

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA -

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



2/97, vol. 26

Tässä numerossa

Suomen ydinjätehuolto käy malliksi muillekin	1
RÉSUMÉ: Achievements of Finnish Nuclear waste management programme exemplary to other countries	2
Kaasua, komissaari Liikanen	3
Posiva kentällä Loviisassa: Eurajoella, Kuhmossa ja Äänekoskella tutkimukset loppusuoralla	6
Ydinenergia: Yhteiskunnan vihollinen?	9
Selektiivisiä ioninvaihtimia ydinjäteliuosten puhdistukseen	10
Teollisuusfysiikka: VTT Kemiantekniikan uusi tutkimusalue	16
Jäsenpalsta	19
Vastaanottaako suomalainen kunta ydinjätteet?	20
Annons: Stipendier for kärnkraftsforskning lediganslås	23
Suomenlahden etelärannan radioaktiiviset jätteet	24
Lähialueidemme ydinjätteet: Hitaasti paraneva ongelma	27
Suomi isännöi kansainvälistä pelastuspalveluharjoitusta	30

ATS

YDINTEKNIikka

2/97, vol. 26

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

VUODEN 1997 TEEMAT

TOIMITUS

Päätoimittaja
DI Jorma Aurela
Imatran Voima Oy
Loviisan voimalaitos
PL 23, 07901 Loviisa
p. (019) 550 3070
jorma.aurela@ivo.fi

Erikoistoimittaja
TkL Eija Karita Puska
VTT Energia
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5036
eija-karita.puska@vtt.fi

Erikoistoimittaja
DI Arto Isolankila
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8314
arto.isolankila@stuk.fi

Erikoistoimittaja
DI Olli Nevander
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
p. (09) 8561 2613
olli.nevander@ivo.fi

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

1/97
Käyttöluvat ja käyttöikä

2/97
Ydinjätehuolto

3/97
Ydintekniikan
kehitysnäkymät

4/97
Ekskursio
Ranskaan ja Sveitsiin

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 2000 mk
1/2 sivua 1400 mk
1/4 sivua 1000 mk

JOHTOKUNTA

Puheenjohtaja
TkT Seppo Vuori
VTT Energia
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5067
seppo.vuori@vtt.fi

Varapuheenjohtaja
TkT Ilari Aro
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8296
ilari.aro@stuk.fi

FK Anneli Nikula
Energia-alan Keskusliitto ry
FINERGY
PL 21, 00131 HELSINKI
p. (09) 6861 6222
anneli.nikula@finergy.fi

Rahastonhoitaja
DI Virpi Korteniemi
Lappeenrannan Teknillinen
Korkeakoulu
PL 20, 53851 Lappeenranta
p. (05) 621 2781
virpi.korteniemi@lut.fi

DI Tapio Saarenpää
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 4312
tapio.saarenpaa@tvo.tvo.elisa.fi

Sihteeri
DI Vesa Tanner
VTT Kemiantekniikka
PL 1404, 02044 VTT
p. (09) 456 6354
vesa.tanner@vtt.fi

DI Olli Nevander
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
p. (09) 8561 2613
olli.nevander@ivo.fi

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka
c/o Jorma Aurela
Imatran Voima Oy
Loviisan voimalaitos
PL 23
07901 Loviisa
p. (019) 550 3070 (suora)
telefax (019) 550 4435

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

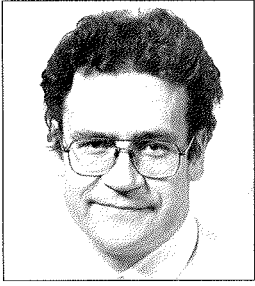
Lehdessä julkaistut artikkelit
edustavat kirjoittajien omia
mielipiteitä, eikä niiden kai-
kissa suhteissa tarvitse vasta-
ta Suomen Atomiteknillisen
Seuran kantaa.

TOIMIHENKILÖT

Kansainväl. asioiden sihteeri
DI Jussi Palmu
Posiva Oy
Mikonkatu 15 A
00100 Helsinki
p. (09) 2280 3750
jussi.palmu@posiva.fi

Ekskursios sihteeri
DI Jaakko Pullinen
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
(09) 8561 4123
jaakko.pullinen@ivo.fi

ISSN-0356-0473



Seppo Vuori

SUOMEN YDINJÄTEHUOLTO KÄY MALLIKSI MUILLEKIN

Suomessa on paneuduttu ydinjätehuollon suunnitteluun ja tutkimukseen määrätietoisesti jo 1970-luvun lopulta lähtien. Valtioneuvoston vuonna 1983 määrittelemiä suuntaviivoja ja aikataulua on noudatettu sääntillisesti sekä jo toteutettujen huoltolaitosten että pitkälle tulevaisuuteen tähtäävien huoltovaiheiden välietappien osalta. Myös viranomaisvalvonta ja varautumisjärjestelyt jätehuollon tuleviin kustannuksiin on hoidettu mallikelpoisesti.

Voimalaitosjätteiden huollon voidaan katsoa jo hyvin pitkälle tulleen ratkaistuksi, kun vuodesta 1992 käytössä ollut Olkiluodon loppusijoituslaitos on nyt saamassa seurakseen vastaavan Loviisaan sijoitetun loppusijoituslaitoksen. Myös laitosten käytöstäpoistosta ja siitä muodostuvien jätteiden loppusijoittamisesta on Suomessa laadittu varsin yksityiskohtaiset suunnitelmat.

Pitkän aikavälin suunnitelman mukaisesti alunperin pelkästään Olkiluodon laitokselle laadittuja jätehuoltosuunnitelmia on voitu joustavasti laajentaa koskemaan myös Loviisan voimalan käytettyä polttoainetta. Vuoden 1996 lopulla viranomaisten arvioitavaksi jätettyjen päivitettyjen selvitysten ja tutkimusten myötä arvioinnin ja päätöksenteon hetket ovat lähestymässä myös viranomaisia ja kaavailtujen sijoituspaikkakuntien asukkaita. Tavoitteenahan on esittää käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikan valinta viranomaisten arvioitavaksi viimeistään vuoden 2000 loppuun mennessä.

Teknis-luonnontieteellisestä näkökulmasta katsottuna käytetyn ydinpolttovaiheen huoltosuunnitelmat perustuen suoraan loppusijoitukseen Suomen kallioperään ovat vuosien varrella asteittain täsmentyneinä edenneet hyvin määrätietoisesti ja aika ajoin muissa ydinvoimamaissa jopa jonkinasteista kateuttakin herättäen. Ydinjätteistä huolehtiminen on Suomessa tähän mennessä ollut menestyksellistä, mutta vuosituhannen viimeisille vuosille on kasautunut todella haasteellisia tehtäviä.

Ympäristövaikutusten arviointiprosessin tärkeä elementti on loppusijoituspaikkakunnan asukkaiden ja heidän edustajiensa keskustelut jätehuoltohanketta suunnittelevan ja toteuttavan yhtiön edustajien kanssa. Näillä keskusteluilla selvitetään suunniteltujen jätehuoltolaitosten sijoituspaikkakuntien asukkaita eniten askarruttavat ydinjätehuollon osavaiheet ja niiden tutkitut ympäristövaikutukset. Esille nouseviin, avoimiin kysymyksiin on löydettävä selkeitä ja havainnollisia vastauksia. Todellisia ja koettuja haittoja sijoituspaikkakunnilla on lievitettävä käytännön keinoin.

Myös viranomaisilla on edessään huippuhaasteellisia tehtäviä. Ensinnäkin on viimeisteltävä teknillisiä turvallisuusvaatimuksia ja sijoituspaikkojen valinnassa huomioon otettavia muita vaatimuksia ja varauduttava sijoituspaikkakohtaisten selvitysten arviointiin. Lisäksi on osallistuttava aktiivisesti objektiivisen ja havainnollisen tiedon välittämiseen paikallistason poliittisille päättäjille ja kansalaisille säilyttäen kuitenkin arvostuksen täysin puolueettomana viranomaisena.

TkT Seppo Vuori on
VTT Energian johtava tutkija
ja Suomen Atomiteknillisen
Seuran puheenjohtaja,
p. (09) 456 5067;
E-mail: seppo.vuori@vtt.fi

RÉSUMÉ: ACHIEVEMENTS OF FINNISH NUCLEAR WASTE MANAGEMENT PROGRAMME EXEMPLARY TO OTHER COUNTRIES

Straightforward and purposeful approaches adopted in the planning and realisation of nuclear waste management in Finland as well as the pertinent R&D efforts have continued since the commissioning of the first nuclear power plants. The milestones and schedule of nuclear waste management defined by the policy decision of the Finnish Government in 1983 have been met punctually concerning both already realised steps and intermediate targets aiming at the domestic management and disposal of spent fuel. Also the required legislation, regulatory control and authorities have been introduced properly and the system for ensuring financial provisions for the costs of future waste management facilities and operations is well-functioning.

The management of operational low- and medium-level wastes from nuclear power plants can be considered to be already solved to large extent in Finland, as one repository for these type of wastes has been operational since 1992 at the Olkiluoto nuclear power plant site and a similar second facility is going to be commissioned shortly at Loviisa NPP site after the regulatory review of the application for operation licence has been completed. Major achievements have also been reached in waste volume reduction efforts and the developed new methods for caesium separation are in practical use at the Loviisa NPP. A transportable treatment facility based on the developed separation methods has been used for treatment of liquid wastes in Estonia and Russia as well. For the moment these new methods are being extensively marketed to other countries.

