extension of the operational lifetime, as a project, is demonstrated as function of electricity price. We should add that the zero NPV of the project at 5,85 Ft/kWh ensures a profit of 8,5%, too.

It is also important to note, that until the acquisition of the license-in-principle for extended operation in 2007 only such costs will arise, apart from project costs, that are also needed for the 30 years of designed lifetime. This way the financial risk of the Company due to the project is not significant (compared to the expected benefit).

Technical content of preparation

In order to keep the units of Paks NPP in operation for a further 20 years over their design lifetime, their operational licence has to be renewed. The first step is to obtain the nuclear safety licence-in-principle until

2007 (taking Unit 1 as basis), then to renew the operational licence in 2012 (taking Unit 1 as example).

The tasks of the licensee can be derived from the main safety requirements for extended operation.

1. the conditions of the current operational licence (Current Licensing Basis – CLB) should always be met in compliance with the valid provisions of law, regulations and rules

2. good technical status and performance of the Structures Systems and Components (SSC) with safety functions should be maintained before and after the expiry of the designed lifetime, the activities, programmes for maintaining the required plant status should be initiated and implemented during the designed lifetime, their effectiveness should be systematically reviewed and evaluated,

3. during the operation (within or over the designed lifetime) there is never any possibility to utilize the safety margins of the SSC by referring to the coming end of the licensed lifetime.

The system of requirements can be met the following way:

- (1) maintenance of the required technical status
- (2) ageing management of the SSC
- (3) final resolution of environmental qualification issues and maintenance of the qualified status of equipment
- (4) renewal of the Final Safety Report (FSR) including design base reconstitution and annual updating of FSR.

It is clear that these tasks exist also during the design lifetime under the conditions of the current operational licence. They are requirements formulated in the Nuclear Safety Rules, ordered and scheduled in authority decrees relating to the Periodic Safety Review and Final Safety Report.

Precondition of licence renewal is that the licensee should meet the requirements under the points (1)-(4) already during the designed operational lifetime. Licence renewal affects only the time horizon of the tasks under the points (1)-(4) and gives high priority to the issues related to ageing mana-

TASK	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013-2032
Development of guidance documents, review and update of NSR	—————											
Updating FSAR, design base reconstitution	—————			◆ annual updates								
Periodic Safety Review						—————						
Maintaining required plant status, compliance with Current Licensing Basis											
Implementation of „Maintenance Rule“											
Resolution of EQ issues, programme for ensuring of EQ											
Development of project criteria document, definition of LR scope, development of the project plan	—————											
Project implementation											
Environmental Impact Study, Environmental Licence of extended operation	—————											
Development of the LR application documents, Application for Principal Licence			—————			◆						
Licence in Principle for extended operation							—————					
Implementation of the requirements of Licence in Principle							—————					
Development of the application for LR, LR application									—————			◆
Operational Licence extended for 20 years												◆

Yellow: core tasks of the Project for preparation of LR

Tasks to be performed by the licensee for the preparation and licensing process.

gement in compliance with valid regulations.

The recent updating of the Final Safety Report of Paks NPP has two targets: to reach the compliance with state of the art regulation (adaptation of the US NRC Reg. Guide 1.70) and to reconstruct the design basis. Obviously, the reconstitution and documentation of the design basis is unavoidable information for equipment lifetime evaluations. The annual updating of the FSR is a proper tool for demonstrating the plant safety “as is”.

Licence renewal procedure is focusing on ageing and functionality of passive long-lived SSC. It is understandable, as the required technical status of other components can be ensured by proper inspection, testing, monitoring practice, maintenance, reconstruction and replacement. These activities can be optimized via monitoring program.

In the case of the active components the safety function and the availability can be controlled with tests. All this is hardly to apply to the long-lived, usually non-replaceable (or replaceable at irrational costs) passive components that can be a real obstacle to operation over designed lifetime.

Environmental qualification (EQ)

Lack of environmental qualification (EQ) of the electrical and I&C equipment has been identified as a specific WWER issue. After first PSR a programme was launched for re-qualifying the electrical and I&C equipment. Resolution of the EQ issue and maintenance of the qualified status of the equipment are the conditions of CLB. This is a precondition of the extended operation too.

Regarding assurance of required plant status the efficiency of maintenance activities has to be assessed in accordance with safety and performance criteria. This assessment has to demonstrate the performance and function of safety related SSC. This allows for limiting the scope of LR to the long-lived passive SSC. Such an interpretation of the Regulatory control of the efficiency of the maintenance activities is a new element in the Hungarian Regulation.

Consequently, Paks NPP must have, for the maintenance of good plant status, a lifetime management programme consisting of a proper ISI/S/T and status-monitoring practice, maintenance, and reconstruction programme, including the ageing-management program as well as the program for maintenance of qualified status. The lifetime management program has to be optimized in respect of the technical content, schedule and expenses in accordance with the status of the plant.

In the system outlined above the Periodic Safety Review has a specific scope and function. This is not a tool for licence renewal, but a licensee self-assessment and reporting obligation. The PSR contains the assessment of the long-term processes and

References

- [1] Katona T., Bajsz J.: PLEX at Paks: making virtue out of necessity, Nuclear Engineering International, June 1992
- [2] Dr. Katona, Tamás: Lifetime extension at the Paks Nuclear Power Plant, 20th Anniversary of Unit 1., Jubilee Technical Conference, 20-22 November 2002., Paks

changes in plant status, the changes of the site hazards, assessment of the new scientific results affecting the safety, refreshment of the safety analysis techniques, compliance-check with the modern international requirements, new tendencies in the development of the industry, feedback of experience. The PSR is the source for the identification of the safety upgrading measures.

Licence Renewal Preparation

NPP Paks launched a Project for the preparation of the licence renewal of the units. Between 2003 and 2006 the LR Project has to develop the documents necessary for the application for in-principle approval of the extended operation over designed lifetime. The preparation, establishment and licensing of the extended operation is a complex task that can be resolved only by co-operation with Hungarian technical supporting institutions and with consideration of foreign experiences. From technical and licensing point of view the project tasks are inter-related with the power uprating project and renewal of the Final Safety Report.

The main tasks of the Project are to

- identify the scope of the SSC, which are essential for safe operation of the units over designed lifetime,
- determine the ageing processes which should be managed in relation to safe operation over designed lifetime,
- estimate the status of the systems, structures and components (SSC) within the scope of the licence renewal,

- evaluate ageing management programs and, if necessary, modify them, or develop and initiate new programs,
- determine the scope of time limited safety and ageing analyses which are adequate for licence renewal
- evaluate validity of existing safety and ageing analyses for the extended operation

Environmental licensing

The licence of the Environmental Protection Authority and also the licence for using water resources have to be attached to the application for the licence-in-principle of the extended operation. In the execution of the LR Project the critical element is the environmental licensing. It defines the critical path. The environmental impact study to be performed, will be based on the site evaluation program already in process. Very important and politically sensitive step of the environmental licensing is the public hearing.

Besides the core tasks, the LR Project has to provide support e.g. for the implementation of the rules related to the efficiency of the maintenance. The Project provides information for the development of the plant life management program. An important element of this is the Programme for Development and Investment of 2003-2007. The LR Project cooperates with the sections of the Company responsible for human resources management, training and PR activities in order that they would consider the preconditions and expectations of the 30+20 years of operation. The LR Project main-

tains close coordination with the Power Uprating- and the Final Safety Report Projects.

The International Atomic Energy Agency supports the Hungarian program of Licence Renewal with a Technical Cooperation Project. It is important to exploit all the opportunity of the IAEA Project and all other international forums for the international acknowledgement of the company's goals and results.

Summary

For the extension of operation over the designed lifetime at Paks NPP the suitability of the equipment and components for the extended lifetime must be verified via status assessment and analyses. A complex ageing management program must be elaborated on and operated which ensures the required functionality that is essentially an ageless safe condition of the plant. A Project has been launched to prepare the Licence Renewal. This Project will demonstrate and verify, in a way transparent for the Hungarian and international public opinion, that the Nuclear Power Plant Paks, can be operated at least up to 50 years in accordance with the nuclear safety- and environmental regulations and the international standards. Nuclear Power Plant Paks will stay a safe and clear source of the domestic electricity generation. ■



*Rátkai, Sándor Imre (1959), Engineer-mathematician, Group Leader worked from 1983 in Paks Nuclear Power Plant Ltd. Co. (Development and Analysis Section); different engineering positions (analysis, R&D, ageing management) in technical support organization of the Company. 2000-2003 charged in technical aspects for preparation of the lifetime extension application tasks.
36-75-508576, ratkai@npp.hu ,
Paks Nuclear Power Plant Ltd. Co.,
7031 Paks, P.O.Box: 71*



*Dr. Katona, Tamás János (1948), Engineer-physicist, university doctor, PhD nuclear engineering, Scientific adviser, 1973-1983: Hungarian Academy of Sciences, Central Institute of Physics, Since 1983 worked in different leading positions in technical support organization of the Company and in years 2000-2003 management of preparation of the lifetime extension and power uprating project.
36-75-508558, katonat@npp.hu ,
Paks Nuclear Power Plant Ltd. Co.,
7031 Paks, P.O.Box: 71*



*Jánosiné Bíró Ágnes, (1955), M.Sc. Mechanical Eng., M. Sc. Nuclear Eng. Project Manager Electric Power Research Institute Ltd. Co. Budapest, 1980-1983: Ganz Röck Manufacturing Company; Since 1983: Electric Power Research Institute Ltd Co., Project Manager of the Nuclear Power Engineering Section Different leading position in technical support of preparation of NPP Aging Management, Design Life Extension and other condition monitoring activities.
Address: VEIKI RT./HED, 1078 Budapest, Murányi u.47.
phone: 36-1 461 30 59, janosi@mail.elender.hu*

Analysis of the efficiency of old PWR's

The oldest PWRs now in operation are some thirty years old. Operating margins are considerable and in the present economic context (acquisition costs amortized, or almost; deregulation), it might be beneficial to extend their lifetime beyond the initially planned 40 years. Recently in the United States, for example, six PWR units had their operating licenses prolonged from 40 to 60 years. A study was made to determine, on the basis of a sample of old PWRs, the factors which favor early decommissioning or, on the contrary, a life extension.

Extending the period of operation of existing PWR units has a potential for generating significant economic benefits. The operating margins are considerable and today, the investment cost of a nuclear unit represents approximately one-half of the cost price of electricity.

In the United States, 2001 forecasts made by the American government (www.eia.

doe.gov/oiaf/aeo/) project a one-third increase in nuclear power generation in 2020 in relation to 2000.

This increase would be due to:

- what now appears to be a relatively low investment cost for extending the lifetime of existing plants,
- high costs projected for natural gas,
- the foreseeable growth in electric power consumption.

For this reason, the extension of licenses from 40 to 60 years is an important issue in the United States, and opens up new prospects for the nuclear power industry. The American government predicts that 27 units (generating some 22 GW) will be operating in 2020 beyond the 40 years projected at the time of their design.

We already know, that the NRC has authorized the extension from 40 to 60 years

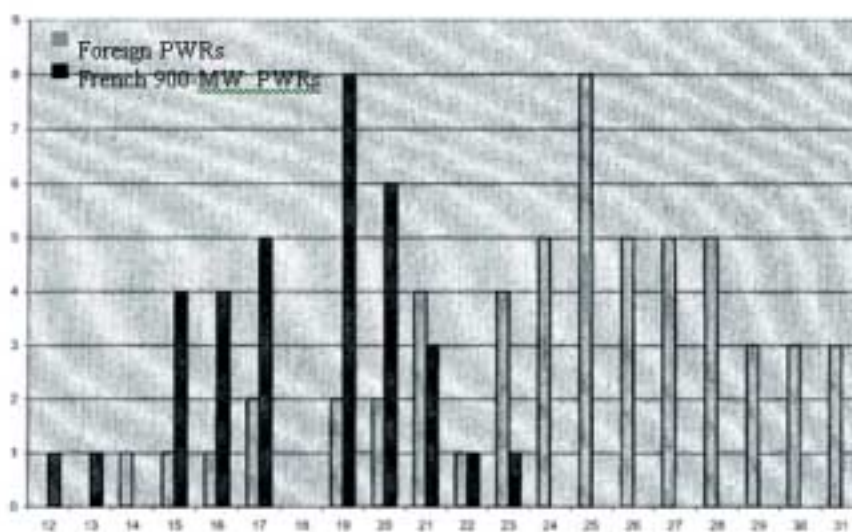


Figure 1 - Breakdown of age of reactors studied, now in operation.
Mean age of foreign reactors = 24.9 (4.1)
Mean age of French reactors = 18.1 (2.6)

Table 1 - Reactors studied

Decommissioned PWRs	12
Old PWRs still in operation	
having received authorization to extend operation	7
having requested authorization to extend operation	19
outside Europe, at least 25 years old	15
inside Europe, at least 20 years old	14
Total	67

The objective of the present study is to use data collected on a sample of aging PWRs to:

- analyze the real reasons for early shut-down,
- or, on the contrary, identify key factors favorable to an extension of lifetime beyond the 40 years initially planned at the time of design.

The study is based on an analysis of design and performance data in order, first, to determine the main factors behind premature shutdown or extension of operation and second, to build a predictive behavior model for a nuclear unit.

Data based

Table 1 shows the PWR units studied. As shown in Figure 1, these reactors are older than the PWR units in the French 900-MW plant series.

The plants are in a number of countries: Belgium, Germany, Japan, Netherlands, Spain, Sweden, Switzerland, United States.

The criteria examined were all possible causes for decommissioning. They had been defined by a group of experts, and can be broken down into 11 categories: identity, design, operating history, maintenance, site (or geography), control, safety, operation, economic aspects, political or media-related aspects, observations (free text). Some of these criteria are studied over several years. This corresponds to some 250 criteria/unit studied.

A database was defined and constituted, enabling:

- entering and modification of monitoring data,
- queries and data sorting,
- data extraction for specific processing,
- printing of a report for each reactor studied, comprising all the characteristics and performance data found.

for ten units: (Calvert-Cliffs 1-2, Oconee 1-2-3, Arkansas Nuclear One), (Edwin Hatch 1-2, Turkey Point 3-4). More than 20 further units have requested an extension from the NRC.

However, the American administration also forecasts that 35 (26 GW) of the 103 PWR and BWR units now in operation will have been shut down in 2020.

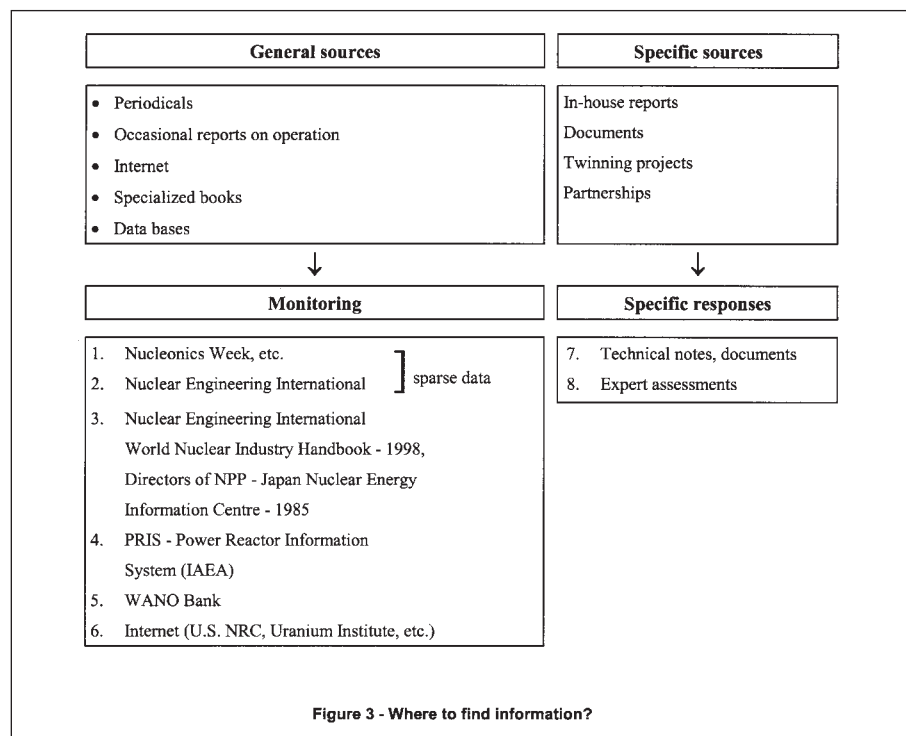


Figure 3 - Where to find information?

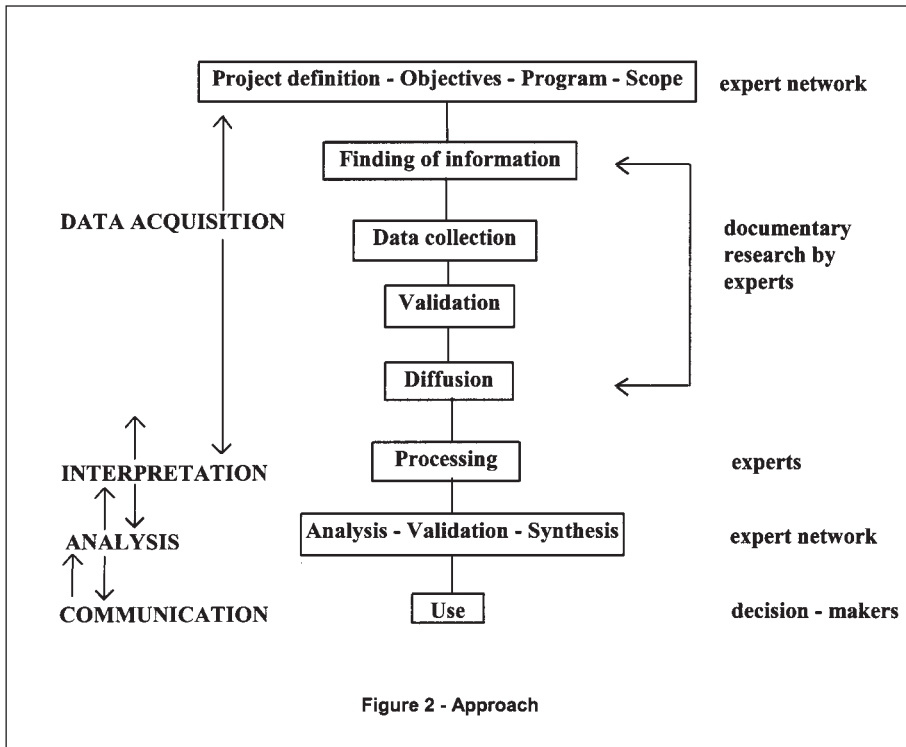


Figure 2 - Approach

Analysis method

Figure 2 shows the approach followed, consisting in three main phases:

Collection of raw data: Figure 3 shows the main data sources used for this study.

The process of acquisition is difficult, time-consuming and tedious. Data warning software was used but without success. Information is sparse in technical literature and data must often be collected “manually”. Information on costs, exceptional main-

tenance (major replacements) and problems related to human factors is particularly difficult to obtain.

Data validation: once collected, the data must be validated, by comparison of the sources and cross-checking. This process is indispensable to the reliability of later analysis. It is often, but not always, possible to perform this validation: it was never possible, for example, to validate data on exceptional maintenance.

Data analysis and interpretation: two types of analysis are carried out: preliminary qualitative analysis and a quantitative analysis based on data analysis methods. The results obtained are interpreted by a group of experts.

Results of qualitative analysis

Table 2 classifies the main reasons for premature shutdown as deduced from this qualitative analysis. In particular, we should note:

- coefficients of availability which decrease in the three years before the shutdown,
- uncontrolled maintenance costs,
- only one unit per site, making it impossible to spread out expenditure,
- problems relating to human factors or to the reactor vessel,
- the lost cost of competitive energies (gas, in particular)
- the investment needed for rehabilitation to comply with safety standards
- the political climate: note that human problems and political aspects are discriminating in favor of shutdown.

A comparison has been made with a recent publication from Duke Power

Table 2 - Qualitative analysis - classification of main reasons for shutdown of PWR plants

This study	Main reasons for shutdown of American plants - Duke Power study [3]
1. Decreasing Kp - Kd ratio - Poor availability	1. Low cost of competitive energies
2. Uncontrolled maintenance costs	2. High operating - maintenance costs
3. Sites with a single unit	3. Decreasing Kp production ratio
4. Problems related to human factors	4. Expenditure too high in view of remaining lifetime
5. Problems related to the reactor vessel	5. Number of years remaining before complete amortization
6. kWh cost	6. Overcapacity in production in the region
7. Investment too great for rehabilitation for compliance with safety standards	7. Stiffening of regulations
8. Political climate	8. Sites with a single unit
	9. Company industrial strategy
	10. Deregulation and market conditions
	11. Local political climate
	12. Regional economic conditions
	13. Uncertain return on investment

André Lannoy
 EDF R&D, 6 quai Watier,
 78401 Chatou, France
 33130878179
 andre.lannoy@edf.fr
 scientific adviser

OSKARSHAMN 1 – Sweden's oldest nuclear power station?



Oskarshamn 1 has undergone the most extensive upgrade ever in the Swedish nuclear industry. In many respects, the work transforms the country's oldest station into the most modern. Oskarshamn 1 has a couple of features that distinguish it from other Swedish nuclear power stations. It has a radial high-pressure turbine with two counter-rotating shafts, each connected to a generator; and it also has a support condenser. The small size of the building itself forced process and safety equipment to be placed close to each other.

Pipework problems

The upgrade recently completed is the third and last phase in a modernisation programme that can be traced back almost ten years. In September 1992 the Swedish nuclear authority withdrew the commissions for five nuclear power stations, among them Oskarshamn 1. This was done to investigate and rectify a construction weakness in the shutdown cooling system.

"Whilst carrying out inspections we found cracks in parts of the pipework," said Gösta Carlsson, head of Oskarshamn 1. "The pipes had become frail in the manufacturing process and all the damaged pipework had to be replaced. During the spring of 1993 more flaws were found, this time on internal parts of the reactor tank. In the summer of 1993 the company board decided to undertake a full investigation of the entire station."

The investigation project was named FENIX, and attracted quite a bit of international attention as both inspections and work was carried out in the reactor vessel.

"The decontamination of the reactor vessel was very successful," said Carlsson. "We used oxalic acid and achieved better

Between 1972 and 1985 twelve nuclear power stations were commissioned in Sweden. Three of these are located at Oskarshamn; unit 1, with an output of 465MWe was officially opened on 8 May, 1972; the 620MWe unit 2 opened in 1974; and finally unit 3 (1200MWe) opened in 1985. The Swedish spent fuel interim storage facility is also located at the Oskarshamn site.

results than we could have dreamed of. The project also gave us a lot of new information. For instance we learned that the reactor vessel was in very good condition and that made us confident about the future of Oskarshamn 1. But the investigation also showed some weak spots elsewhere in the station and, in 1995, a modernisation plan was established to ensure that Oskarshamn 1 could stand up to future demands, regarding both safety and availability. At this point we estimated that the final upgrade was going to be completed during 1999."

Modernisation begins

The formal decision to continue the modernisation plan was taken in 1997 and, in 1998, project MAX was started. During this project several internal reactor parts, such as the moderator tank and lid were replaced to ensure that all internal parts could stand up to firmness requirements. The isolation valves in the main recirculation system were also replaced during project MAX. In 1998 several preparations for the third and final modernisation project, project MOD were also made.

As already mentioned, Oskarshamn 1 is a small power station. An important part of the modernisation programme has therefore been to implement a new safety concept where process and safety systems are separated. To make this concept possible a new building – the electric control building (EKB) – was constructed in 1998, wall-to-wall with the original power station. Today, the EKB holds the emergency power systems and the I&C equipment, all separated into four zones. Two diesel generators for emergency power were purchased and placed in the EKB. The EKB also holds an emergency control room and the building meets seismic requirements.

Reactor protection system

Project manager Anders Helmersson said: "The new safety concept also includes a reactor protection system. The reactor protection is part of a new computer-based control system called ADVANT, developed by Westinghouse Atom. ADVANT is going to change the work of both control room operators and maintenance technicians in many ways. The fact that ADVANT is computer-based means that we can get access to far more process information than before,

and this will make troubleshooting less complicated."

ADVANT consists of four main components. Computer screens that make up the operator interface and control boards where process data is received and operations are transmitted. Process data is treated by function processors and is stored and calculated by a main processor. These separate parts are linked together by a network. Safety-related functions also have a hardwired backup, as it is important to always have a traditional backup.

Developing ADVANT proved to be the single most difficult and time-consuming part of the whole modernisation programme. It may seem strange to some as computer-based control systems are not unusual in modern industries, in fact they have been common on the market for many years.

"But qualifying a computer-based control system for the safety demands put up by the nuclear industry is definitely something else," said Helmersson. "On the other hand the whole project was dependent on it, so we chose to postpone the start of project MOD. Initially we planned to start in 1999, but it actually took until 2001 before the final factory acceptance test was approved by the company."

The new safety concept and the computer-based control system meant that a number of changes in the control room environment had to be implemented. An extensive reconstruction of the control room is now taking place.

"We realised at an early stage that the modernisation programme was going to radically change the control room," said Helmersson. "A control room team had the task of developing ideas for a new environment inside the same four walls as before. Opinions and experience were gathered from fellow control room operators and even experts on human behaviour were consulted. A number of layouts using virtual reality software were presented and all these ideas have been distilled into a final layout that is both practical and safe."

Control room simulator

Parallel with the development of a new control room, a simulator for Oskarshamn 1 was built on an industrial site in the town of Oskarshamn, some 30 km from the power station site. The simulator is intended to meet the needs of future training for the

control room operators but is also an essential part of the preparation for the restart of the power station. Building a simulator of a control room that doesn't yet exist has of course been quite a bit of a challenge, but since 1 January 2002 the simulator is being used for preparatory training. Control room operators will follow a training programme that ends in October, just before the restart of Oskarshamn 1.

"The simulator project has consistently been one step ahead of the rebuild of the real control room and, at times, that has forced us to look into a future that we know nothing about. On the other hand, we gathered a lot of experience of the new functions while starting up the simulator and a number of construction errors were actually identified and corrected before the rebuild even started. That will save us a lot of time and trouble during the test and start-up period later on this year," said Helmersson.

Turbine replacement

Most of the upgrade work at Oskarshamn 1 is in one way or another related to safety issues and the ability to meet the demands outlined by the Swedish nuclear authorities. But one part of the upgrade project is aiming at other goals, namely the turbine replacement.

"The turbine at Oskarshamn 1 has been sensitive to vibrations since day one and through the years that has caused a number of undesired turbine trips. The turbine has also been subject to extensive wear and it simply needed an upgrade to cope with the company's availability goals. Most of the major turbine components will be replaced," said Helmersson.

The modern turbine components need less maintenance since they are built of stronger materials. Before the turbine is assembled the condenser will be strengthened by a system of reinforcement beams. This is another important measure in dealing with vibration problems. The reheater system will also be replaced by a new one. Not only the availability is improved. The new shape of the low-pressure turbine is going to raise the output even though the thermal power remains the same.

"Alstom Power, the turbine supplier, says that the output will be improved by at least 15MWe, maybe even more. It is hard to make an exact estimate at this point," said Carlsson.



Pump housings

During the upgrade at Oskarshamn 1 the pump housings of the main recirculation system were replaced. Project FENIX investigations showed that there were flaws on all four pump housings in the system – the same kind of manufacturing damage that was found on the pipework. The flaws were corrected during FENIX but, ever since, extensive tests of the system have been required, a lengthy and dose-accumulating process. The new pump housings are made of better materials that require less frequent testing.

Dose rates

A big scale upgrade of this kind requires good dose management. So far, the dose accumulation among the project staff follows the expected rates. This would not have been possible without the work by the company's own decontamination group.