Detailed plans have already been made for the decommissioning of the Finnish NPPs and the management and disposal of the arising wastes.

The repositories at Olkiluoto and Loviisa for operational wastes are planned to be expanded by additional silos or tunnels to house also the decommissioning wastes. According to the authority requirements the decommissioning plans have to be updated with five years' intervals.

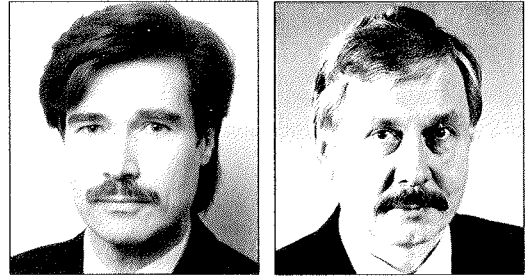
Originally the plans of long-term management and disposal of the spent fuel in the Finnish bedrock were made solely for the Olkiluoto plant. However, after the amendment of the Nuclear Energy Act the export of spent fuel from the Loviisa plant back to Russia can not be continued after 1996. The domestic waste management plans have thereafter been flexibly modified to apply also for the spent fuel from Loviisa plant. At the end of 1996 the status of technical studies, site evaluations and long-term performance assessment related to the disposal of spent fuel were reported by jointly owned waste management company Posiva Oy to the authorities for scrutiny.

From the technical and natural science viewpoint the plans for spent fuel management and disposal have progressed smoothly and purposefully from early feasibility studies to concrete site-specific studies and designs. The Finnish successes in maintaining the originally planned schedule have sometimes been looked with some envy by the waste management companies in other countries. Despite the successful achievements so far, the challenging tasks continue during the next few years, as the aim is to make the choice of one particular site for the repository at the latest in the year 2000 based on site-specific performance analyses. At the same time the authorities have to finalise the safety and siting requirements for a spent fuel repository and to ensure that sufficient capabilities and resources are available for independent reviews.

*Much more demanding tasks are associated with the **environmental impact assessment** -process for siting of the spent fuel repository and with the **decision in principle** -process, where the municipality of location has according to the nuclear energy act a possibility to ultimately utilise its decisive veto right against the planned facility. The open discussions and frank dialogue between the local public and the representatives of the implementing organisation, Posiva Oy, are vitally important in identifying those waste management stages and types of possible environmental impacts that raise the greatest concerns among the public. By early involvement of the public, one can facilitate the efforts to mitigate or reduce the real or subjectively felt harmful impacts and to put negative and positive impacts in proper perspective with each other. Furthermore, the authorities have — besides taking care of the regulatory review of technical studies — a particularly demanding responsibility to participate actively in the communication of objective information in an easily comprehensible way to the local public and political decision-makers and still maintain the credibility as fully impartial authorities. This additional responsibility for the authorities has been reflected also in the public sector's nuclear waste management research programme, where increased emphasis will be devoted in future on studies of societal and environmental impacts as well as on communication issues.*

Seppo Vuori

KAASUA, KOMISSAARI LIIKANEN

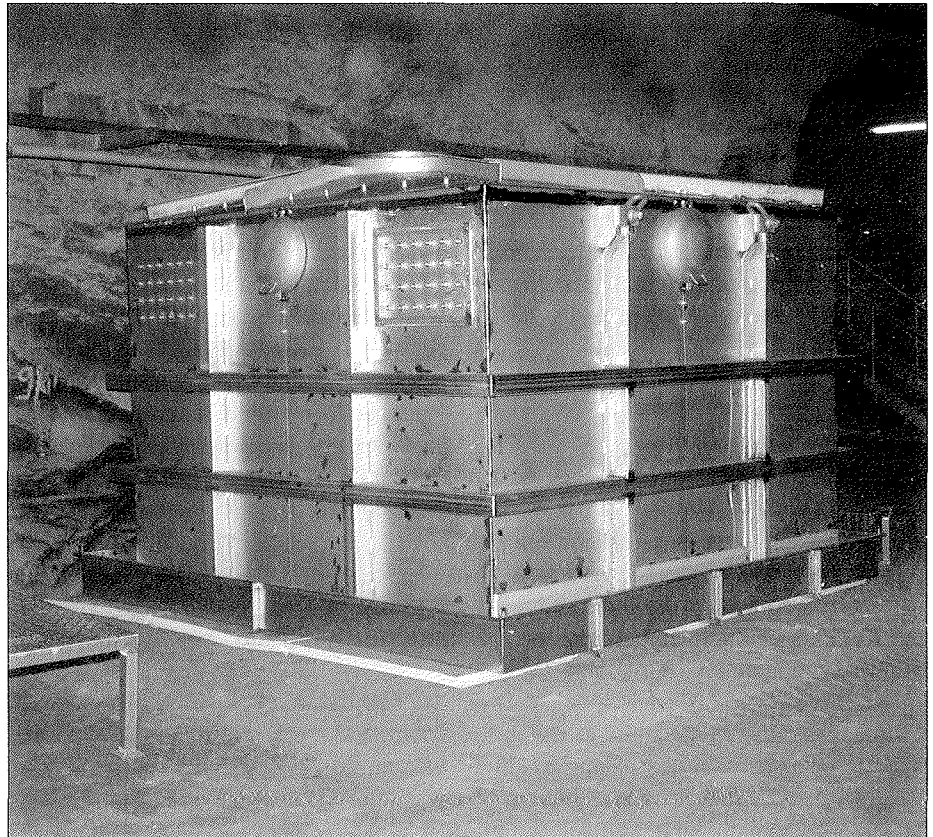


Kannattaako pyrkiä EU:n T&K-projekteihin? Tätä pohdittiin TVO:n ydinjätetoimistossa alkuvuodesta 1995 — samaan aikaan, kun suunniteltiin loppusijoitetun huoltojätteen kaasunkehitystutkimusta.

Suomi oli juuri liittynyt EU:n jäseneksi, ja ydinfissioturvallisuusohjelman hakuaikaa oli pari kuukautta jäljellä, kun saksalainen GRS tiedusteli halukkuuttamme hakea Euroopan komission rahoitusta ydinjätteiden loppusijoituksen kaasunkehitys- ja kaasunkulkeutumistutkimuksiin. TVO valmisteli tuolloin täyttä päätä omaa kaasututkimustaan, joten aihe oli kohdallaan.

Tuntui selvältä, että haettava komission rahoitus riittäisi ylimääräisen hallinnoinnin aiheuttamaan työhön. Vaikeampi kysymys oli, kannattaisiko ulkopuolisten tahojen antaa vaikuttaa oman tutkimusohjelman sisältöön, toteutustapaan, aikatauluun ja raportointiin sekä siten ehkä heikentää TVO:n etuja. Suuria riskejä ei kuitenkaan ollut odotettavissa, ja niin päätettiin hankkia omaa kokemusta EU-pelistä. Samalla saataisiin tuloksia muualla tehtävistä kaasun kulkeutumiseen kohdistuvista tutkimuksista.

Tutkimuspoliittistakin motiivia meillä oli, sillä mielestämme voimateollisuudenkin tulee tulosten loppukäyttäjänä olla mukana projektien ydinjoukossa eikä tyytyä rahoittajan asemaan. Näin tulee painotettua enemmän kokonaistavoitteita ja priorisointia, eivätkä tieteelliset ambitiot ohjaile tutkimusta liikaa.



Kaasunkehityskokeen koetankki VLJ-luolassa ennen instrumentointia.

Kaasu syrjäyttää vettä

Olkiluodon vähä- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksen, VLJ-luolan, turvallisuusanalyysi valmistui viisi vuotta sitten. Silloin todettiin tarve palata jätteen kaasunkehitykseen myöhemmin. Tuolloin ulkomaillakin noteerattiin kaasunkehitys ja sen mahdolliset vaikutukset entistä selvemmin.

Mikä kaasuiissa on vikana? Mikrobit voivat hajottaa selluloosapitoista jätettä nopeasti ja kehittää kaasuja, jotka nopeuttavat veden virtausta ja nuklidien vapautumista vedellä täytetystä loppusijoitustilasta. Vaikutus on suurimmil-

laan, jos loppusijoitussiilojen alueelle muodostuu iso kaasutila syrjäyttäen vastaavan määrän kontaminoitunutta vettä ympäröivään kallioperään. Vaikka kaasutila ei olisikaan iso, kasvaisi pohjaveden gradientti ja sen seurauksena virtausnopeudet, kaasujen poistuessa osin vesifaasiin liuenneena ja osin kaasufaasissa.

Turvallisuusanalyysissa käytetty vähäaktiivisen huoltojätteen kaasunkehitysnopeus perustui yhdyskuntajätteelle kaatopaikoilla mitattuihin arvoihin. Heti VLJ-luolan sulkemisen jälkeen kaasua oletettiin muodostuvan 6 000 m³/a NTP. Vaikka olosuhteet ja jätteen koostumus VLJ-luolassa tiedettiin mikrobeille

epäedullisiksi, ei luotettavia realistisempia kaasunkehitysnopeuden arvoja ollut käytettävissä.

Yksinkertainen kaasuskenaarion analyysi antoi huoltojätteen siilon tapauksessa 0,6 mSv/a annoksen kriittisen ryhmän jäsenille kymmenkunta vuotta VLJ-luolan sulkemisen jälkeen. Analyysi vaikutti ylikonservatiiviselta, mutta keinoa sen ripeään kehittämiseen ei löytenyt.