“As the project started we soon realised that the dose was higher than we had expected in several systems. Extensive decontamination was carried out and that consequently brought a higher dose to those involved in it. We saw that as an investment

to avoid high dose accumulation to a large number of people later on in the project. We are still working hard to decontaminate further and so far we have been successful. In some areas the dose has been reduced by as much as 70%,” said Helmersson.

Project MOD

Project MOD started on 7 December 2001. The first month was dominated by regular overhaul jobs like maintenance and refuelling. In January 2002 the dismantling of old equipment began and, during February, the project gradually entered the installation phase. The test and start-up period started in late June. Oskarshamn 1 was to be restarted on 23 October 2002, had everything worked out according to the initial plan.

According to Helmersson: “The upgrade of Oskarshamn 1 is a huge project. Six hundred workers from external suppliers are currently working alongside our own personnel. A lot of work is being done every day inside a very limited area. Needless to say, that requires a lot of planning and cooperation. I look forward to the second half of this project and, on 23 October, I intend to hand over a much upgraded power station to Gösta Carlsson.”

Due to some delays, the restart took place in January 2003. The station was connected to grid on 2 January 2003, and full power was achieved on 22 January. Oskarshamn 1 produced then 494 MW, which was much higher than the expected 480 MW. Project MOD is now completed, and continued electricity production is foreseen for many years to come.

Roger Bergman
Kommunikatör, OKG AB
572 83 Oskarshamn
tel: +46 491 78 60 00
info@okg.sydskraft.se
www.okg.se



License renewal program in the U.S.

The U.S. NRC license renewal rule establishes the technical and administrative requirements for renewal of operating power plant licenses. Reactor operating licenses were originally issued for 40 years and are allowed to be renewed for an additional 20 years. The review process for renewal applications provides continued assurance that the level of safety provided by an applicant's current licensing basis is maintained for the period of extended operation. The license renewal review focuses on passive, long-lived structures and components of the plant that are subject to the effects of aging. The applicant must demonstrate that programs are in place to manage those aging effects. The review also verifies that analyses that are based on the current operating term have been evaluated and shown to be valid for the period of extended operation. The NRC has renewed the licenses for 10 reactors at five plant sites. Applications to renew the licenses of 20 additional reactors at 12 plant sites are under review. If the applications currently under review are approved, 25 percent of the licensed operating reactors will have extended their lifespan by 20 years. License renewal is voluntary. The licensee decides whether to seek license renewal and when to file an application.

In the United States, the Nuclear Regulatory Commission (NRC) issues operating licenses for commercial power reactors to operate for up to 40 years and allows the licenses to be renewed for another 20 years. A 40-year license term was selected on the basis of economic and antitrust considerations—not technical limitations. There are 103 operating plants in the U.S. The first 40-year operating licenses will expire for four plants in 2009. More than 30 percent of the 99 remaining operating plant licenses will expire by 2015. The decision to seek license renewal rests entirely with nuclear power plant owners, and that decision typically is based on the plant's economical viability and whether the plant can meet NRC requirements. The NRC has established a license renewal process that can be completed in a reasonable period of time with clear requirements to

assure safe plant operation for up to an additional 20 years of plant life. The NRC has renewed the operating licenses for five plants since March 2000: Calvert Cliffs (Units 1 and 2), Oconee (Units 1, 2, and 3), Arkansas Nuclear One (Unit 1), Hatch (Units 1 and 2), and Turkey Point (Units 3 and 4). The NRC is currently reviewing nine license renewal applications.

License renewal review

The license renewal review process proceeds along two tracks—one for safety issues and the other for environmental issues. An applicant must provide NRC with an evaluation that addresses the technical aspects of plant aging and describes how the effects of aging will be managed in accordance with the license renewal rule (10 CFR Part 54) (Ref. 1). The license renewal rule focu-

ses on managing the adverse effects of aging on plant structures and components. The NRC staff reviews the application and verifies the safety evaluations through inspections. The applicant must also prepare an evaluation of the potential environmental impact of plant operation for another 20 years. Public participation is an important part of the license renewal process. The NRC holds a number of public meetings during each license renewal application review. NRC evaluations, findings, and decisions are published when completed. In addition, members of the public have an opportunity to request a formal adjudicatory hearing if they would be adversely affected by the renewal. A nuclear power plant licensee may apply to the NRC to renew its license as early as 20 years before expiration of its current license. NRC review of a renewal application is expected to take approximately 30 months if an adjudicatory hearing is held, or 22 months without a hearing.

Safety Review – Regulatory Principles

The license renewal rule rests on the determination that current operating plants continue to maintain an adequate level of safety. Over the lives of the plants, this level has been enhanced through maintenance of the current licensing basis, with appropriate adjustments to address new information from industry operating experience. Additionally, regulatory activities have provided ongoing assurance that the current licensing basis will continue to provide an acceptable level of safety. Based on this determination, the NRC established two fundamental principles for license renewal:

(1) The regulatory process is adequate to ensure that the licensing basis of all currently operating plants provides and maintains an acceptable level of safety so that operation will not be inimical to the public health and safety or the common defense and security. A possible exception may be the detrimental effects of aging on the functionality

of certain systems, structures and components, and possibly a few other issues that arise only during the period of extended operation; and

(2) Each plant's licensing basis must be maintained during the renewal term in the same manner and to the same extent as during the original licensing term.

The NRC regulatory process ensures the safety of operating plants in various ways. NRC issues bulletins, generic letters, and information notices; promulgates new or revised regulations, which require action by licensees; and performs a number of special NRC inspections (in addition to the continuous oversight and routine inspection activities performed by the NRC onsite inspectors). Because of this comprehensive regulatory process, compilation of the current licensing basis or reverification of the current licensing basis is not considered necessary for license renewal.

The NRC has established an inspection program for license renewal. The program verifies, at the plant and in the applicant's engineering offices, that aging management programs have been implemented consistent with the renewal application and the NRC's safety evaluation and that the programs are effective at managing the effects of aging. The inspections sample the results of the process used by the applicant to identify structures and components within the scope of license renewal and sample the applicant's aging management programs and design analysis changes. The NRC performs a scoping inspection and an aging management inspection as part of the license renewal review process. If needed, an optional third inspection is performed to resolve any items remaining from previous inspections (the scoping inspection and aging management inspection) or from the review.

The NRC's regulations permit any member of the public whose interest may be affected by the renewal of the plant's operating license to petition the NRC to conduct an adjudicatory hearing. The petition must set forth the interest of the petitioner in the proceeding and must identify the issue that the petitioner wishes to have litigated in a hearing. The petitioner must provide sufficient information with the request to demonstrate that a genuine dispute exists with the applicant on a specific issue of law or fact. Hearings are expected to be conducted on an efficient and reliable schedule, while ensuring fair resolution of contested issues.

Aging Management Review

The license renewal rule requires applicants to manage aging of long-lived, passive structures and components. The applicable aging effects are those that have occurred and those that could potentially cause structure and component degradation. The materials, environment, stresses, service conditions, operating experience, and other relevant information are considered in identifying applicable aging effects.

Aging management programs are generally of four types: prevention, mitigation, condition monitoring, and performance monitoring. Prevention programs prevent the effects of aging. For example, coating programs prevent external corrosion of a tank. Mitigation programs attempt to slow the effects of aging. For example, water chemistry programs mitigate internal corrosion of piping. Condition-monitoring programs inspect for the presence and extent of aging effects. Examples are the visual examination of concrete structures for cracking and the ultrasonic examination of pipe walls for erosion-corrosion-induced wall thinning. Performance-monitoring programs test the ability of a structure or component to perform its intended functions. For example, a heat balance tests the heat transfer capability of heat exchanger tubes.

More than one type of aging management program may need to be implemented to ensure that aging effects are managed. For example, in managing internal corrosion of piping, a mitigation program (water chemistry) may be used to minimize susceptibility to corrosion. However, condition monitoring (ultrasonic inspection) may also be necessary to verify that corrosion is indeed insignificant.

The ten mandatory elements

Detection of aging effects should occur before there is a loss of the structure and component. As described in the Standard Review Plan for License Renewal (Ref. 2), the NRC staff considers that an acceptable aging management program should consist of the 10 mandatory elements (see the table). The NRC staff systematically evaluates license renewal aging management programs against these 10 elements. On the basis of this evaluation, the NRC staff may ask the applicant to augment specific areas of a program.

The current licensing basis of a plant also includes time-limited aging analyses (TLAAs), as defined in 10 CFR Part 54. These are existing aging analyses that assume a 40-year operating term. An example is metal fatigue analysis based on the number of anticipated cyclic loads for 40 years.

REFERENCES

1. 10 CFR Part 54, Requirements for Renewal of Operating Licenses for Nuclear Power Plants, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
2. NUREG-1800, Standard Review Plan for Review of License Renewal Applications for Nuclear Power Plants, U.S. Nuclear Regulatory Commission
3. NUREG-1801, Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report, U.S. Nuclear Regulatory Commission, July 2001.
4. Regulatory Guide (RG) 1.188, Standard Format and Content for Applications to Renew Nuclear Power Plant Operating Licenses, U.S. Nuclear Regulatory Commission, July 2001.
5. NEI 95-10, Industry Guideline for Implementing the Requirements of 10 CFR Part 54 - The License Renewal Rule, Revision 3, Nuclear Energy Institute, March 2001.
6. 10 CFR Part 51, Environmental Protection Regulations for Domestic Licensing and Related Regulatory Functions, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
7. NUREG-1437, Generic Environmental Impact Statement for License Renewal of Nuclear Plants, U.S. Nuclear Regulatory Commission, May 1996.
8. NUREG-1555, Standard Review Plans for Environmental Reviews for Nuclear Power Plants, Supplement 1, U.S. Nuclear Regulatory Commission, October 1999.
9. RG 4.2, Preparation of Supplemental Environmental Reports for Applications to Renew Nuclear Power Plant Operating Licenses, Supplement 1, U.S. Nuclear Regulatory Commission, September 2000.

The license renewal rule requires the applicant to extend these TLAs to show that the aging analysis conclusions are valid for 60 years. Alternatively, the applicant can demonstrate that the aging effects associated with these TLAs will be adequately managed for license renewal by aging management programs. The TLA evaluations are discussed further in Refs. 1 and 2.

Safety Review

– Guidance Documents

To facilitate the review of license renewal applications, the NRC established a process that ensures stability and predictability. The license renewal process was developed using input from interested parties in the nuclear industry and members of the public and was documented in three improved NRC guidance documents, namely, the Standard Review Plan for License Renewal (Ref. 2), the Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report (Ref. 3), and the regulatory guide for the standard format and content of renewal applications (Ref. 4). These guidance documents are based on NRC research activities and the experience gained from applicants' preparation of renewal applications and the NRC's review of the applications. These documents provide guidance for future renewal applicants in preparing applications, for the NRC staff in performing reviews, and for the public by informing them of the license renewal process.

The GALL Report documents the basis for determining when existing programs are adequate and when existing programs should be augmented for license renewal. During the review of the first renewal applications, the NRC and the industry recognized that many of the existing programs at the plants could adequately manage aging effects for license renewal without change. Therefore, the NRC staff undertook a generic review and a technical evaluation of existing plant programs to determine which programs would adequately manage aging effects without change, and which programs would need to be augmented. The technical evaluation is documented in the GALL Report.

The GALL Report is referenced in the Standard Review Plan for License Renewal as the technical basis for identifying those programs that warrant particular attention

during NRC's review of a license renewal application. The standard review plan provides guidance to NRC reviewers performing the safety review of license renewal applications. The principal purposes of the standard review plan are to ensure the quality and uniformity of reviews and to present a well-defined framework for evaluating renewal applicant programs and activities for the period of extended operation. The standard review plan is also intended to make information about regulatory matters widely available in order to enhance communication with the nuclear power industry and interested members of the public.

The license renewal regulatory guide provides applicants with the format and content for a license renewal application. The regulatory guide endorses the Nuclear Energy Institute's (NEI's) guideline for implementing the requirements of the license renewal rule (Ref. 5).

The NRC has established a process to document lessons learned from ongoing license renewal reviews and to use these lessons to continue to improve the efficiency and effectiveness of the license renewal process. Experience gained is disseminated as interim staff guidance for use by applicants and other interested parties until the guidance can be incorporated into the guidance documents. The guidance documents and the interim staff guidance process have helped improve the efficiency of the license renewal process by (1) clearly defining the scope of information required from applicants, (2) clearly defining the scope of the NRC's review, and (3) focusing attention on issues related to aging.

The guidance documents were developed to be used collectively and to provide consistent guidance to NRC reviewers and license renewal applicants. While the standard review plan, GALL Report, regulatory guide, and NEI guideline do not contain NRC requirements, they represent an acceptable method for meeting the requirements of the license renewal rule. The NRC will continue to update these documents as lessons are learned and process improvements are identified from the review of renewal applications and from operating experience. Based on process efficiencies identified to date, the NRC expects to reduce the resources required to review license renewal applications and still maintain established schedules.

Environmental Reviews

The environmental protection regulations (10 CFR Part 51) (Ref. 6) were revised in December 1996 to facilitate the environmental review for license renewal. Certain issues are evaluated generically for all plants, rather than separately in each plant's renewal application. The NRC's evaluation, Generic Environmental Impact Statement for License Renewal of Nuclear Plants (GEIS) (Ref. 7), assesses the scope and impact of environmental effects that would be associated with license renewal at any nuclear power plant site. A plant-specific supplement to the generic environmental statement is required for each licensee that applies for license renewal.

The NRC performs plant-specific reviews of the environmental impacts of license renewal in accordance with the National Environmental Policy Act and the requirements of 10 CFR Part 51. A public meeting is held near the nuclear power plant seeking renewal to "scope-out" or identify environmental issues specific to the plant for the license renewal action. The result is an NRC recommendation on whether or not the environmental impacts are so great that they should preclude license renewal. This recommendation is presented in a draft plant-specific supplement to the GEIS. The draft supplement is published for comment and discussed at a separate public meeting. After considering comments on the draft, NRC prepares and publishes a final plant-specific supplement to the GEIS.

The NRC issued a supplement to the environmental standard review plan (Ref. 8), which provides guidance on how to review the environmental portions of renewal applications. The NRC also issued a supplement to the environmental regulatory guide (Ref. 9), specifying the format and content of the environmental reports which must accompany license renewal applications.