Kaasun kulkeutumista kallioperässä on vaikea mallintaa. Kaksifaasivirtauksen mallinnus on vielä monimutkaisempaa kuin jo sinänsä vaativa pohjavesivirtauksen mallinnus. Siksi otimme tavoitteeksi alentaa analyysin lähde-termiä, kaasunkehitysnopeutta, ja näin mahdollistaa kulkeutumisanalyysin pitäminen yksinkertaisena.

Koe puristettiin betonilaatikkoon

Koska vuosien varrella varmistui, ettei relevanttia tietoa kaasunkehitysnopeudesta saada muualta valmiina, ryhdyimme TVO:ssa valmistelemaan suuren mittakaavan koetta VTT:n avulla.

Mittakaava valittiin VLJ-luolan yhden betonilaatikon mukaiseksi. Haponkestävää teräksestä valmistetussa 20 m³:n tankissa tulee olemaan betonilaatikko ja sen sisällä 16 tynnyriä, joihin on puristettu TVO:n lajiteltua huoltojätettä. Koska jäte on aktiivista, saatiin kylkiä-

senä ainutlaatuinen mahdollisuus huoltojätteen aktiivisuuden vapautumisko-keeseen. Suuren mittakaavan koetta täydennetään laboratoriokeilla ja numeerisella mallinnuksella.

Kaasujen ohella toinen mikrobien aineenvaihduksen seurauksena on vesikemian muuttuminen. Koska tämä voi vaikuttaa nuklidien pidätykseen loppusijoitus-tilassa tai kallioperässä, tutkimme myös kemiallisia muutoksia.

Suurmittakaavaisen kokeen asennukset alkoivat VLJ-luolassa keväällä 1997, ja kokeen pitäisi olla käynnissä kesän loppuessa.

Työtä varaudutaan jatkamaan vuoteen 2006 saakka, johon mennessä VLJ-luolan turvallisuusanalyysi päivitetään. Näin koeajaksi tulisi yhdeksän vuotta. PROGRESSin aikana koe on käynnissä vajaat kaksi vuotta. Olemme kuitenkin sopineet, että komissio saa tiettyjä tuloksia kokeesta vielä puiteohjelman päätyttyäkin.

Työläs sopimuskäytäntö

Tie komission rahoitussopimukseen osoittautui mutkaiseksi ja mäkiseksi, ja hakemusten hylkäysprosenttien valossa perillepääsykin on kovin epävarmaa. Helpotusta menettelyihin ei kuitenkaan kannata odottaa.

Hakuprosessin työläys merkitsee hakijoille selvää taloudellista riskiä — erityisesti ensikertalaisille. Suuren valmistelukustannusten ja usein myöskiiheen johdosta tulee varmaankin helposti tingittyä edunvalvonnasta omaa aktiivisuutta vaativissa vaiheissa. On kuitenkin tiedostettava, että tietoja vuotaa helposti muille hakijoille ilmaiseksi, jollei konsortiosopimusta ajoissa tehdä ja hakemus tulee hylätyksi. Esisopimukset alihankkijoiden kanssa puolestaan varmistavat, että nämä osallistuvat hankkeeseen sovituin ehdoin.

TEKES antaa arvokasta neuvonta-apua sopimusten teossa. Hakemusten valmistelua se ei kuitenkaan tue ydinturvallisuusohjelmissa, jotka kuuluvat KTM:n vastuulle. KTM:llä ei ole vastaavaa määrärahaa.

Ensialkuun komission rahoitussopimus näyttää vaikuttavalta luomukselta, mutta eihän täydellisiä normeja ole. Raportointioikeuksia koskeneiden triviaalien kysymystemme jälkeen komission lakimiehet ovat olleet jo kuukausia hautautuneina pohtimaan sopimuksen tulkintoja.

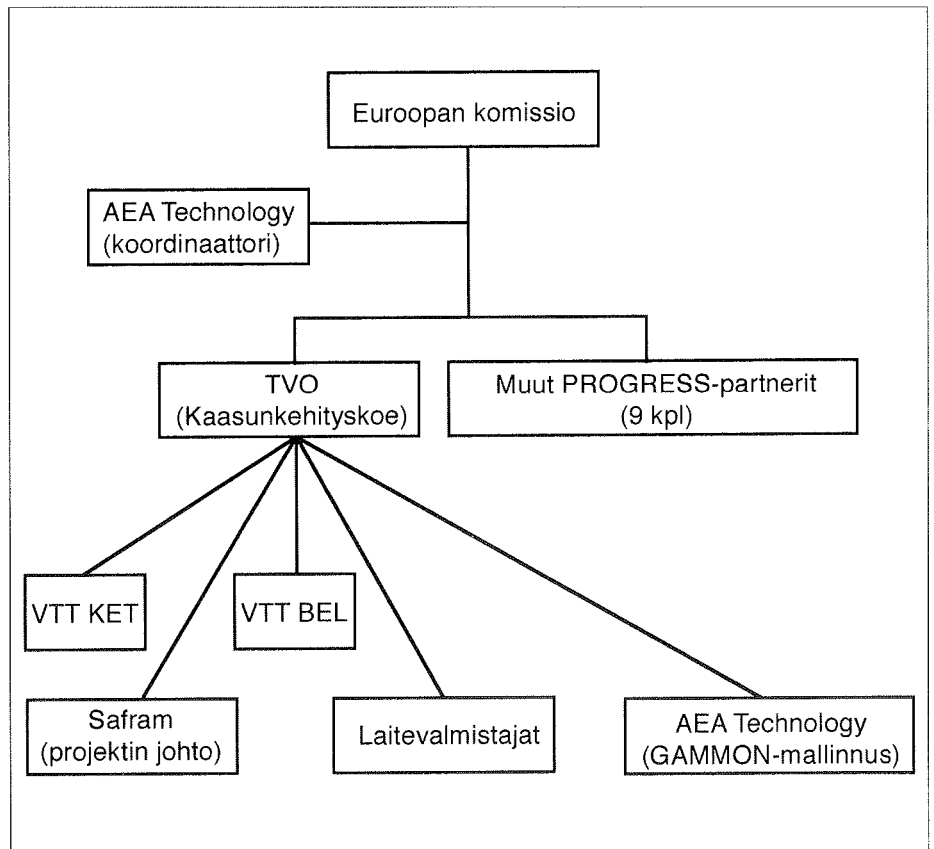
EU-tutkimusprojektin erityispiirteitä

- osapuolet jakautuvat monipuolisesti erilaisiin intressiryhmiin kuten varsinaisiin osanottajiin, komissioon ja muihin rahoittajiin, komission käyttämiin ulkopuolisiin asiantuntijoihin ja ehkä suureenkin joukkoon alihankkijoita
- hakemusten arvioinnin pohjalta on varauduttava projektisuunnitelmien muutoksiin
- konsortioiden kokoonpanoja saatetaan muuttaa kesken prosessin
- muiden tahojen kanssa aiemmin tehdyt yleissopimukset voivat osoittautua ristiriitaisiksi EU-projekteissa tehtävien sopimusten kanssa
- projektien tuloksena saatavia tietoja ja taitoja koskevia immateriaalioikeuksia on vaikea säädellä yksinkertaisin sopimuksin

EU-hakuprosessin päävaiheet

- projektin jäsenten välinen konsortiosopimus
- esisopimukset tärkeimpien alihankkijoiden kanssa (suositeltava)
- konsortion hakemus komissiolle
- loppuneuvottelut hakemusten arviointien jälkeen
- komission sopimus

TVO:n sopimuskumppanit PROGRESS-projektissa. Koko projektissa on 11 pääsopijaa komission lisäksi.



Eloisa projektisuunnitelma

Projektimme nimi on PROGRESS, Project of Research into Gas Generation and Migration in Radioactive Waste Repository Systems. TVO vastaa sen kaasunkehitysosasta.

Osallistujajoukko ja hakemuksen jotkin osat elivät melkoisesti hakuprosessin aikana. Komissio edellytti hakemuksen rahamäärän pudottamista puoleen. Seurauksena oli, että muiden kuin oppilaitosten tukiosuutta vähennettiin 50 %:sta 40 %:in ja hakemuksen työpaketteja poistettiin; kaasunkehitystutkimuksesta vain TVO:n osuus jäi jäljelle.

Ilmeisesti suuren osanottajamäärän ja projektisuunnitelman uudelleenjärjestelyjen takia komission päätös projektista saatiin myöhään —15 kuukautta hakemuksen jättämisestä. Kuriositeettina mainittakoon, että komissio ilmoitti 21.5.96 projektin käynnistyvän takautuvasti 1.5.96. Ennen virallista alkua kertyneitä kustannuksia ei saanut kirjata projektille.

TVO:n lähimmät sopimuskumppanit esitetään oheisessa kaaviossa. Pääosan työstä tekevät alihankkijat, mutta TVO:n omakin panos on kohtalainen.

No kannattaako?

On ennenaikaista vetää pitkälle meneviä päätelmiä siitä, kannattiko TVO:n pyrkiä EU:n T&K-projektiin. Ainakin itse pyrkiminen onnistui. Emme voi koskaan varmuudella sanoa, oliko valittu ratkaisu paras mahdollinen, koska vaihtoehtoisia teitä ei pääse testaamaan samoista lähtöasetelmistä kuin valittua. Olisihan esimerkiksi voinut löytyä muita rahoituskumppaneita kuin komissio myös EU:n ulkopuolisista maista. EU-yhteistyön ulkopuolella TVO ei olisi velvollinen luovuttamaan korvauksetta tulosaineistoa nykyisille partnereilleen.