Status of License Renewal Applications

The NRC has renewed the licenses for 10 reactors at five plant sites. Currently, applications to renew the licenses of 20 additional reactors at 12 plant sites are under review (North Anna, Units 1 and 2; Surry, Units 1 and 2; Catawba, Units 1 and 2; McGuire, Units 1 and 2; Peach Bottom,

The 10 mandatory elements according to the Standard Review Plan for License Renewal (Ref. 2):

1. **Scope of program**
The program should cover the specific structures and components being evaluated for license renewal.
2. **Preventive actions**
Preventive actions should mitigate or prevent the applicable aging effects.
3. **Parameters monitored or inspected**
The parameters to be monitored or inspected should be identified and linked to the effects of aging on the intended functions of the particular structure and component. For a condition-monitoring program, the parameter monitored or inspected should detect the presence and extent of aging effects. Examples are measurements of wall thickness and detection and sizing of cracks. For prevention and mitigation programs, the parameters monitored should be the specific parameters being controlled to achieve prevention or mitigation of aging effects. An example is the coolant oxygen controlled in a water chemistry program to mitigate pipe cracking.
4. **Detection of aging effects**
intended functions under all design conditions of the current licensing basis. The inspection method (e.g., visual, volumetric, or surface examination), sample size, data collection, and timing of inspections should ensure timely detection of aging effects. When sampling is used to inspect a group of structures and components, the inspection population should be based on a similarity of materials of construction, fabrication, procurement, design, installation, operating environment, and aging effects. The sample should be biased toward locations most susceptible to the aging effect of concern. There should be provisions to expand the sample size when degradation is detected in the initial sample.
5. **Monitoring and trending**
Monitoring and trending should predict the extent of degradation and, thus, allow timely corrective or mitigative actions. Data collected over time should be evaluated to estimate a degradation rate and confirm that the next scheduled inspection will occur before a potential loss of structure or component intended function.
6. **Acceptance criteria**
The acceptance criteria, against which the need for corrective actions will be evaluated, should ensure that the structure and component intended functions are maintained under all current licensing basis design conditions during the period of extended operation. For example, erosion-corrosion may cause carbon steel pipe wall thinning under certain conditions. An aging management program for erosion-corrosion may consist of periodically measuring the pipe wall thickness and comparing it to a specific minimum wall acceptance criterion. Corrective action, such as piping replacement, is taken before this minimum is reached. The piping may be designed for thermal, pressure, deadweight, seismic, and other loads, and the acceptance criterion must ensure that the thinned piping would be able to carry these current licensing basis design loads.
7. **Corrective actions**
Root cause determinations and corrective actions to prevent recurrence should be timely.
8. **Confirmation process**
The confirmation process should ensure that corrective actions are adequate and appropriate, have been completed, and are effective.
9. **Administrative controls**
Administrative controls should provide a formal review and approval process.
10. **Operating experience**
Operating experience under existing aging management programs, including past corrective actions to enhance or add programs, should be considered. A past failure does not invalidate an aging management program if the failure resulted in appropriate program enhancements or new programs. Operating experience can show where an existing program has succeeded in managing aging degradation in a timely manner and where it has failed. This information provides objective evidence to support the conclusion that the effects of aging will be managed adequately so that the structure and component intended functions will be maintained during the period of extended operation.

Units 2 and 3; St. Lucie, Units 1 and 2; Fort Calhoun; Robinson, Unit 2; Ginna; Summer; Dresden, Units 2 and 3; and Quad Cities, Units 1 and 2). If the applications currently under review are approved, 25 percent of the licensed operating reactors will have extended their lifespan by 20 years.

It is the general view of the U.S. nuclear industry that, eventually, almost all U.S. operating reactors will request license renewal. License renewal is voluntary. The licensee decides whether to seek license renewal and when to file an application. Many licensees have chosen to apply for license renewal when they became eligible at 20 years of operation.

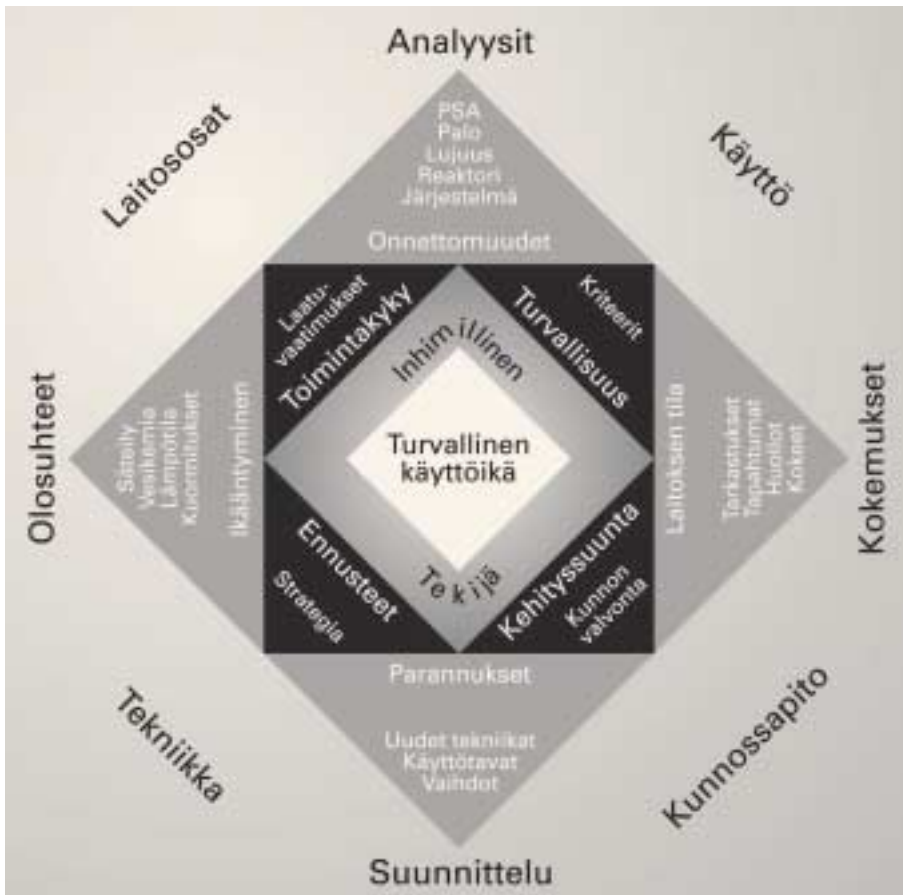
The status of pending and planned applications and additional information on license renewal can be found on the NRC web site at .

Conclusion

The NRC issues licenses for commercial power reactors to operate for up to 40 years and allows the licenses to be renewed for an additional period of 20 years. The NRC focuses license renewal reviews on the adequacy of the applicant's programs to manage aging effects on plant structures and components during the period of extended operation. The NRC staff, with stakeholder participation, has developed license renewal guidance documents to implement an efficient and effective licensing process to maintain safe plant operation for another 20 years. The license renewal process is stable and predictable. The NRC has approved five license renewal applications to date, and is currently reviewing 10 renewal applications. The NRC expects that eventually almost all U.S. operating reactors will request license renewal. ■

*T.J. Kim,
Office of Nuclear Reactor Regulation,
U.S. NRC*

Ydinvoimalaitosten käyttöiän hallinta – STUKin näkökulma



Ydinvoimalaitoksen käyttäjän on kehitettävä ja ylläpidettävä systemaattisia käyttöiän hallinnan toimintamalleja, joilla se tunnistaa laitoksen järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden ikääntymiseen liittyvät mekanismit ja varmistuu laitoksen turvallisesta käytöstä. Toimintamallien tulee hyödyntää määräaikaistarkastuksista ja -kokeista, kunnossapitotoiminnasta, käyttökokemuksista ja muista mahdollisista lähteistä saatavilla oleva tieto. Ikääntymiskäsitteen piiriin luetaan myös laitteiden tekninen vanhanaikaistuminen, joka saattaa vaikeuttaa esimerkiksi varaosien saatavuutta. Käyttöiän hallintaan liittyy myös tietotaidon ylläpito sekä henkilöstön ikärakenteen pitäminen tarkoituksenmukaisena.

Suomen ydinvoimalaitokset on otettu käyttöön vuosina 1977–1981. Ne ovat 2000-luvun alkaessa tulleet elinkaarensa vaiheeseen, jossa on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota laitosten ikääntymiseen ja käyttöiän systemaattiseen hallintaan. Osa ydinvoimalaitosten pääkomponenteista, kuten reaktoripaineastia, on suunniteltu kestäväksi koko laitoksen käyttöiän. Toisaalta monet ydinvoimalaitoksilla käytettävistä laitteista on suunniteltu vaihdettaviksi laitoksen käyttöiän aikana niin, että niiden toimintakykyä oleellisesti heikentäviä muutoksia ei ehdi tapahtua. Koko laitoksen käyttöiän kannalta ratkaisevaa on sellaisten suurten laitteiden ja rakenteiden ikääntymisen, joita ei ole suunniteltu vaihdettaviksi.

Laitteiden uusiminen on suunniteltava hyödyntämällä käyttökokemuksia ja uuden tekniikan tuomia mahdollisuuksia sekä tekemällä yhä tarkempia ennusteita odotettavissa olevista ikääntymisilmiöistä. Käyttötapoja on kehitettävä tarpeettomien rasitusten välttämiseksi. Ennakkohuollot ja peruskorjaukset on kohdennettava ottamalla huomioon kunkin laitteen ja rakenteen merkitys turvallisuudelle sekä korjaamisen tai vaihtamisen teknistaloudelliset edellytykset. Ikääntymisilmiöitä koskevat ennusteet samoin kuin riittävän pitkältä aikaväliltä kertyneet tiedot laitoksen fyysisestä tilasta ovat välttämättömiä tuleville arvioinneille käytön jatkamisen edellytyksistä.

Sekä Loviisassa että Olkiluodossa on kehitetty laitosten käyttöiän systemaattiseen hallintaan liittyviä menettelytapoja, organisaatorakennetta ja vastuukysymyksiä ja

tämä toiminta jatkuu. Molemmat laitokset ovat kehittäneet toimintamallejaan omista lähtökohdistaan ja toimintaympäristönsä huomioon ottaen. Tästä syystä niissä on nähtävissä joitakin eroavuuksia, vaikka toiminnan päämäärät ovatkin toisiaan vastaisia. Laitokset ovat kartoittaneet ja luokitelleet käyttöönsä hallinnan piiriin otetut järjestelmät ja laitteet, nimenneet niistä vastuulliset henkilöt ja luoneet tiedonhallintajärjestelmät laitteiden ikääntymismekanismien tunnistamiseksi ja mekaanisten vaikutusten seuraamiseksi. Sekä omilta että muilta laitoksilta saatavalla käyttökokeumustiedolla on tärkeä merkitys laitteiden käyttökuuntoisuuden arvioinnissa. Molemmilla laitoksilla on käyttökokeumustiedon kerääminen ja analysointi järjestetty systemaattisella tavalla.

STUKin valmisteltavana olevassa vuosia 2003 - 2006 koskevassa strategiassa on laitteiden käyttöönsä hallinta keskeisenä painopistealueena ydinvoimalaitosten valvontaja tarkastustoiminnassa.

Voimayhtiöiden käyttöönsä hallintatoiminta sisältää menettelytavat, joiden mukaan laitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden ikääntymistä ja toimintakelpoisuutta tulee arvioida jatkuvasti käyttökokeuksista, määräraikaistarkastuksista ja -kokeista, kunnossapitotoiminnasta sekä mahdollisista muista lähteistä saatujen tietojen pohjalta. Ikääntymiskäsittelyn piiriin luetaan myös sinänsä käyttökuntoisten laitteiden tekninen vanhanaikaistuminen. Tämä on erityisen merkittävää sähkö- ja automaatiojärjestelmissä ja saattaa vaikeuttaa muun muassa varaosien saatavuutta. Muita käyttöönsä hallintaan liittyviä yleisempiä kysymyksiä ovat tarvittavan tietotaidon ylläpito sekä yleensäkin laitosten henkilöstön ikääntyminen.

Arviointi 10 vuoden välein

Käyttöönsä hallinta kuuluu n. 10 vuoden välein STUKin toimesta tehtävissä turvallisuusarvioissa käsiteltäviin asiakokonaisuuksiin. Turvallisuusarvioinnin pohjaksi luvanhaltijoiden edellytetään laativan selvityksen laitostensa ikääntymisestä. Arvioinnissaan STUK käyttää selvityksen lisäksi hyväksi käytönvalvontaohjelman mukaisissa tarkastuksissa sekä muussa valvonta- ja tarkastustoiminnassa tekemiään havainnot.

Suomen ydinvoimalaitoksia rakennettaessa hyödynnettiin silloin käytettävissä olevat ulkomaiset kokemukset kevytvesireak-

torityyppisten ydinvoimalaitosten ikääntymisestä. Kaupallisen käytön aikana on eräiden ikääntymisilmiöiden havaittu etenevän todellisissa käyttöolosuhteissa odotettua nopeammin. Ratkaisevassa asemassa olevien painelaitteiden ikääntymisilmiöitä ovat vanhenemis-, korroosio-, ja väsymisilmiöt.

Mekaaniset laitteet ja rakenteet

Turvallisuuden kannalta merkittävä rakeneaineiden mekaanisten ominaisuuksien heikkenemiseen eli vanhenemiseen liittyvä ilmiö on reaktoripaineastian säteilyhaurastuminen. Painelaitteissa käytettävillä ferriittisillä teräksillä on se ominaisuus, että teräksen lämpötilan laskiessa niin sanotun transitiolämpötilan alapuolelle teräksen muodonmuutoskyky heikkenee ja se muuttuu hauraaksi. Jos teräksen kohdistuu tällöin voimakas jännitys ja siinä on lisäksi riittävän suuri särö, alkaa särö kasvaa nopeasti ja rakenne murtuu. Teräksen sitkeysominaisuudet voidaan kuitenkin palauttaa lähes säteilytystä edeltävälle tasolle heikkuttamalla se säteilylämpötilaa korkeammassa lämpötilassa. Loviisa 1:n reaktoripainesäiliölle tällainen hehkus tehtiin vuonna 1996.