Voidaan kuitenkin todeta, että tämä vaikuttaa hyvältä ja toimivalta ratkaisulta ja että TVO on "nettohyötyjä". Kokonaisuuteen vaikuttaa vielä, miten koe rahoitetaan PROGRESS-projektin päätyttyä ja mitkä organisaatiot ovat myöhemmin mukana.

Projektin sisäpiirissä olo johtaa luontevaan tiedonvaihtoon muiden osanottajien kanssa. TVO saa näiltä tietoja kaasun kulkeutumisesta, mikä on hyö-

dyllistä turvallisuusanalyysin päivityksessä. Kokeneempien EU-partnereiden asenteesta mukanaolon tärkeyteen voinee päätellä jotain siitä, että projektin kaasunkehitysosuudesta pois pudonneet saksalainen ISTech (GRS:n tytäryhtiö) ja belgialainen SCK/CEN raportoivat kokonaan kansallisella rahoituksella tehtävät vastaavat tutkimuksensa vapaaehtoisesti PROGRESSissa.

DI Mikko Nykyri on ydinjätehuollon konsultti ja Safram Oy:n toimitusjohtaja,
p. (09) 8190 2070;
E-mail: mikko.nykyri@sci.fi

TkL Eero Patrakka on Teollisuuden Voima Oy:n kehityspäällikkö ja tämän lehden erikoistoimittaja,
p. (02) 8381 3300.

POSIVA KENTÄLLÄ LOVIISASSA Eurajoella, Kuhmossa ja Äänekoskella tutkimukset loppusuoralla

Posiva Oy:n maaliskuussa käynnistyneet kenttätutkimukset Loviisan Hästholmenissa ovat edenneet hyvää vauhtia ennako-suunnitelmien mukaisesti. Kesään mennessä saarelle on kaivattu kaksi kilometrin syvyistä ja yksi 800 metrin syvyinen tutkimusreikä. Kesän aikana kaikissa kolmessa reikässä tehdään lukuisia erilaisia mittauksia sekä näytteenottoja.

Posivan muilla tutkimusalueilla Eurajoen Olkiluodossa, Kuhmon Romuvaarassa ja Äänekosken Kivetyssä kenttätutkimukset on jo saatu pääosin valmiiksi. Kesän aikana näillä alueilla tehdään vielä joitakin täydentäviä mittauksia ja muita pitkäaikaisia seuranta-tutkimuksia.

”Suurin osa kenttätutkimuksista tehdään tänä vuonna Loviisassa. Eurajoella, Kuhmossa ja Äänekoskella tarkoituksena on lähinnä vain varmentaa kalliomal-leja, jotka on muodostettu tähänastisten tutkimusten perusteella”, tutkimus-insinööri Heikki Hinkkanen täsmentää.

Hästholmenin kallioperää ja pohjavettä tutkitaan tänä kesänä tiiviisti monenlaisin erikoislaittein ja -menetelmin. Keskeisimpiä mielenkiinnon kohteita ovat pohjaveden kemiallinen koostumus ja pohjaveden liikkeet sekä kallioperän rakoiluvyöhykkeet ja niiden vaikutukset kallion vedenjohtavuuteen.

Kallioperän rakenteesta ja rikkonaisuusvyöhykkeistä hankitaan tietoa muun muassa seismisten HSP-tutkimusten sekä yhdessä ruotsalaisten asiantuntijoi-

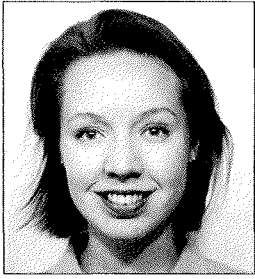


den kanssa toteutettavien reikätelevisio-tutkimusten avulla.

HSP-tutkimuksissa Hästholmenin saaren lähiympäristöön meren pohjaan asennetaan herkkiä mittaussaitteita, jotka rekisteröivät saarella muutaman sadan metrin päässä räjäytettyjen pienten räjähdyspanosten aiheuttamat seismiset aallot sekä niiden etenemisen kalliiossa.

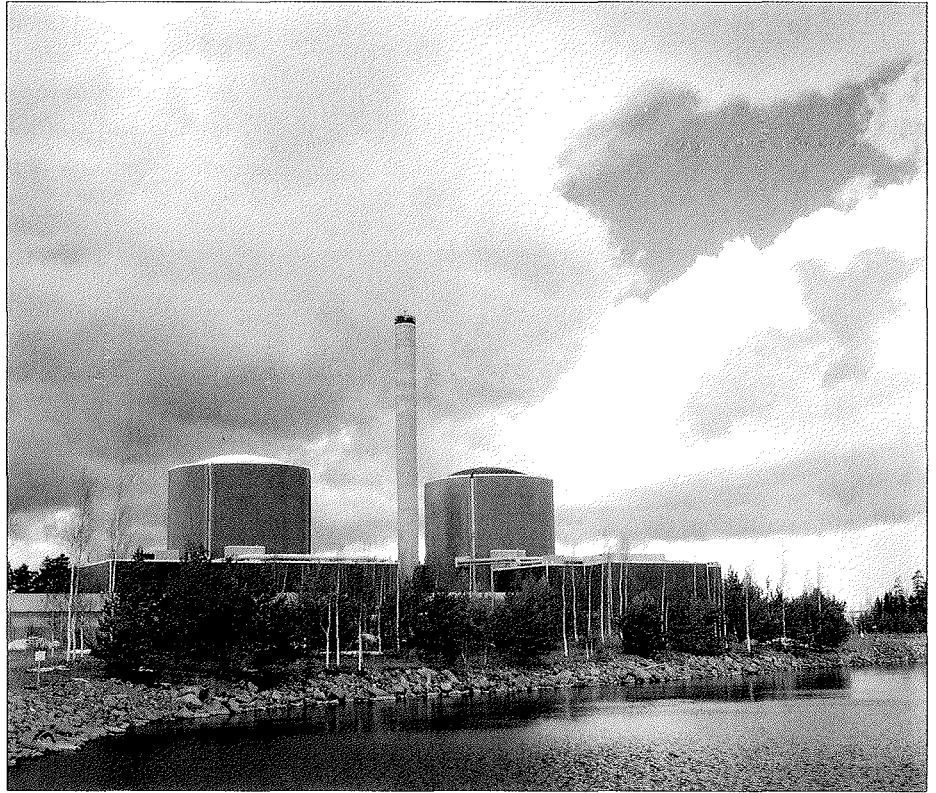
Reikätelevisiotutkimuksissa taas reiän seinämät pienimpinekin halkeamineen kuvataan sisältä päin, minkä jälkeen digitaalista värikuvaa voidaan tulkita yksityiskohtaisesti tietokoneiden avulla.

Kallion vedenjohtavuutta ja pohjaveden virtauksia tutkitaan alkukesästä mm. Suomessa kehitetyllä erittäin herkällä virtausmittauslaitteistolla, joka on kansainvälisestikin merkittävä parannus kallioperä- ja pohjavesitutkimuksissa käytettävään mittaussäätöineistään. Kesäkuun lopulla käyttöön otetaan myös uudenlainen vesinäytteiden otin, jonka avulla pohjavesinäyte saadaan maan pinnalle alkuperäisessä paineessaan jopa yli kilometrin syvyydestä kairanreiästä. Hästholmenin ohella uutta laitetta tullaan tänä vuonna käyttämään myös muilla Posivan tutkimusalueilla.



Hästholmenin paikkatutkimuksia ei tarvitse aloittaa nollapisteestä. Saarella ja sen ympäristössä on tehty 1970- ja 1980-luvuilla useita selvityksiä mm. voimalaitosyksiköiden kaukolämmönsiirtotunnelin ja voimalaitosjätteiden loppusijoitusluolan rakentamiseksi.

*Kesään mennessä Hästholmenilla kaira-
taan kolme syvää tutkimusreikää.*



Loppukesästä Hästholmenissa tehdään muun muassa sähkömagneettisia luotauksia, joiden avulla paikallistetaan ja tutkitaan suolaisen ja makean pohjaveden rajapintoja kalliiossa.

Eurajoella tutkitaan suolaista pohjavettä

Olkiluodossa Eurajoella on jatkettu kalliopohjaveteen liittyviä tutkimuksia. Lisätietoa hankitaan muun muassa pohjaveden kemiallisista ominaisuuksista sekä kallionraoissa virtaavan veden nopeuksista ja virtaussuunnista. Alueella on yhteensä kymmenen syvää tutkimusreikää. Olkiluodossa Posiva kiinnostaa erityisesti syvemmällä alueen kalliope-
rässä havaittu suolainen pohjavesi. Siitä otetaan tutkittavaksi vesinäytteitä. Veden suolaisuus on tärkeä lähtötieto turvallisuusanalyysiä varten.

Romuvaarassa hiljaista

Kuhmon Romuvaarassa ohjelmassa on tänä vuonna vain tarkentavia mittauksia. Kevään kuluessa alueella on otettu muutamia vesinäytteitä sekä tehty sellaisia vedenjohtavuuden rästimittauksia, joita ei vielä aikaisemmin ole ehdit-
ty tehdä. Lisäksi yhdessä kairanreiässä on tehty koepumppaus, jolla on tarkistettu rakovyöhykkeiden jatkuvuutta kallioperässä. Romuvaaran tutkimus-
alueelle on nyt kairattu yhteensä 11 reikää, joiden syvyys vaihtelee 300 metristä 1 100 metriin. Koepumppauksen vuoksi reikiin asennettiin jo viime vuonna monitulppalaitteet. Kesällä tulppalaitteet nostetaan pois, sillä samoja laitteita tarvitaan vastaavissa tutkimuksissa Olkiluodossa.

Yksi kalliorakenne askarruttaa Kivetyssä

Äänekosken Kivetyssä Posiva on tehnyt yhden kalliomallia tarkentavan koepumppauksen. Vuoden aikana muutama kairanreiässä tehdään myös

pohjaveden virtausmittauksia. Syyskesällä Kivettyyn on tarkoitus kairata kahdestoista syvä tutkimusreikää. Kairaustyö kestää noin kuukauden ajan ja työllistää vuorotyönä vajaat kymmenen miestä.

”Kivetyssä meitä askarruttaa yksi rikko-
naisuusvyöhyke, jonka sijaintia haluamme kairauksen avulla vielä selvittää”, tutkimusinsinööri Hinkkanen sanoo.

Valt. yo **Pia Kuorikoski** on Posiva Oy:n tiedottaja, p. (09) 2280 3762.

Jokaisella meistä on osaltaan vastuu siitä, että voimme elää puhtaassa ympäristössä. Emme voi jättää ympäristöongelmia kenenkään muun huoleksi tai tulevien sukupolvien selvitettäväksi. Käytetty ydinpolttoaine ei tee tässä suhteessa poikkeusta.



Kenen käsiin ydinjätteet uskaltaa jättää?

Posiva Oy on perustettu huolehtimaan ydinjätteen loppusijoituksesta. Yhtiöllä on käytössään alan suomalainen asiantuntemus, yhteydet kansainvälisiin tutkimuskeskuksiin sekä tarvittavat varat, jotka on jo etukäteen kerätty ydinsähkön hinnassa. Näin Posivalla on eväät suoriutua vaativasta tehtävästään, ja haluamme sinunkin tietävän, että Suomen ydinjätehuolto on hyvissä käsissä.



SYVÄLLE MENEVÄÄ OSAAMISTA

Lisätietoja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta saat Posivasta, Mikonkatu 15 A, 00100 Helsinki, Puh. (09) 2280 3760.

YDINENERGIA — YHTEISKUNNAN VIHOLLINEN?

Monet varmaan muistavat, että "Ihmiskunnan viholliset" on Mika Waltarin vuonna 1964 julkaiseman kirjan nimi. Nimi tarkoittaa kristittyjä, joita keisari Nero syyttää Rooman palosta ja joihin hän kohdistaa asiaankuuluvan vainon. Sopivien vastustajien leimaaminen vihollisiksi oli silloin — kuten nykyäänkin — oiva tapaedistää omia tavoitteita, omia poliittisia päämääriä.

Waltari saavutti maailmanlaajuista kuuluisuutta kirjoillaan, joissa hän nerokkaasti yhdisti historialliset tapahtumat ja ihmismielen oikut. Waltari otaksuu — suorastaan osoittaa — että monet ylväiltä vaikuttaneet teot pohjautuvat perimmiltään yksilöiden itsekkäisiin vaikuttimiin. Historian kulkua ovat usein säädelleet satunnaiset ja lyhytnäköiset tavoitteet. Tai sitten on käynyt niin, että saavutukset eivät olekaan vastanneet alkuperäisiä tavoitteita.

Ihminen on ilman muuta edelleenkin itse ihmiskunnan pahin vihollinen. Kenen otsaan vihollisleima lyödään, riippuu tietysti lyöjästä. Monien mielestä energian tuottajat, siis energiainsinöörit ja etenkin ydinenergiainsinöörit, ansaitsevat tuon leiman. Leimaukselle esitetään perustelujakin, mutta taustalla on sama logiikka kuin keisari Nerolla. Vihollisjoukkoon joutuneella on siksi hyvin vähän keinoja vaikuttaa leimaajien mieliin.

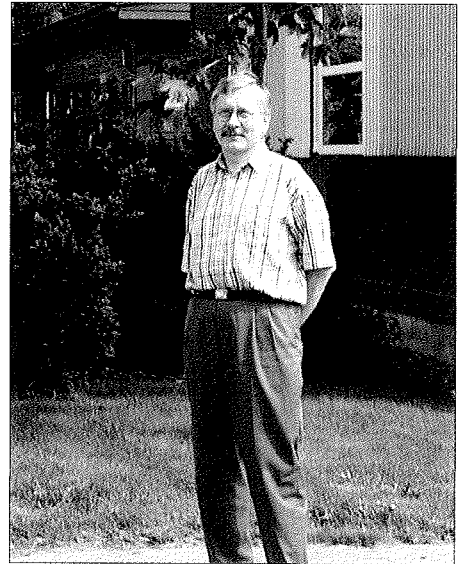
Ydinenergiainsinöörin taitaa olla turha puhua kasviuoneilmiöstä: ydinvoima auttaa siihen kuulemma häviävän vähän. Yhtä turhaa on huolestua kehitysmaiden energiantuotannon kehityksestä: uusiutuvat energialähteet ynnä säästöenergia ratkaisevat ongelman. Varmaa vain on, että ydinenergiainsinöörit ovat varsinaisen turha joukko, levittämässä säteilyä ja ydinsaasteitaan yli valtiorajojen.

Keisari Caligulan väitetään valittaneen hevosensa senaattoriksi. Se oli mahdollista, koska kyseessä oli politiikka. Yhtä hyvin on siis mahdollista päättää hyvin toimivien turvallisten ja saastuttamattomien ydinvoimaloiden sulkemisesta poliittisella päätöksellä: politiikka on tahdon asia, kuten Olof Palme opetti. Turha meidän on silti naureskella ruotsalaisille. Meillähän on oikein perustulaila säädetty, että ydinvoima on politiikkaa. Sitä paitsi ydinjätteekin ovat politiikkaa, halusimme sitä tai emme.

Politiikka määritellään yhteisten asioiden hoitamiseksi, eikä siinä sinänsä ole mitään häpeittävää. Energiahuollosta on jo vuosikymmeniä sitten tullut energiapolitiikkaa, ja sellaiseksi se on jäänyt. Kun talouselämässä on hyvää vauhtia siirrytty poliittisesta ohjailusta markkinavoimiin, energiahuolto on jäänyt muusta elinkeinoelämästä irralliseksi saarekkeeksi. Samalla energiantuottajilta on viety oikeus kehittää omaa toimialaansa suunnitelmallisella ja taloudellisella tavalla. Kun he yrittävät puolustaa omaa kenttäänsä, heitä pidetään epäilyttävänä oman edun tavoittelijoina, ellei peräti yhteiskunnan vihollisina.

Politiikkaa tekevät poliitikot, kukin kykyjensä rajoissa. Rajat näyttävät tosin usein olevan turhan lähellä, kun energiapolitiikasta puhutaan. Valtakunnan etu edellyttäisi perusvoimaa koskevien välttämättömien ratkaisujen tekemistä, mutta energiapolitiikka on toistaiseksi jäänyt vain puheluksi ja kirjoitteluksi. Sitäpaitsi: koska energiaratkaisut ovat politiikkaa, niistä on tullut omantunnon kysymyksiä, joihin on tarpeetonta sotkea järkisyytiä.

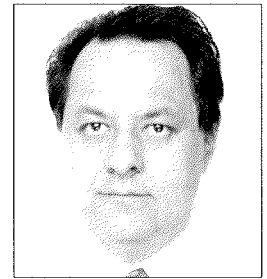
Poliittiset virtaukset ovat muotiasioita ja muoti on lyhytjanteista. Pitkäjanteista energiapolitiikkaa on työlästä sulloa muodin muottiin. Eduskunnan vaalikausi on vain neljä vuotta, eikä sekään



houkuttele murehtimaan kymmenen-viidentoista vuoden päässä odottavia ongelmia — varsinkaan jos niiden ratkaiseminen edellyttäisi epämiellyttäviä päätöksiä. Paras on toivoa, että tulevaisuuden ongelmat ratkeavat omalla painollaan. Miksihän sellainen suoraviivainen ratkaisu ei kelpaa, että energiapolitiikasta palattaisiin energiahuoltoon ja tehtäisiin ratkaisut ympäristön ja talouden kannalta parhaalla tavalla? Leimaamalla ydinenergia viholliseksi on samalla eliminoitu käyttökelpoisin keino ratkaista oman aikamme energiahuollon haasteet. Onko tehty tuhoisa virhe valitsemalla väärä vihollinen? Historia sen aikanaan osoittaa — toivottavasti eiliian myöhään.

TkL **Eero Patrakka** on Teollisuuden Voima Oy:n kehityspäällikkö ja tämän lehden erikoistoimittaja, p. (02) 8381 3300.

SELEKTIIVISIÄ IONINVAIHTIMIA YDINJÄTELIUOSTEN PUHDISTUKSEEN



Helsingin yliopiston radiokemian laboratoriossa on yhteistyössä IVO Power Engineering Oy:n kanssa kehitetty ainutlaatuisen tehokkaita ioninvaihtimia radioaktiivisten aineiden erottamiseksi ydinjäteliuokista. IVO on perustanut tytäryhtiön, Selion Oy:n valmistamaan ja markkinoimaan näitä vaihtimia tuotemerkeillään CsTreat ja SrTreat. Työ jatkuu uusien vaihtimien kehittämiseksi muiden radionuklidien, kuten radioaktiivisen koboltin ja transuraanien erottamiseen.