Muista vanhenemisilmiöistä on huolenaiheena primääripiirin austeniittisestä valuteräksistä valmistettujen osien terminen haurastuminen. Siihen liittyvä sitkeysarvojen heikkeneminen on voimakkainta 475 °C:n lämpötilassa, mutta se ilmenee hitaampana myös PWR-laitosten primääripiirin käyttölämpötiloissa.

Jäähdytteen kanssa kosketuksessa olevilla rakeneaineilla voi myös esiintyä usean tyyppisiä korroosioilmiöitä. Syöpyneen metallin ulkonäön ja syöpymistävän perusteella erotetaan mm. yleinen eli tasainen korroosio, pistekorroosio, rako- ja piilokorroosio, galvaaninen korroosio ja jännityskorroosio. Austeniittisen kiderakenteen omaavassa ruostumattomassa teräksessä raerajoja pitkin etenevä jännityskorroosio on aiheuttanut 1970-luvulta lähtien BWR-laitosten primääripiirin putkistoihin huomattavia ongelmia. Jännityskorroosion perusedellytyksiä ovat staattinen vetojännitystilä, herkistynyt materiaali sekä happipitoinen ja hapettavia epäpuhtauksia sisältävä vesikemia. Ilmiö voidaan estää johonkin näistä kolmesta tekijästä vaikuttamalla, sillä yhdenkin puuttuessa sitä ei esiinny.

Sekundääripiirin painelaitteiden haitallisimmaksi ikääntymisilmiöksi on osoittautunut eroosiokorroosio, jonka kohteena ovat vähän seosaineita sisältävät, kiderakenteeltaan ferriittiset tavanomaiset rakenneteräksiset. Eroosiokorroosiolle on ominaista materiaalia tavanomaiselta korroosiolta suojaa- van oksidikalvon kuluminen virtauksen vaikutuksesta, jolloin korroosio pääsee etenemään. Ilmiötä luultiin pitkään mahdolliseksi vain kostean höyryn tapauksessa, kunnes USA:ssa 1980-luvun lopulla sattuneet onnettomuudet osoittivat, että myös pyörteisen vesivirtauksen eroosiovaikutus voi olla riittävä. Tästä syystä tapahtui myös Loviisan laitoksilla vuosina 1990 ja 1993 syöttövesiputken murtuma.

Väsyminen syntyy vaihtelevan kuormituksen alaisen laitteen rasitetuimmissa kohdissa esiintyvistä materiaalin paikallisista edestakaisista muodonmuutoksista. Varsinaista väsymismurtumaa ja siihen liittyvää särönkasvua edeltää huomattavasti pitemmän aikaa kestävä särön ydintymisvaihe, joten väsymismurtuma voi syntyä ennalta arvaamatta hyvinkin pitkään käytössä olleessa laitteessa. Käyttöympäristö, esimerkiksi korkeassa lämpötilassa oleva vesi, voi kiihdyttää ilmiötä. Tällöin puhutaan korroosioväsymisestä. Tyypillisiä väsyttävien kuormitusten esiintymistilanteita ovat primääripiirin lämmitykset ja jäähdytykset esimerkiksi reaktorin käynnistysten ja sammutusten yhteydessä sekä määräraikaistarkastukset ja pikasulut. Käyttökokeuksissa on kuitenkin ilmennyt myös suunnitteluvaiheen tarkasteluihin sisältyttäviä paikallisia väsymisilmiöitä, jotka ovat aiheuttaneet säröjä ja vuotoja Suomenkin ydinvoimalaitoksilla.

Esiintyneistä väsymisilmiöistä mainittakoon erisuudessa lämpötilassa olevien virtausten kohtaaminen haaroituksissa ja siitä johtuvat lämpötilaheilahtelut sekä lämpötilakerrostumisilmiö kylmemmän kohtaavan virtauksen asettuessa vaakasuorassa putkessa tiheyseron vuoksi alimmaisiksi. Näitä ilmiöitä selvitetään mittaamalla putken ulkopinnan lämpötiloja. Putkistoihin voi aiheutua haitallista väsymistä myös värähtelyistä. Niitä on seurattu ja poistettu jo koekäyttöjen aikana.

Sähkö- ja automaatiolaitteet

Ydinvoimalaitosten sähkö- ja automaatiojärjestelmien ja -laitteiden ikääntymistä seurataan jäljellä olevan käyttöönsä ja mahdolli-

sen uusintatarpeen määrittämiseksi. Seurantaohjelmaa laadittaessa on selvitetty erilaisiin komponentteihin liittyvät vanhenemisilmiöt ja niiden merkitys. Ikääntymisen seurannassa hyödynnetään sekä omalta laitokselta että laitteiden toimittajilta ja muilta laitoksilta saatavat vikatiedot. Erityisesti valvotaan onnettomuuksissa tarvittavien laitteiden, niiden kaapeleiden sekä asennusten kuntoa.

Suojarakennuksen sisäpuolella olevien kaapeleiden vanhenemista seurataan muun muassa viiden vuoden välein otettavien näytteiden avulla sekä ympäristön lämpötilaselvityksillä. Kaapelien vanhenemisilmiöitä on tutkittu jo 1980-luvulta alkaen. Loviisassa tehtiin 80-luvulla mittavia muutostöitä, jolloin kaapeleita vaihdettiin onnettomuusolosuhteet paremmin kestäviksi. Lisäksi Loviisan höyrystintilan korkeissa lämpötiloissa esiintyvä kaapelien terminen vanheneminen on johtanut laajoihin kaapeleiden vaihtoihin vuosihuoloseisokeissa 1999 ja 2000 ja vaihtotyö jatkuu edelleen.

Loviisan laitoksella on 80-luvun alusta lähtien jouduttu vaihtamaan alkuperäiseen laitostoimittukseen kuuluneita releitä huoltostävällisempiin ja paremmin ikääntymistä sietäviin tyyppisiin. Esimerkkinä ikääntymisen aiheuttamasta vaihtotarpeesta voidaan mainita myös Olkiluodon voimalaitoksella 1990-luvun alussa toteutettu laajamittainen suojausjärjestelmän releiden vaihtotyö. Releiden korkeasta lämpötilasta johtunutta materiaalin haurastumista esiintyi vain normaalikäytön aikana vetävinä olevilla releillä.

Käytössä olevia sähkö- ja automaatiojärjestelmien asiantuntemuksen sekä varaosien saatavuus asettavat myös rajoituksia järjestelmien ja laitteiden käyttöäälle. Automaatiojärjestelmät arvioidaan vaihdettavan ainakin kerran laitoksen käyttöä aikana. Merkittävimpiä automaatiojärjestelmien uusintoja ovat olleet Olkiluodon voimalaitoksella turbiinin suojaus- ja säätöjärjestelmien vaihdot vuosina 1996 ja 1997 sekä vuosihuolloissa 1998 toteutetut neutronivuon mittaussäätöjärjestelmien uusinnat molemmilla laitosyksiköillä. Olkiluodon laitoksen sähköjärjestelmien merkittäviä muutostöitä ovat muun muassa pääkiertopumppujen sähkökäyttöjen uusinnat sekä generaattorien ja päämuuntajien vaihdot.

Automaatiotekniikka on kehittynyt huomattavasti sen jälkeen, kun Suomen ydinvoimalaitokset otettiin käyttöön 1970 -

1980-lukujen vaihteessa. Tavanomaisessa teollisuusautomaatiossa on siirrytty analogiatekniikasta ja relelogiikasta ohjelmoitavaan automaatiojärjestelmiin. Myös ydinvoimalaitoksissa on tarpeen siirtyä uuteen tekniikkaan, sillä vanhantyyppisiä laitteita ei enää ole helposti saatavissa ja niiden suunnittelua koskeva asiantuntemus on häviämässä.

Uusi tekniikka helpottaa monimutkaisten säätöjärjestelmien toteuttamista, mutta tuo mukanaan myös uudenlaisia, esimerkiksi ohjelmointivirheistä johtuvia vikatyyppejä. Ohjelmoitavan automaation yhteydessä ei kaikkien ajateltavissa olevien tilanteiden systemaattinen testaaminen ole mahdollista eri vaihtoehtojen suuren lukumäärän vuoksi. Turvallisuuden kannalta tärkeän automaation luotettavuuden osoittamisesta on tullut keskeinen kysymys siirryttäessä uuteen tekniikkaan ydinvoimalaitoksissa tai muissa turvallisuuskriittisissä sovelluksissa.

Rakennukset

Myös ydinvoimalaitosten rakennusten kuntoa valvotaan. Loviisan reaktorisuojarakennukselle tehdään vuosittain silmämääräisiä tarkastuksia sekä keskimäärin neljän vuoden välein toistettavia tiivyskokeita. Suojarakennuksen teräsuojakuoren ankkuriruuveissa on havaittu alkavaa korroosiota, mistä syystä niiden tarkastusohjelmia on kehitetty.

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen suojarakennus on valmistettu esijännitetystä teräsbetonista. Ikääntymisen seurantakohteita ovat esijännityksen säilyminen, betonirakenteiden muodonmuutokset ja pitkäaikaiskestävyys, kantavien teräsosien ympäristöolosuhteet sekä liikuntasaumamat. Putkien ja kaapeleiden läpivientien, kuiva- ja märkätilaa erottavan välitason, tiivistelevyn sekä alslarakenteiden kuntoa seurataan kerran neljässä vuodessa tehtävillä tiivyskokeilla ja vuodonvalvonnalla. Läpivienneille tehdään myös määräaikaistarkastuksia. Betonin halkeamia, joita on havaittu muun muassa reaktoripaineastian tuennoissa, seurataan mittauksilla. Poikkeuksellisia ikääntymisilmiöitä, kuten kemiallisia reaktioita, ei ole esiintynyt.

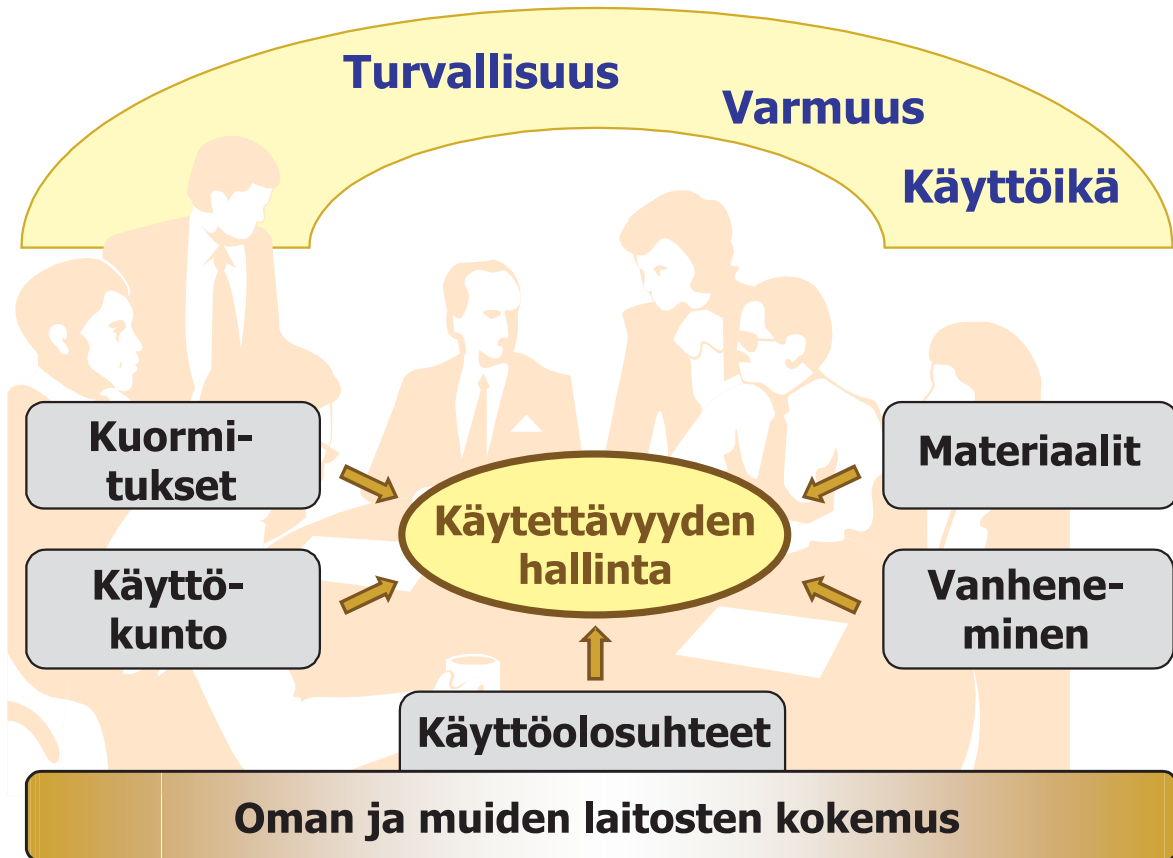
Toimintamallit

Kuten edellä todettiin, ovat molemmat luvanhaltijat kiinnittäneet kasvavaa huomiota

laitostensa käyttöä hallinnan systemaattisten menettelytapojen kehittämiseen käyttötoiminnan turvallisuuden ja taloudellisuuden varmistamiseksi. Käyttöä hallinta on myös nähty erittäin tärkeäksi ydinenergia-alan kansainvälisissä järjestöissä ja toimintaan liittyviä käyttökelpoisia suosituksia ja ohjeita on laadittu erilaisten työryhmien toimesta lukuisia määriä. Ne antavat suoraan malleja käyttöä toimintamallien kehittämiseksi tai käytettävien toimintatapojen riittävyuden arvioinnille. STUKin strategian mukaisesti käytössä olevien ydinvoimalaitosten käyttöä hallinta on yksi avainkohde STUKin lähivuosisen valvonta- ja tarkastustoiminnassa. ■

Matti Ojanen, toimistopäällikkö
Säteilyturvakeskus
p. (09) 7598 8326
matti.ojanen@stuk.fi

TUTKIMUS käyttöiän hallinnan tukena



TVO:n ja Fortumin kyvystä pitää laitoksensa hyvässä kunnossa kertoo parhaiten se, että Suomen neljä ydinreaktoria ovat pitkään olleet käytettävyydeltään maailmantilaston kärjessä. Haasteena on, että sama tilanne jatkuu myös tulevaisuudessa, vaikka metallit ikääntyvät, kuluvat, ruostuvat ja väsyvät myös Suomen voimaloissa. Materiaalien ja rakenteiden ikääntyminen käytössä on väistämätöntä, mutta vauriot voidaan ennustaa ja estää, kun vaurioitumismekanismit ja kuormitukset tunnetaan.