Cesiumin erotukseen tarkoitettu vaihdin, CsTreat, otettiin ensimmäisen kerran käyttöön vuonna 1991 Loviisan voimalassa ja nyt se on käytössä ja kokeiltavana useissa maissa, mm. USA:ssa, Japanissa, Ranskassa, Venäjällä ja Unkarissa. Strontiumin erotukseen tarkoitettu vaihdin, SrTreat, otettiin käyttöön ensimmäisen kerran vuoden 1996 syksyllä Murmanskissa ja otetaan käyttöön myös Japanissa lähiaikoina.

Ydinjäteliuosten puhdistus entistä tärkeämpää

Maailman ydinlaitoksilla on varastoituna erittäin suuria määriä radioaktiivisia jäteliuoksia ja niitä syntyy jatkuvasti lisää. Jäteliuosten aktiivisuuspitoisuus ja kemiallinen koostumus vaihtelee suuresti. Kaikkein aktiivisimmat liuokset löytyvät USA:n ja Venäjän ydinasemateriaalien tuotantokeskuksista, joissa korkea-aktiivisia jäteliuoksia on ollut varastoituna tankeissa jopa yli puoli vuosisataa. Alunperin vahvasti happamat liuokset on säilytystä varten useimmiten tehty voimakkaasti emäksisiksi (pH noin 14) ja niiden suolapitoisuus on erittäin korkea, esimerkiksi natriumia niissä saattaa olla jopa 7 moolia litrassa.

Osa jätteistä luokitellaan sekajätteiksi (mixed waste), joiden käsittelyn tekee hankalaksi se, että niissä on paitsi radio-

nuklideja, myös myrkyllisiä orgaanisia aineita ja raskasmetalleja. Säilytystankeissa on liuoksen lisäksi myös pohjalla suolakakkua ja lietteitä. USA:ssa tällaisia tankkijätteitä on kaiken kaikkiaan yli 300 000 m³ ja niiden kokonaisaktiivisuus on noin 800 MCi (310¹⁹ Bq). Koska monet tankit vuotavat ja koska nämä jätteet joka tapauksessa täytyy kiinteyttää ja loppusijoittaa, on USA:n Energiaministeriö (DOE) aloittanut

puhdistusprojektin, joka kestää seuraavat parikymmentä vuotta. Keskeinen osa tätä puhdistustyötä on radioaktiivisen cesiumin, ¹³⁷Cs, erottaminen tankkien liuosfaasista. Seuraavaksi tärkeimpinä pidetään strontiumin, ⁹⁰Sr, ja tecnetiumin, ⁹⁹Tc, erottamista. Tavoitteena on kiinteytetyn korkea-aktiivisen jätteen tilavuuden pienentäminen, koska sen valmistus ja loppusijoittaminen on erittäin kallista. Venäjällä, jossa on vastaavia jäteliuoksia, ei edes ole suunnitelmia niiden kiinteyttämiseksi, koska varoja ei tähän ole.

Kaupallisilla ydinpolttoaineen jälleenkäsittelylaitoksilla Ranskassa ja Englannissa korkea-aktiiviset jäteliuokset lasitetaan kalsinoinnin jälkeen. Prosesseissa syntyy lisäksi suuria määriä muita jäteliuoksia, kuten dekontaminointiliuoksia ja polttoainelavesiä, jotka pitää puhdistaa. Myös näissä liuoksissa

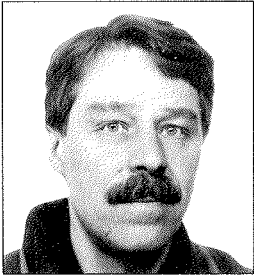
Jäteliuosten käsittely

Jäteliuosten puhdistuksella jälleenkäsittelylaitoksilla ja myös muilla ydinlaitoksilla on yleisesti kolme tavoitetta:

- Loppusijoitettavan jätteen tilavuuden pienentäminen.
- Jätteen pääosan aktiivisuuden pienentäminen sellaiselle alhaisemmalle tasolle, että sen kiinteyttäminen ja loppusijoittaminen voidaan suorittaa vähemmän vaativilla, halvemmilla menetelmillä. Näiden kahden tavoitteen kannustimena on pääosin kustannusten pienentäminen.
- Ympäristöpäästöjen pienentäminen. Viranomaissäännökset ympäristöpäästöistä ovat kiristyneet ja on oletettavaa, että ne tulevat entisestään vaativimmiksi.

Radionuklidien erotuksella voimalaitosten jäteliuoksista voidaan nähdä kaksi erityistavoitetta:

- Pitkäikäisempien radionuklidien, ¹³⁷Cs (T_{1/2} 30 v), ⁶⁰Co (5 v), ⁶³Ni (100 v), erottaminen jäteliuoksista loppusijoitettavan jätteen määrän ja ympäristöpäästöjen pienentämiseksi.
- Lyhytikäisempien nuklidien, kuten ⁵¹Cr, ⁶⁵Zn, ⁵⁴Mn, ^{110m}Ag, ¹²⁴Sb, joiden puoliintumisaika on kymmenistä muutamaan sataan päivään, erottaminen jäteliuoksista niiden vanhentamisen ja uloslaskun nopeuttamiseksi.



^{137}Cs on usein suurin haitta, mutta myös ^{90}Sr ja transuraanit, kuten plutonium ja americium, ovat ongelmia.

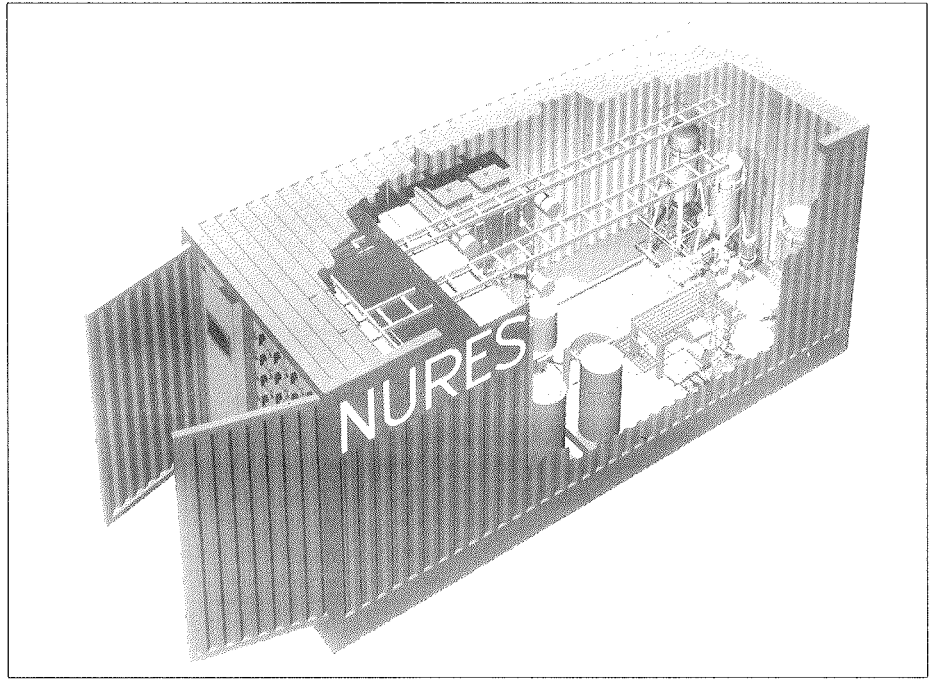
Ydinvoimalaitoksilla syntyy jäteliuoksia mm. primääripiiriveden vuodoista, dekontaminoinneista ja käytetyn polttoaineen säilytyksestä. Yleinen kiinteytysmenetelmä, jota käytetään mm. Olkiluodossa, on radioaktiivisten aineiden sitominen tavanomaisiin orgaanisiin ioninvaihtohartsihin, jotka sitten sidotaan loppusijoitusta varten bitumiin.

Toinen yleinen menetelmä on ollut jäteliuosten konsentroitinta haihduttamalla ja näin saatujen konsentraattien sitominen betoniin, mikä oli mm. Loviisan voimalaitoksen alkuperäinen suunnitelma.

Voimalaitoksilla jäteliuosten radionuklidikoostumus eroaa olennaisesti jälleenkäsittelylaitoksista, joskin niissäkin cesium on usein tärkein nukliidi. Koska strontium ja transuraanit eivät suuresti vapaudu polttoainevuodoissa primääripiiriveteen, ne eivät yleensä muodosta olennaista ongelmaa. Sen sijaan korrosio/aktivointituotteiden läsnäolo, erityisesti ^{60}Co ja ^{63}Ni , edellyttävät jäteliuosten puhdistusta ja kiinteyttämistä.

Ioninvaihto – tehokas ja kätevä vesienpuhdistusmenetelmä

Ioninvaihtoa on käytetty suuressa mittakaavassa vesien puhdistukseen jo vuosisadan alusta alkaen. Ensimmäiset käytetyt ioninvaihtimet olivat epäorgaanisia luonnon mineraaleja, mutta ioninvaihton varsinaisen “kulta-aika” alkoi 1950-luvulla orgaanisten ioninvaihtohartsien keksimisen jälkeen. **Orgaanisissa ioninvaihtoharsissa** vaihdinmatriisi on epäsäännöllisen rakenteen omaava polymeerirunko. **Epäorgaanisissa ioninvaihtimissa** matriisi muodostuu



yleensä säännöllisen rakenteen omaavasta kiderungosta.