Tutkimuksella tuotetaan ja yhdistetään monipuolista osaamista rakenteellisen käyttöiän hallinnassa hyödynnettävään muotoon (kuva).

Ydinvoimalaitokset ovat olleet pioneereina kehittämässä osaamista ja järjestelmiä, joilla kyetään hallitsemaan rakenteellinen käyttöikä korkealla luotettavuustasolla. Laitokseen sidottu pääoma antaa parhaan tuoton, kun laitosta käytetään pitkään, ylimääräiset seisokit pidetään minimissään ja tarvittavat uudistukset ja korjaukset suunnitellaan etukäteen.

Materiaali- ja rakenneongelmat ovat aiheuttaneet pitkiä ja kalliita korjausseisokkeja eri puolilla maailmaa. Onneksi Suomessa on ainakin toistaiseksi välttytty suurilta vaurioilta.

Tässä ovat auttaneet ulkomaisten kokemusten perusteellinen analysointi ja laitosten jatkuvaan parantamiseen tähtäävä omaehtoinen työ.

Tässä kirjoituksessa esitellään Fortumin, TVO:n ja eräiden muiden yritysten yhteishanke ja pohditaan tutkijoiden roolia käyttöön hallinnassa. Asioita tarkastellaan etupäässä VTT:n näkökulmasta.

Suomessa on vahvaa osaamista

Jo 1970 -luvun alussa perustettiin KTM:n Atomienergianeuvottelukunnan alainen materiaalitutkimusryhmä, jonka kunniaakkaita perinteitä jatkaa nykyisin VTT:ssa toimiva 110 hengen tutkimusryhmä. Alkuvaiheen suurena haasteena olivat VVER-440 laitos-tyyppin materiaalit, mutta pian tutkimukset laajennettiin koskemaan myös länsimaisten laitosten ongelmia. VTT:n palvelee enenevässä määrin myös ulkomaisia ydinvoima-asiakkaita ja laajemminkin kotimaista prosessi- ja energiateollisuutta, mutta valtaosa Rakenteiden elinikä ja kestävyys -tutkimus-alueen työstä kohdistuu edelleen kotimaisiin ydinvoimalaitoksiin.

Fortum ja TVO ovat luoneet omat organisaationsa ja käytäntönsä käyttöön hallintaa varten. Niillä on käytettävissään parhaat tiedot ja resurssit laitoskohtaisten ratkaisujen kehittämiseksi. Tutkijat täydentävät kokonaisuutta luomalla rationaalista perustaa käytettävyyttä uhkaavien ongelmien ennakoinnille ja vaihtoehtoisten ratkaisujen arvioinnille. Tutkijat auttavat myös kansainvälisen tutkimustiedon ja käyttökokemusten tulkinnaissa. Suomessa on pitkä perinne ja hyvät kokemukset laitosten, viranomaisten ja tutkijoiden mutkattomasti toimivasta yhteistyöstä.

Yritysryhmähanke kansallisen tutkimusohjelman tukena

Kansallinen turvallisuustutkimusohjelma Safir tarjoaa oivat puitteet pitkäjänteiselle ja riippumattomalle kehitystyölle, joka tähtää erityisesti ydinturvallisuuden varmistamiseen ja asiantuntemuksen syventämiseen. Yksi Safir -ohjelman pääaiheista on reaktoripiirin eheyteen liittyvä materiaalien ja rakenteiden ikääntyminen ja niiden turvallisen käyttöön ennakointi. Kotimaisten ja kansainvälisten suositusten mukaisesti jo Safiria edeltäneessä Finnus -ohjelmassa pyrittiin suuntautumaan entistä selkeämmin ikääntyvien laitosten käyttöön hallintaan, mutta aiheen laajuuteen ja kokeellisen tutkimuksen

resurssitarpeeseen nähden kansallisen tutkimusohjelman puitteet osoittautuivat hyvin rajallisiksi.

Toiminnan edellytykset paranivatkin oleellisesti, kun Finnus -ohjelman rinnalle käynnistettiin vuonna 1999 voimayhtiöiden tarpeista suunniteltu ja nimenomaan käyttöön hallintaan kohdistuva tutkimusprojekti. Yritysryhmän rungon muodostavat TVO ja Fortum rahoittavat ja ohjaavat pääasiassa VTT:ssa ja TKK:ssa tehtävää tutkimusta. Rakenteiden käytettävyys ja käyttöön hallinta (RKK) yritysryhmähankkeesta ja sen rinnalla toteutetuista pienemmistä tutkimuksista ei olisi saatu kootuksi nykyisen kaltaista kokonaisuutta ilman Tekesin tukea, joka jatkuu vielä kuluvan vuoden loppuun. Tutkimuksen tulokset on raportoitu julkisesti ja myös erikseen STUK:lle. Finnus/Safir tutkimusohjelma ja yritysryhmähanke ovat molemmat hyötyneet toimintojen keskinäisestä koordinoinnista. Molemmista hankkeista tehdään materiaalitutkimusta, joka kohdentuu reaktoripiirin painelaitteisiin ja käyttöön hallinnan kannalta kriittisiin komponentteihin. Aiheet ja näkökulmat on sovitettu niin, ettei päällekkäisyyksiä synny.

Loviisan erityishaasteita tutkimukselle

Loviisan reaktoripainesäiliöt kuuluvat edelleen kriittisimpiin kohteisiin, vaikka niiden säteilyhaurastuminen onkin jo saatu varsin hyvin hallintaan. Nyt voidaan keskittyä palokuntatoiminnan sijasta käyttöön hallinnan suunnitelmalliseen tukemiseen. Fortumissa on laadittu selkeät suuntaviivat tulevien vuosien tutkimuksille, joiden perusteella voidaan sitten jo mallintaa toivutuksen jälkeenkin tapahtuvan säteilyhaurastumisen nopeutta ja luotettavasti ennakoitua tulevaa kehitystä pitkälle tulevaisuuteen.

Loviisan kannalta ehkä keskeisimmiksi komponenteiksi ovat sittemmin nousseet höyrystimet. Niiden yhteydessä ajankohtainen tutkimusaihe on vesikemian vaikutus. Höyrystimien käytettävyyteen vaikuttaa myös sekundaaripuolen kemia. Vesikemianta ja oksidifilmeistä yleisemminkin on kehittänyt oma tärkeä tutkimuskohteensa. Niillä on vaikutuksensa paitsi korroosion ja ympäristövaikutteeseen murtumiseen, myös aktiivisuuden kerääntymiseen reaktoripiirin pinoille.

Loviisan pääkiertopumpuissa on ilmennyt ajoittain värähtelyongelmia. Käytöstä aiheutuvia kuormituksia on selvitetty pääasiassa Fortumin omin voimin, mutta eri alojen asiantuntijat ovat osallistuneet ongelmien monipuoliseen tarkasteluun, ja mm. pumpuissa käytettyjen materiaalien väsymiskestävyyttä selvittävä kokeellinen tutkimus on käynnistetty VTT:ssa.

Olkiluodon erityishaasteita tutkimukselle

Ulkomaisten kokemusten perusteella on nähty tärkeämmäksi välttää jännityskorroosio ruostumattomasta teräksestä valmistetuissa putkistoissa. Olkiluodossa on vältetty murtumilta korvaamalla putkia paremmin jännityskorroosiota kestäväällä materiaalilla jo ennen ongelmien ilmaantumista. Jännityskorroosion edellytyksiä Olkiluodossa käytetyissä materiaaleissa ja olosuhteissa tutkitaan ja testataan kuitenkin edelleen aktiivisesti. Viime vuosina tutkimuksen painopisteessä ovat olleet nikkelipohjaiset hitsiaineet ja vesikemiassa esiintyvien vaihteluiden vaikutukset. Tuoreet ulkomaiset kokemukset ovat nostaneet esiin jo rakennusvaiheessa suoritettujen korjaushitsausien ja paikallisten myötymien merkitystä muuten kestäväksi todetuissa materiaaleissa.

Olkiluodossa reaktoripainesäiliöiden säteilyhaurastuminen on selvästi hitaampaa, eikä se ainakaan lähiaikoina ole muodostumassa laitoksen käytettävyyttä uhkaavaksi kysymykseksi, mutta Loviisan reaktoripainesäiliöiden käyttöön hallintaa varten luotua huippuosaamista hyödynnetään nykyään myös Olkiluodon hyväksi. Reaktorin sisäosien säteilyhaurastuminen koskee nimittäin myös Olkiluodon laitosyksiköitä. Säteilyn vaikutus reaktorin sisäosien sitkeyteen ja murtuminen säteilyn aiheuttaman jännityskorroosion (IASCC) mekanismilla on suuren kansainvälisen huomion kohteena erityisesti kiehumusvesireaktoreissa. Materiaalit IASCC:lle kiehumusvesireaktoriolosuhteissa altistava säteilyannos on havaittu pienemmäksi kuin pelkistävissä painevesiympäristöissä. Ilmiötä tutkimaan on perustettu EPRI:n koordinoima kansainvälinen megahanke, johon osallistuvat alan tärkeimmät toimijat. Sen tulokset USA:sta, Euroopasta ja Japanista saadaan VTT:n, TVO:n ja Fortumin käyttöön sopimusohjaisen osallistu-



Käyttöään hallintaa tukevassa yhteisprojektissa hyödynnetään kaikkiaan noin sadan henkilön osaamista VTT:ssä, TKK:ssa ja yrityksissä. Kuvassa TVO:n ja VTT:n keskinäiseen neuvonpitoon osallistunutta projektin ydinjoukkoa Rauman keväässä ennen 2002 revisiota.

misen ja taloudellisesti hyvin edullisen tu-
lostenvaihdon ansiosta.

Kuten Loviisassakin, Olkiluodossa on ollut toiminnassa jo usean vuoden ajan VTT:n tutkimuskäyttöön asentama vesikemian monitorointikemno. Vesikemian keskeisiä parametreja mitataan suoraan kuu-

masta primääripiirin vedestä. Sen lisäksi tutkitaan näytepalojen pinnoille muodostuneiden oksidikalvojen kehitystä polttoainesyklin eri vaiheissa. TVO:n aloitteesta uutena aiheena on ryhdytty tutkimaan myös oksideihin kertyvien aktiivisten isotooppien poistamista dekontamoinnissa.

Edellä on kuvattu tutkimuksia, joilla tuotetaan ja varmennetaan tietoa käyttöään hallinnan tueksi. Vaikka käyttöään hallinnan systematiikkaa, organisointia ja tiedonhallintaa tutkitaan VTT:ssäkin, ne ovat etupäässä laitosten omien hankkeiden kohteina. TVO:n projektiin tuomassa putkistotietokantahankkeessa kehitetään yleisemmin käyttöään hallinnan metodiikkaa ja apuvälineitä Olkiluodon nykyisten laitosten putkistoja varten. Järjestelmään kuuluu viisi keskenään yhteensopivaa tietokantaa sekä suorat liitännät kuormitusten, lujuuden ja käytettävyyden analysointiohjelmistoihin.

Putkistojen lujuuden varmistaminen

TVO:n putkistotietokantajärjestelmää on lähdetty rakentamaan tiiviissä kytkennässä putkistolaskentaan. Putkistojen lujuuden varmistamista varten kehitetään laajemmin uutta osaamista yhteistyöryhmässä, johon osallistuvat TVO:n Fortumin ja VTT:n lisäksi myös FEMdata Oy ja J. Rostedt Oy.

Putkistoihin kohdistuvat kuormitukset vaikuttavat oleellisesti niiden käytettävyyteen ja käyttöikänsä. Putkistoissa esiintyy usein värähtelyjä. Suurella taajuudella tapahtuvassa värähtelyssä kertyy nopeasti miljoonia syklejä ja, jos värähtelyamplitudi kasvaa liian suureksi, seurauksena on väistämättä väsymisvaurio. Pelkästään havaitun värähtelyn perusteella on kuitenkin vaikea ennustaa, milloin vaurioituminen on edessä tai milloin vauriota ei kerry lainkaan. Yritysryhmähankkeessa on otettu vaativaksi haasteeksi värähtelyjen hallinta uutta teknologiaa soveltaen. Perinteisesti värähtelyjä on pyritty määrittämään joko kokeellisten mitausten tai värähtelymallin numeerisen simuloinnin avulla. Uutta on näiden erilaisten lähestymistapojen yhdistäminen, missä onkin onnistuttu lupaavalla tavalla. Näköpiirissä on nyt entistä tarkempi värähtelyjen hallinta kohtuullisin kustannuksin.

Myös veden lämpötilavaihtelujen aiheuttamaa väsyttävää kuormituksen hallintaa varten kehitetään uutta osaamista. Eri lämpötilan virtauksia sekoitavissa putkiyhteissä esiintyviä termisiä kuormituksia ja putkien väsymismitoitusta tutkitaan EU-projektin puitteissa yhteistyössä ranskalaisten ja saksalaisten kanssa. Suomesta työhön

osallistuu monipuolinen tiimi, jossa on tutkijoita VTT:stä, TKK:sta ja Fortumista - termohydrauliikoista metallurgeihin. Osittain samalla joukolla kehitetään myös RKK yritysryhmähankkeessa termisen väsymisen yleisempiä mitoituseriaatteita. TKK:ssa on ulkomaisten yhteistyökumppanienkin mielestä erittäin kiinnostavat kokeelliset valmiudet termisen väsymisen materiaalitutkimukseen. Myös VTT:n kyky yhdistää termohydrauliikan, lujuusopin ja materiaali- tekniikan osaamista herätti ihailua ranskalaisten ja saksalaisten kumppanien joukossa.