Yleisin ioninvaihtohartsien sovellus on suolan poisto vedestä teollisuusprosesseihin ja laboratoriokäyttöön. Suolan poistossa käytetään H^+ - ja OH^- -muodossa olevia kationi- ja anionihartseja ja vedestä poistetaan yleensä kaikki liuenneet ionit niiden laatuun katsomatta. Tällaisessa sovelluksessa ioninvaihtimen **selektiivisyydellä** ei ole juurikaan merkitystä prosessin tehokkuuden kannalta, vaan tehokkuus edellyttää vaihtimelta korkeaa **ioninvaihtokapasiteettia**.

Käsiteltäessä radioaktiivisia jäteliuoksia tilanne on aivan toinen. Näissä liuoksissa on yleensä läsnä radioaktiivisiin nuklideihin verrattuna erittäin korkea ylimäärä ei-radioaktiivisia suoloja. Inaktiivisten suolojen konsentraatio on tyypillisesti luokkaa 1–100 g/l, kun taas esimerkiksi matala-aktiivisissa jäteliuoksissa radionuklidien pitoisuudet saattavat olla luokkaa 10^{-8} g/l. Tehokas prosessointikapasiteetti (ks. yhtälö 3) saadaan maksimoimalla sekä ioninvaihtokapasiteetti että selektiivisyys. Synteettisten materiaalien ioninvaihtokapasiteetti vaihtelee tyypillisesti välillä 1–5 meq/g ja tämän vaihteluvälin yläraja on lähellä teoreettista maksimia. Selektiivisyydellä ei ole sen sijaan mitään teoreettista ylärajaa, joten kehitettäessä tehokkaita ioninvaihtimia radioaktiivisten liuosten käsittelyyn on

Liikuteltavalla NURES-kontilla on puhdistettu Paldiskin ja Muurmanskin radioaktiivisia jätevesiä.

pyrittävä selektiivisyyden maksimoimiseen. Hyvinkin alhainen ioninvaihtokapasiteetti voidaan hyväksyä, jos selektiivisyys on korkea.

Orgaanisten ioninvaihtohartsien selektiivisyys on yleensä alhainen. Poikkeus tästä ovat ns. kelatoivat vaihtimet, jotka sitovat voimakkaasti mm. monia raskasmetalleja, mutta kelatoivien hartsien käyttöä rajoittaa niiden toimivuus kapealla pH-alueella. Useat epäorgaaniset ioninvaihtimet ovat taas erittäin selektiivisiä tietyn alkuaineen tai alkuaineryhmän ioneille. Tämä ominaisuus yhdessä hyvän säteilykestävyyden ohella tekee epäorgaanisista ioninvaihtimista orgaanisia vaihtimia edullisemmän vaihtoehdon radioaktiivisten jäteliuosten puhdistuksessa. Korkea selektiivisyys ei heijastu vain prosessikapasiteettiin vaan yleensä myös prosessissa saatavaan puhdistus- eli dekontaminointitehokkuuteen. Korkea selektiivisyys tuo vielä yhden lisäedun: radionukliidi on lujasti kiinni ioninvaihtimessa eikä eluoidu helposti ulos vaihtimesta. Tämä mahdollistaa ioninvaihtimen käytön stabiilina ydinjätteen loppusijoitusmatriisina.

Menetelmänä ioninvaihto on hyvin yksinkertainen. Radioaktiivinen jäte-

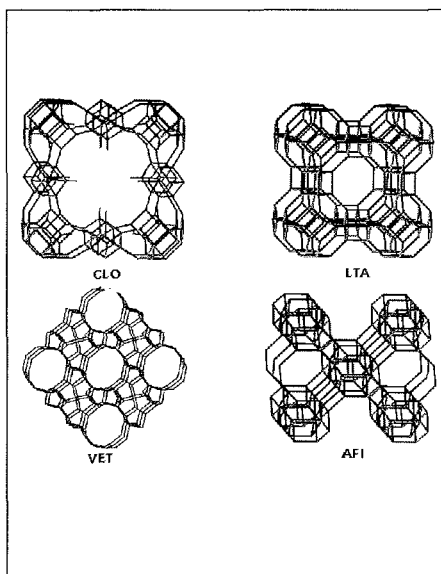
liuos pumpataan ioninvaihtimella pakattuun kolonniin ja ulos virtaa puhdistettua liuosta. Ioninvaihtoon on lisäksi usein liitettävä esisuodatus ioninvaihtokolonnin suojelemiseksi sakkujen mahdollisesti aiheuttamalta tukkeutumiselta. Kilpailevissa menetelmissä syntyy ioninvaihtoa huomattavasti enemmän sekundäärijätettä (saostus, haihdutus, käänteisosmoosi) ja puhdistuskerroin on yleensä alhaisempi (saostus, käänteisosmoosi).

Helsingin yliopiston radiokemian laboratoriossa (HYRL) on yhteistyössä IVO Power Engineering Oy:n kanssa kehitetty uusia selektiivisiä ioninvaihtimia radionuklidien erottamiseksi ydinjäteliuoksista. HYRL:ssä kehitystyötä on tehty jo seitsemäntoista vuoden ajan. Tärkeimpänä saavutuksena tästä työstä on se, että kaksi kehitettyä vaihdinta on otettu teolliseen valmistukseen ja käyttöön useilla ydinlaitoksilla eri puolilla maailmaa. Näiden vaihtimien käyttö ydinlaitoksilla ovat ensimmäisiä teollisen mittakaavan sovellutuksia tämän tyyppisillä vaihtimilla. IVO on perustanut näiden vaihtimien valmistamiseen ja markkinointiin oman tytäryhtiön, Selion Oy:n. Toinen kehitetty vaihdin on tarkoitettu cesiumin ja toinen strontiumin erottamiseen. Myös muiden nuklidien erottamiseen kehitetään uusia vaihtimia.

CsTreat – ainutlaatuisen selektiivinen vaihdin cesiumerotukseen

CsTreat on epäorgaaninen vaihdin, joka perustuu siirtymämetalliheksasyanoferraattiin. Se on äärimmäisen selektiivinen vaihdin radioaktiivisen cesiumin erotukseen. Siirtymämetalliheksasyanoferraatit ovat olleet tunnettuja cesiumvaihtimia laboratoriomittakaavassa jo pitkän ajan ja niitä on käytetty teollisuusmittakaavassa saostusreagensseina. HYRL:n pääansio näiden vaihtimien kehittämisessä on ollut siinä, että on kyetty löytämään optimaalinen vaihtimen koostumus ja menetelmä vaihtimen tuottamiseksi rakeina, jotka kelpaavat kolonnikäyttöön eli pakattuina peteinä.

Ensimmäisen kerran CsTreat otettiin käyttöön Loviisan voimalaitoksella vuonna 1991, mistä lähtien sillä on puhdistettu tehokkaasti useita satoja



Esimerkkejä zeoliittien kiderungon rakenteista.

kuutiometrejä haihdutinjätekoncentraatteja. Nämä liuokset ovat voimakkaasti emäksisiä ja niiden suolapitoisuus on korkea, esimerkiksi natriumia 3 mol/l (70 g/l) ja kaliumia tästä noin kymmenesosa. Ensimmäisessä koekäytössä puhdistettiin yhdellä kahdeksan litran kolonnilla yhteensä 183 m³ jäteliuosta ja dekontaminointi- eli puhdistustekijä oli yli 2 000. Koska cesium näissä liuoksissa muodostaa noin 99 % aktiivisuudesta, on puhdistettu liuos voitu laskea mereen. Aiempi suunnitelma oli kiinteyttää nämä jäteliuokset sitomalla ne betoniin. Tähän, nyt jo menneisyyteen kuuluvaan, suunnitelmaan verrattuna cesiumin selektiivinen erotus on tuonut valtavan pienennyksen loppusijoitettavan jätteen tilavuuteen ja niin ollen myös jätteiden käsittely- ja loppusijoituskustannuksiin.

Vuoden 1991 jälkeen on CsTreatia käytetty menestyksellisesti neuvostotoukkoarmeijan entisessä ydintukikohdassa Viron Paldiskissa, jossa vuonna 1995 puhdistettiin 760 m³ alhaisaktiivista jäteliuosta yhdellä 12 litran kolonnilla ilman vaihtimen ehtymistä. Tätä puhdistusta varten IVO rakensi konttiin sijoitetun NURES-puhdistusjärjestelmän, jota on käytetty myös syksyn 1996 ja kevään 1997 aikana Murmanskissa siviiliydinlaitoston prosessivesien puhdistuksessa.

Elokuussa 1996 Callawayn ydinvoimala, Missouriissa USA:ssa alkoi käyttää CsTreatia matala-aktiivisten, alhais-suolaisten jätevesiensä puhdistukseen. Tällöin Callaway siirtyi käyttämään vesiensä puhdistukseen ioninvaihtoa haihdutuksen sijasta. Yhdellä 0,25 m³:n pedillä on tähän mennessä puhdistettu 1 800 kuutiota liuoksia. On todennäköistä, että pedin ehtyminen tapahtuu vasta vuosien päästä. Vastaavalla simulanttiliuoksella (pH 6, natriumia 320 mg/l, kalsiumia 17 mg/l) on laboratoriomittakaavassa puhdistettu tähän mennessä puolitoista vuotta kestäneessä ja vielä jatkuvassa kokeessa jo yli 300 000 patsaan tilavuutta vastaava liuosmäärä ilman vaihtimen ehtymistä.