NDT tutkimuksella varmennetaan tieto nykytilasta

Ainetta rikkomattomat määräraikaistarkastukset (NDT) ovat keskeisessä roolissa käyttöään hallinnassa. Tarkastusten optimaaliselle kohdentamiselle pyritään luomaan edellytykset riskitietoista menetelmiä kehittämällä. Toisaalta valitun kohteen tarkastuksen suorittaminen, tulosten luotettavuus ja pätevänti ovat keskeisiä kysymyksiä, jotka työllistävät myös tutkijoita.

Vuonna 2002 RKK projektissa järjestettiin vertailututkimus, jossa kokeneet vianmäärittäjät kotimaisista tarkastusyhtiöistä ja VTT:sta karakterisoivat keinotekoisia virheitä ja jännityskorroosiosäröjä sokkotestinä. Tulokset antoivat hyödyllistä taustaa tarkastusten pätevöinnin ja koulutuksen suunnitteluun sekä pätevöinnissä käytettävien koekappaleiden valmistukseen.

Tutkittavaa riittäisi enemmänkin

Turvallisuuden kannalta erityisasemassa ovat siis primääripiirin painetta kantavat rakenteet ja niiden ikääntyminen tavalla, joka nostaisi murtumisen todennäköisyyttä. Sieltä löytyvät luonnollisesti tutkimuksen prioriteetitkin. RKK -projektissa ei kuitenkaan pitäydytä yksinomaan niihin. Sitä mukaa kun resurssit riittävät, tutkimuksen kohteena ovat myös muut käytettävyyttä uhkaavat häiriötekijät.

Merivesijärjestelmät ovat alttiina Itämeren murtoveden vaikutukselle. Merivesikorrosio on ydinvoimalaitosten lisäksi myös lukuisia prosessiteollisuuden yrityksiä kiinnostava kysymys. Metallisten lämmönvai-

timien ja putkistojen lisäksi kysymykseen tulevat myös betonirakenteet.

Ydinvoimalaitoksissa käytetään myös epämetallisia materiaaleja ja pinnoitteita. Kaapeleiden eristeiden ikääntyminen ja toimintavarmuus onnettomuustilanteissa on pitkään tiedostettu, mutta hankalasti tutkittava kysymys. Ydinvoimalaitoksissa käytettävälle maaleille ja pinnoitteillekin asetetaan erityisvaatimuksia, joilla pyritään eliminoimaan esimerkiksi pinnoitteen irtoamisesta ja viemäreihin kulkeutumisesta skenarioitu onnettomuudenhallinnan vaarantuminen.

Muovista tai kumista valmistettujen pikkuosien taloudellinen arvo ei voisi mitenkään perustella niiden syvällisempää ikääntymis- tai luotettavuustutkimusta. Tutkimus onkin kohdistunut lähinnä niiden valmistustekniikkaan. Pienen osan vaihtamisesta tai vaurioitumisesta aiheutuvat välilliset kustannukset voivat kuitenkin nousta suuriksi. RKK -projektissa tutkitaan siis tällaisiakin asioita. Automaation ja kontrollijärjestelmien ikääntyminen on taas puolestaan rajattu kokonaan muissa yhteyksissä tutkittavaksi aiheeksi.

Erikseen voisi vielä mainita mekanismi- tutkimuksen. Voimayhtiöt ovat osoittaneet kiitettävää kaukonäköisyyttä hyväksyessään kohdennettujen perustutkimuksellisten osien liittämisen hankekokonaisuuteen. Valituilla sektoreilla on saavutettu tiedeyhteisön huippu ja niillä on suorat kytkennät keskeisiin käytännön haasteisiin. Tunnetuin esimerkki lienee käänteentekeväksi maailmalla kiitetty ja Amerikassa patentoitu Master-käyrä menetelmä, joka kuitenkin on pikemminkin Finnis -ohjelman ja edeltäjiensä tuote. RKK -projektissa kehitetään TKK:n ja VTT:n tiiviissä yhteistyössä ympäristövaikutteisen vanhenemisen mekanismimalia, jolla voidaan jo selittää monia käytännön havaintoja. Osamallien varmentaminen ja tiedeyhteisössä hyväksyttäminen vaatii kuitenkin vuosien määrätietoisen ponnistelun.

DI Jussi Solin
VTT Tuotteet ja tuotanto
Asiakasryhmäpäällikkö
puh. 09 456 6875
jussi.solin@vtt.fi



Voimaa yhteistyöstä

Ydinvoimalaitosmateriaalien vanhenemista tutkitaan maailmalla suurin panoksin. Olisi suoranaista hulluutta yrittää toimia irrallaan muusta tutkimusyhteisöstä. Kaikkea ei tarvitse tehdä itse ja tuloksia vaihtamalla päästään käsiksi suurempiin kokonaisuuksiin. Suomalaiset tunnetaan maailmalla hyvin ja VTT:n tulokset ovat aina olleet käypää "kauppatavaraa" yhteistyöstä neuvoteltaessa. RKK -projektin johtoryhmän puheenjohtaja Juho Hakala TVO:sta kiteytti taannoin kansainvälisen verkottumisen hyödyn seuraavasti: "Kokeneena tutkimusyksikkönä VTT kykenee tehokkaasti poimimaan helmet uusimmasta tiedosta ja jalostamaan ne käytäntöön tiiviissä yhteistyössä teollisuuden kanssa. Aktiivisella kokeellisella tutkimuksella varmistetaan, että reseptit perustuvat reaalityönsuuteen".

Yhteistyötä ja monipuolisuutta tarvitaan myös kotimaassa. RKK -projektin johto korostaa tavoitteellisen tutkimuksen ja ongelmanratkaisun tasapainoista yhdistämistä. Akuuttien kysymysten käsittely projektiryhmässä varmistaa, että pidemmän tähtäimen kehitystyökin tähtää suoraan sovellutuksiin. Eri osaamisalueita edustavien tutkijoiden ja tulosten hyödyntäjien avoin vuoropuhelu luo vahvan pohjan menestykselliselle ja soveltamiskelpoiselle työlle.

Prof. Rauno Rintamaa
VTT Tuotteet ja tuotanto
Tutkimuspäällikkö
puh. 09-456 6879
rauno.rintamaa@vtt.fi



SAFIR uudistaa ydinturvallisuustutkimuksen



Ydinenergiaa käyttävältä Suomelta edellytetään infrastruktuuria, joka kattaa laitosten käyttö- ja valvontaorganisaatioiden ja ydinjätehuollon lisäksi myös alan koulutuksen ja tutkimuksen. Julkisten ydinturvallisuustutkimusohjelmien lähtökohtana on ollut, että ne luovat edellytyksiä ydinvoiman turvallisen käytön jatkumiselle ja ydinjätteiden käsittelyyn tarvittavan tietämyksen säilymiselle, uuden tietämyksen kehittämiseksi ja kansainväliseen yhteistyöhön osallistumiselle.

Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa on koelaitteisto, jolla voidaan tutkia kiehumusvesireaktorin hätäjähdytykseen liittyviä ilmiöitä. Eräänä ongelmana voivat olla kaasut jotka joutuvat hätäjähdytyspumppuihin. Päätyneessä FINNUS-ohjelmassa kokeet tehtiin Lappeenrannassa ja tuloksia analysoitiin Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa. Kuvassa lauhdutusaltaaseen juuri syntynyt "Suuri kupla".

(kuva Timo Mikkola, LTY.)

Ydinvoimayhtiöiden tai viranomais-ten omat tutkimukset, jotka kuuluvat käyviin tai uusien laitosten ja ydinjätehuollon valvonnan tai luvituksen piiriin, on rajattu turvallisuustutkimusohjelmien ulkopuolelle. Tätä aluetta voidaan kutsua maali- tai rangaistusalueeksi tutun jalkapalloterminologian sanoin, ja muu tutkimus on sitten keskikenttäpeliiä. Tämän kahtiajaon toteutuksen onnistuminen nelivuotisessa SAFIRissa on kaikkien siihen

osallistuvien tavoite. Alan tutkimusta harjoittavat organisaatiot ovatkin Suomessa olleet tärkeä voimavara, jota eri ministeriöt, Säteilyturvakeskus (STUK) ja voima-yhtiöt ovat yhdessä pystyneet hyödyntämään. Tutkimuksen rahoittajina ovat toimineet edellä mainitut tahot ja lisäksi VTT, jotkin muut julkiset tahot, pohjoismainen ydinturvallisuustutkimusohjelma NKS sekä Tekes.

Vuonna 2003 käynnistyy SAFIR-nimellä (Safety of nuclear power plants – Finnish national Research programme) kulkeva ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimusohjelma. Tutkimushankkeiden hakukierros päättyi marraskuussa 2002 ja tuloksena oli peräti 36 hanke-esitystä. Ensimmäiset hankkeet käynnistyvät vuoden 2003 alussa ja kaikkiaan käynnistyviä hankkeita on vuonna 2003 noin 20. SAFIR-ohjelman hallintohanke kilpailutettiin julkisena hankintana syksyllä 2002 ja kilpailun voitti VTT Prossit. Ohjelman johtajana toimii tekniikan tohtori Eija Karita Puska ja sen johtoryh-

män puheenjohtajana tekniikan tohtori Timo Okkonen Säteilyturvakeskuksesta.

Ohjelma jatkuu vuoden 2006 loppuun, mutta se perustuu myös pidemmälle aikajänteelle tunnistettuihin turvallisuushaasteisiin. SAFIR-ohjelman hankkeet liittyvät esimerkiksi ydinlaitosten ikääntymiseen, teknisiin uudistuksiin eri tekniikan alueilla sekä alueella tapahtuviin organisaatiomuutoksiin. Ohjelman on ylläpidettävä osaamista myös niillä alueilla, joilla ei suuria muutoksia ole, mutta joiden valpas tutkimustoiminta on ydinvoiman turvallisen käytön edellytys. Edelleen uusi ydinvoimalaitos ja vieläkin kiihtyvä asiantuntijoiden lähtö eläkkeelle ovat SAFIRinkin haasteita. Korkeatasoisten asiantuntijoiden koulutus on osa turvallisuustutkimusohjelmaa.

Keskeisimmät hankkeet tutkivat ydinpolttoainetta, reaktorifysiikkaa ja -dynamiikkaa, laskennallista ja kokeellista termohydrauliikkaa ja vakavia onnettomuuksia. Hankkeiden nimet KORU, EMERALD, THEA ja TIFANY tulevat monelle tutkijal-

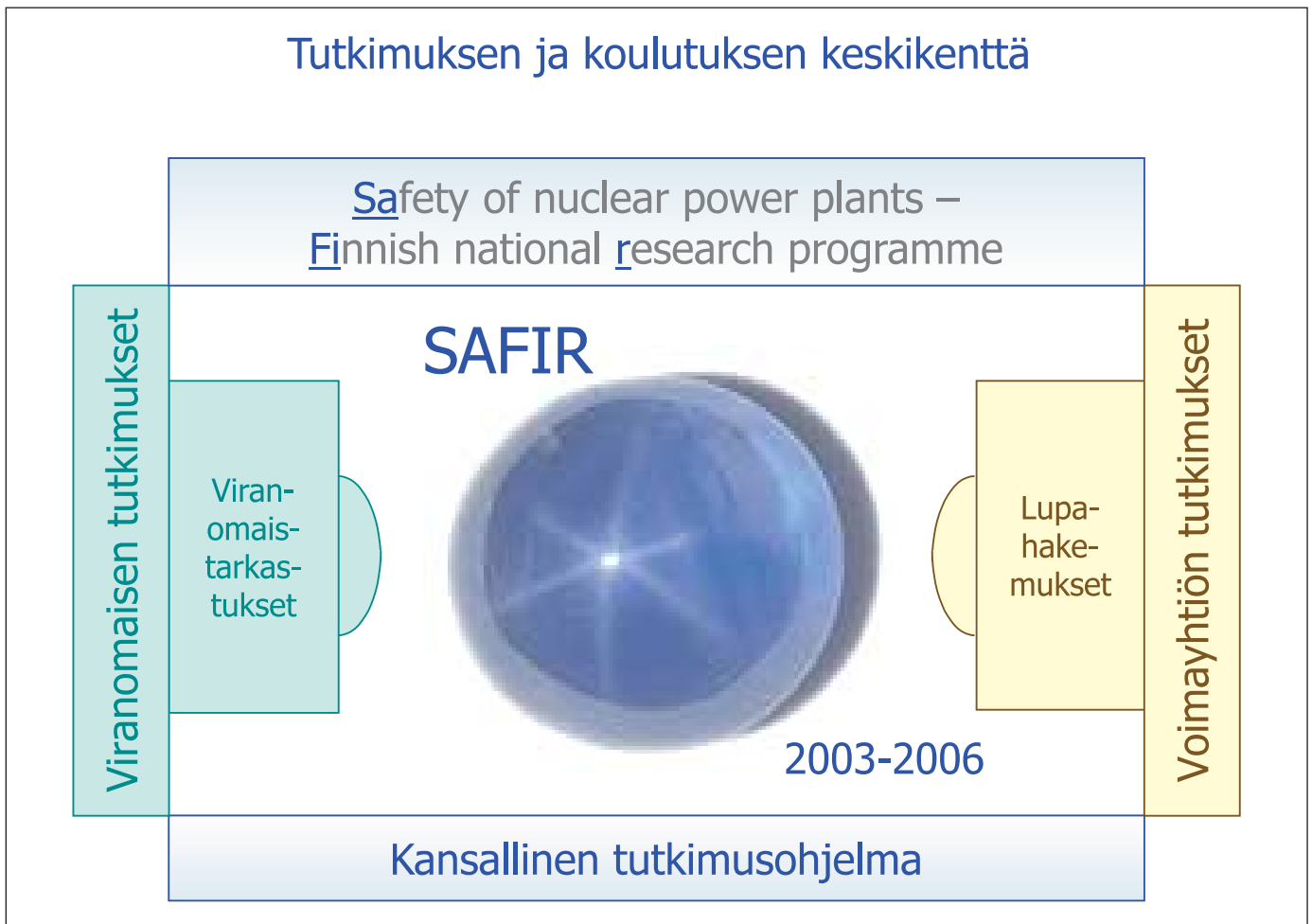
le tutuksi seuraavan neljän vuoden aikana. Suurin hanke on INTELL, reaktoripiirin kestävyyttä ja käyttöikää tutkiva hanke. Aivan uusiakin alueita on ja niistä kaikkia kiinnostanee eniten lentokoneiden törmäysten ilmiöitä tutkiva hanke. Myös vaatimustenhallinnan tutkiminen on uusi aluevaltaus. Aivan uudentyypisten ydinvoimalaitosten tutkinta kuuluu SAFIRiin vaikka rahoituksen puute estikin tälläkin alueella mielenkiintoisen hankkeen välittömän käynnistytseen. Ideana on kuitenkin, että jotkin hankkeet voivat käynnistyä SAFIRin tämänkertaisen rahoituksen ulkopuolellakin.

SAFIRin edeltäjä FINNUS-ohjelma lopui vuonna 2002 ja viimeisenä vuonna sen rahoitus oli noin 3,5 miljoonaa euroa, joista KTM:n osuus oli noin 40 %. SAFIRin vuoden 2003 rahoituksessa tämä suuruusluokka pysyy, joskin ohjelman rahoitusrakenteessa tapahtuu muutoksia ja KTM:n rahoitusosuus on pienempi. Jo pitkään jatkuneen rahoitusrakenteen ongelmat on tunnistettu ja uusia ratkaisuja etsitään ja toteutetaan SA-



Lappeenrannan lauhdutusallaskoelaitteiston allas puhallusputkineen. Tutkimuslaitteisto sijaitsee Lappeenrannan teknillisen yliopiston kampuksella tutkimushallissa joka elää jatkuvasti muuttuvien koevaatimusten myötä. Todettakoon että tunnetuin laitteisto, PACTEL, palvelee edelleen osana kokeita, joiden suunnittelu ja toteutus on osa arvokasta suomalaista kokeellista tutkimusta. (Kuva LTY/YTY.)

Tutkimuksen ja koulutuksen keskikenttä



SAFIR-turvallisuustutkimusohjelma on keskikentän tutkimusta. Maalialueilla viranomaiset ja voimayhtiöt tekevät tai teettävät omia tutkimuksiaan jotka voivat liittyä esimerkiksi lupahakemuksiin tai viranomais-tarkastuksiin.

FIRin aikana. Nyt alkavassa tutkimusohjelmassa on voimayhtiöillä entistä merkittävämpi osuus. Osittain tämä johtuu myös ohjelman luonteesta, sillä SAFIR tarjoaa kaikille osallistuville organisaatioille foorumin, jossa tietoa tutkimuksista ja niissä saavutetuista tuloksista vaihdetaan.

Niinpä mukana on sellaisiakin hankkeita, joissa ei ole KTM:n rahoitusta. Tekesin mukana olo sellaisissa hankkeissa, jotka sopivat heidän tavoitteisiinsa, on miellyttävä keskikentän tutkimusta vahvistava piirre.

Oman merkittävän osan ydinturvallisuustutkimusohjelmaa muodostaa osallistuminen kansainväliseen tutkimukseen. Myös tällä alueella SAFIR on se foorumi, jolla tietoa vaihdetaan. Suomi on mukana useissa OECD/NEA:n (Nuclear Energy Agency) tutkimusohjelmissa, koska pienessä maassa ei esimerkiksi voida suorittaa suurimittakaavaista kokeellista tutkimusta. Suoria jäsenmaksuja NEA:n hankkeisiin SAFIR ei ra-

hoita vaan ne on toteutettava teollisuuden tai viranomaisten erillisellä rahoituksella. SAFIRin tarkoituksena on, että hyvin koordinoidulla kansallisella osallistumisella varmistetaan tiedon saanti Suomeen. EU:n käynnistymässä olevan 6.puiteohjelman suomalainen osallistuminen ei suoranaisesti ole SAFIRin piirissä, mutta tiedon tehokas kulku pyritään tässäkin varmistamaan. On nimittäin huomattava, että FINNUS-loppuevaluoinnissa tutkijat arvostelivat hieman ulkomaisen tiedon Suomeen tuonnin tehokkuutta.

Vuonna 2002 käynnistyi myös kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma KYT (2002-2005). Ohjelmassa rahoitetaan teknisluonnontieteellistä tutkimusta. Tarkoituksena on taata ja luoda niitä yleisiä perusvalmiuksia, joita maassamme tarvitaan ydinjätehuollon ratkaisuihin ja niiden toteutukseen. Keskeisenä osa-alueena ohjelmakokonaisuudessa ovat käytetyn polttoai-

neen geologisen loppusijoituksen pitkäaikaturvallisuutta edistävät tutkimukset. Mukana on kuitenkin myös ns. vaihtoehtoisten ydinjätehuollon menetelmien tutkimusta eli erottelua ja transmutaatiota.

KYT-ohjelmaa rahoittavat ministeriön lisäksi muut ydinenergia-alalla toimivat keskeiset organisaatiot. Vuonna 2002 ohjelman koko rahoitus oli noin miljoona euroa, josta noin neljäsosa ministeriön rahoitusta. Vuonna 2003 ohjelman kokonaislaajuus tulee olemaan suuruusluokaltaan samankaltainen.

DI Jorma Aurela on
Kauppa- ja teollisuus-
ministeriön energiaosaston
ylitarkastaja,
puh. 09 1606 4832,
jorma.aurela@ktm.fi



Vuosikokouksen kuulumisia

ATS:n vuosikokous pidettiin 24.2.2003 Tieteiden Talossa Helsingissä. Kokouksessa käsiteltiin sääntömääräiset asiat, jaettiin Erkki Laurila -palkinto vuoden 2002 parhaasta ATS Ydintekniikassa olleesta artikkelista, sekä kuultiin kaksi esitelmää energia-alan ajankohtaisista aiheista, päästökaupasta ja sähkömarkkinoista. Kokoukseen osallistui kolmisenkymmentä seuran jäsentä.



Kokouksessa käsiteltiin vuoden 2002 toimintakertomus ja tilinpäätös, sekä vahvistettiin toimintasuunnitelma ja budjetti vuodelle 2003. ATS:n toiminta on jatkunut ja tulee jatkumaan perinteiseen tapaan, näkyvimpinä toimintamuotoina ovat seminaarit ja kokoukset.

Viime vuoden tilinpäätös oli noin 8000 euroa ylijäämäinen. Säästöä tuli aikaisempaa pienemmistä postitus- ja painatuskuluista, jotka osittain selittyivät lisääntyneellä sähköpostin käytöllä sisäisessä tiedotuksessa. Taloudellista tilannetta kohensi myös se, että voimayhtiöt maksoivat ENS:n jäsenmaksun. Myös tuki YG-toiminnalle ja Energiakanavalle jäi vuonna 2002 paljon budjettoitua pienemmäksi. Vuoden 2003 budjetissa ylijäämää käytetään 3800 euroa.

Eniten keskustelua herätti jälleen ENS:n tilanne. Näkyvin hyöty ENS:n jäsenyydestä

olisi Nuclear Europe Worldscan -lehti, mutta viime vuonna sitä ilmestyi vain 3 numeroa, ja lehden ilmestymisestä vuonna 2003 ei vielä ole varmuutta. Johtokuntaa kehoitettiin seuraamaan tilannetta tarkasti, ja miettimään myös onko jäsenmaksun maksaminen mielekäästä, mikäli lehteä ei saada kunnolla käyntiin.

Johtokunnassa tapahtui varsinainen myllerrys, kun erovuorossa oli seitsemästä jäsenestä neljä: puheenjohtaja Harri Tuomisto, varapuheenjohtaja Rolf Rosenberg sekä jäsenet Kari Kaukonen ja Martti Kätkä.

Seuran uudeksi puheenjohtajaksi valittiin **Antti Piirto**, joka toimii johtajana, ja I.5. lähtien toimitusjohtajana TVO Nuclear Services Oy:ssä. Yritys on TVO:n sataprosenttisesti omistama, lähinnä asiantuntija- sekä kunnossapitopalveluiden myyntiin keskittyvä yhtiö. Tärkeinä osa-alueina ovat myös Posivan toimintojen tukeminen ja EU-pro-

jektit Kuolan ydinvoimalaitoksella. Antti on aloittanut TVO:lla 70-luvun puolessavälissä reaktorijaoksen päällikkönä, ydinturvallisuuteen liittyviä tehtäviä hänellä on ollut noin kahdeksan vuotta ja Olkiluodon ydinvoimalaitoksen käyttöpäällikkönä hän on toiminut kaksitoista vuotta ja tämän jälkeen osaamisen kehitystehtävissä kolme vuotta. Koulutustausta, DI vuodelta 1973, on Otaniemen teknillisen fysiikan osastolta. Mieluisimpiin harrastuksiin kuuluu klassillinen musiikki, etenkin wieniläisklassikot ja barokkimusiikki, shakki ja historiaa sivuva kirjallisuus.

Uusiksi johtokunnan jäseniksi valittiin lisäksi **Lena Hansson-Lyyra** VTT Tuotteet ja Tuotannosta, **Risto Tarjanne** Lappeenrannan Teknillinen Yliopistosta, (LTY, entinen LTKK) sekä **Hanna Virlander** Teollisuuden Voima Oy:stä. Seuran varapuheenjohtajaksi valittiin Kirsi Alm-Lytz (STUK), joka on jo toiminut johtokunnan jäsenenä kaksi viime vuotta. Johtokunnassa jatkavat myös rahastonhoitaja Reetta von Hertzen ja sihteeri Minna Tuomainen. Uusi johtokunta on ATS:n historian ensimmäinen, jossa on naisennemmistö.

Lena Hansson-Lyyra työskentelee erikoistutkijana VTT TUO:ssa ydinvoimalaitosten materiaalien parissa. Lenalla on tutkinto sekä radiokemiasta (Fil. kand.) Helsingin yliopistosta, että ydintekniikasta (M.Sc) Berkeleyyn yliopistosta Kaliforniasta.



Seuran uudeksi puheenjohtajaksi valittiin **Antti Piirto**, joka toimii johtajana, ja 1.5. lähtien toimitusjohtajana TVO Nuclear Services Oy:ssä.

ATS:n toiminta on Lenalle ennestään tuttua, sillä hän oli Energiakanavan puheenjohtaja vuosina 1990-1992. Mieluisia vapaa-ajan toimia ovat koiran kanssa ulkoilu, mökkeily ja lukeminen.

TkT Risto Tarjanne toimii energiatalouden professorina Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa. Risto on pitkän linjan ammattilainen energia-alalta; hän on työskennellyt 1970-luvulla VTT:llä lämmitysreaktoriprojektissa ja LTKK:ssa ydintekniikan vs. apulaisprofessorina, 1980-luvulla EKO-NO:ssa energiasuunnittelun, -tutkimuksen ja kehitysmaiden energiaprojektien parissa, ja 1990 hän siirtyi energiatalouden professoriksi Lappeenrantaan. Lempiaiheena Ristolla ovat energiataloudelliset kannattavuusanalyysit. Myös Risto tuntee ATS:n toiminnan ennestään toimittuaan aikoinaan sekä ATS:n yleissihteerinä että sihteerinä ja johtokunnan jäsenenä. Vapaa-aikana Riston voi löytää vaikkapa golfkentältä.

Hanna Virlander on reaktorivalvonnan jaospäällikkö Olkiluodon ydinvoimalaitoksella. Hanna on valmistunut 2001 LTKK:sta voimalaitostekniikan diplomi-insinööriksi syventymiskohteenaan ydinvoimatekniikka. Ydinvoimala-alalle suuntautuminen oli Hannalle selkeä päätös, sillä jo teini-iässä pohtiessaan, mikä hänestä tulee isona, oli 'ydinvoimainsinööri' vastaus kysymykseen. Italialainen ruoka ja etenkin erilaisten pasta-

ruokien kokkaaminen yhdessä aviomiehen kanssa kuuluvat Hannan vapaa-aikaan.

Sääntömääräisten asioiden jälkeen vuorossa oli vuoden 2002 **Erkki Laurila** -palkinnon julkistaminen. Palkinto jaetaan vuosittain parhaasta ATS Ydintekniikan artikkelista. Vuoden 2002 palkinto myönnettiin Tapio Vähämaalle kirjoituksesta "Ydinturvallisuusapua Kuolan laitokselle". Artikkelin on julkaistu ATS Ydintekniikan numerossa 1/2002, ja se sai selvästi eniten ääniä toimituksen äänestyksessä. Palkinto koostuu kunniamerkistä ja 500 euron stipendistä.

Kokouksen lopuksi kuultiin kaksi esitelmää; Jouko Rämö Pohjolan Voima Oy:stä esitelmöi aiheesta "Ilmastopolitiikka ja päästökauppa", ja Päivi Aaltonen Finergystä puhui aiheesta "Miten sähkömarkkinat toimivat". Molemmat esitelmät ovat luettavissa ATS:n www-sivuilla.

<http://www.ATS-FNS.fi>



Minna Tuomainen,
VTT Prosessit,
p. (09) 456 5787,
minna.tuomainen@vtt.fi

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA —

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Kannatusjäsenet:

ABB Oy Energiayhtiö
Ahlstom Finland Oy
Fintact Oy
Fortum Oyj
Kemira Oy, Energia
Mercantile-KSB Oy Ab
Patria Finavitec Oy
Platom Oy
Pohjolan Voima Oy
Posiva Oy
PRG-Tech Oy
PrizzTech Oy
Rados Technology Oy
Saanio & Riekkola Oy
Siemens Osakeyhtiö
Soffco Oy Ab
Suomen Atomivakuutuspooli
Teollisuuden Voima Oy
VTT Prosessit
VTT Tuotteet ja tuotanto
YIT Installaatiot

ATS internetissä:

<http://www.ATS-FNS.fi>