Tavanomaiset orgaaniset ioninvaihtohartsit olisivat ehtyneet jo kokeen alkuaikoina, ehkä vain muutaman tuhannen patsaan tilavuuden puhdistuksen jälkeen. Nyt myös Olkiluodon voimala on ottanut koekäyttöön CsTreat-vaihtimen, huhtikuussa 1997 on yhdellä 12 litran kolonnilla puhdistettu 230 m³:n liuosjäte-erä dekontaminointitekijän ollessa vähintäänkin useita satoja.

CsTreat on osoittautunut erittäin laaja-alaisesti käyttökelpoiseksi vaihtimeksi. Edellä mainittujen sovellutusten lisäksi se on todettu hyväksi myös korkea-aktiivisten jälleenkäsittelyjäteliuosten puhdistamiseen. Tyypillisesti alkaalista, korkean NaNO₃-pitoisuuden omaavista liuoksista CsTreat erottaa erittäin tehokkaasti cesiumia. Esimerkiksi 2,4 molaarisella (250 g/l) NaNO₃-liuoksella (pH 10) tehdyssä kolonnikokeessa saavutettiin dekontaminointitekijä 15 000–30 000, eikä cesiumin läpimurtoa havaittu kokeen päättyessä 4 000 patsaan tilavuudessa. Vuoden 1997 aikana Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) ottaakin vaihtimen cesiumin erottamiseen vastaavan tyyppisistä liuoksista.

Edellä mainittuihin sovellutuksiin käytetty CsTreat toimii tehokkaasti pH-alueella 0–13. Se ei kuitenkaan sovellu voimakkaiden typpihappoliuosten puhdistukseen. Tuotteesta onkin kehitetty tähän tarkoitukseen tehokkaampi laatu, jonka on todettu ottavan cesiumia jopa 8 molaarisesta typpihappoliuoksesta ja dekontaminointitekijä oli erittäin korkea, yli 100 000.

KESKEISIÄ IONINVAIHDON KÄSITTEITÄ

IONINVAIHDIN

Kiinteä ioninvaihdin muodostuu liukenemattomasta matriisista, joka toimii negatiivisen (kationinvaihtimet) tai positiivisen (anioninvaihtimet) varauksen kantajana. Matriisin huokosissa sijaitsee vastakkaisen varauksen omaavia liikkumiskykyisiä ioneja, jotka voivat vaihtua liuoksessa olevien ionien kanssa.

IONINVAIHTOKAPASITEETTI (Q)

Ioninvaihtokapasiteetti ilmoittaa, kuinka monta millimoolia tai milliekvivalenttia varausmassayksikkö ioninvaihdinta sisältää.

SELEKTIIVISYYSKERROIN $k_{A/B}$

Ioninvaihtimen kykyä erottaa kaksi ionia A ja B toisistaan mitataan nk. selektiivisyyskerroin $k_{A/B}$:

$$k_{A/B} = \frac{[A]_V [B]_L}{[A]_L [B]_V} \quad \text{Yhtälö 1.}$$

missä A_V ja B_V ovat ionien pitoisuudet vaihtimessa (mmol/g) ja A_L ja B_L ovat ionien pitoisuudet liuoksessa (mmol/ml).

PROSESSOINTIKAPASITEETTI Q_P

Prosessointikapasiteetti ilmoittaa, mikä tilavuus jäteluosta voidaan puhdistaa massayksiköllä ioninvaihdinta. Esimerkiksi puhdistettaessa natriumpitoista jäteluosta cesiumista, prosessointikapasiteetti saadaan yhtälöstä:

$$Q_P = \frac{Q}{k_{Cs/Na} [Na]_L + [Cs]_L} \quad \text{Yhtälö 2.}$$

jos natriumia on liuoksessa erittäin suuri ylimäärä cesiumiin verrattuna ($[Na]_L / k_{Cs/Na} \gg [Cs]_L$), niin prosessointikapasiteetti ei riipu cesiumin määrästä liuoksessa, eli

$$Q_P = \frac{k_{Cs/Na} Q}{[Na]_L} \quad \text{Yhtälö 3.}$$

SELEKTIIVISYYSKERTOIMIA CESIUM/NATRIUM IONINVAIHDOLLE ERI VAIHTIMISSA

Ioninvaihdin	Selektiivisyyskerroin $k_{Cs/Na}$
Orgaaninen hartsi (sulfonihappo-PS-DVB)	< 10
Zeoliitti (mordeniitti)	250
Silikotitanaatti (CST)	$5 \cdot 10^3$
CsTreat	$1 \cdot 10^6$

SrTreat – tehokas vaihdin strontiumin erottamiseen

Radioaktiivisen strontiumin, ^{90}Sr , erottamiseen kehitetty vaihdin SrTreat on myös rakeinen epäorgaaninen vaihdin, joka pohjautuu vedelliseen titaanioksiidiin. Se on erittäin tehokas vaihdin strontiumin erotuksessa alkaalisista liuoksista (pH > 9). SrTreat kestää liukenematta ja menettämättä suorituskykyään myös kaikkein alkaalisimpia jäteluoksia, joissa pH on 14.

Ensimmäisen kerran SrTreat oli teollisessa käytössä Murmanskissa syksyllä 1996, jolloin aloitettiin edellä mainittu siviiliydinlaivaston prosessivesien puhdistus IVO:n NURES-kontilla. Käsiteltävän matala-aktiivisen jäteluoksen pH oli noin 10 ja sen suolapitoisuus keskinkertainen, yhteensä 0,4 g/l natriumia, kaliumia, magnesiumia ja kaliumia. Ensimmäisestä 60 m³:n koe-erästä 12 litran SrTreat kolonni erotti strontiumin korkealla dekontamintiteijällä 7 600.

Samoin kuin CsTreat myös SrTreat soveltuu hyvin myös alkaalisten korkea-aktiivisten jäteluosten käsittelyyn ja sitä tullaankin käyttämään JAERI:ssä CsTreatin ohella jo mainitun liuoksen puhdistukseen. Laboratoriokokeissa puhdistettiin tällaisesta 1 500 patsaan tilavuutta dekontamintiteikijän ollessa 4 000–8 000.

Kehitystyötä muiden nuklidien erotukseen

Alustavissa laboratoriokokeissa on CsTreatin ja SrTreatin sitovan tehokkaasti myös muita radionuklideja. SrTreat sitoo alkaalisista liuoksista myös ^{54}Mn :a, ^{65}Zn :a, ^{59}Fe , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ja Pu:a ja kolonnikokeet Pu:n erottamiseksi ovat jo alkaneet.

Cesiumin ja strontiumin erotustutkimuksen ohella tärkein tutkimus- ja kehitysalue on tämän vuosikymmenen ollut erotusmateriaalien ja -menetelmien kehittäminen radioaktiivisen ^{60}Co :n erottamiseksi voimalaitosjäteluoksista. Tutkimuksessa on testattu ioninvaihtoa orgaanisilla ja epäorgaanisilla vaihtimilla, sekä adsorptioa, suodatusta ja saostusta hyvin monilla reagensseilla. Parhaimmiksi erotusmateriaaleiksi on todettu aktiivihielet, joiden toimintaa on parannettu muuntelulla ja uusilla käyttötapoilla. Parhailla aktiivihielemateriaaleilla ja -menetelmillä on myös tehty pilotmittakaavan erotuskokeita Loviisan voimalaitoksella.

Kiinnostus epäorgaanisia vaihtia kohtaan lisääntyä

Zeoliitit ovat tunnetuin epäorgaanisten ioninvaihtimien ryhmä. Ne ovat kiteisiä alumiinisilikaatteja, joita esiintyy luonnon mineraaleina ja joita voidaan myös valmistaa keinotekoisesti. Zeoliittien rakennekemia on hyvin rikas, nykyään tunnetaan 108 erilaista zeoliittirakennetta. Näitä ainutlaatuisia rakenteita on pääosin sovellettu erilaisiin katalyyssiovelluksiin petrokemian teollisuudessa, mutta myös ioninvaihtosovellukset ovat lisääntyneet etenkin radioaktiivisten jätevesien puhdistuksessa.

Zeoliitit ovat selektiivisiä etenkin cesiumin isotoopeille (^{134}Cs ja ^{137}Cs) ja

selektiivisyys on huomattavasti korkeampi kuin orgaanisilla ioninvaihtohartseilla. Lisäksi jotkin zeoliitit soveltuvat strontiumin erotukseen matalasuolaista jäteliuoksista, jos liuoksissa ei ole läsnä merkittäviä määriä erotusta häiritsevää kalsiumia.

Maailman suurin zeoliitteja käyttävä puhdistusyksikkö otettiin käyttöön Sellafieldin ydinpolttoaineen käsittelylaitoksella Englannissa vuonna 1985 polttoainecallasvesien puhdistukseen. Laitoksella käytetään 10 m³:n zeoliititipejä cesiumin ja strontiumin poistoon allasvesistä ja käsittelykapasiteetti on 4 200 m³ päivässä. Zeoliiteilla oli myös merkittävä rooli USA:ssa Three Mile Islandin ydinvoimalan onnettomuudessa syntyneiden jäteliuosten puhdistuksessa. Useissa USA:n ydinvoimaloissa haihduttin on korvattu ioninvaihdolla, jolloin cesiumin poistavat zeoliitit muodostavat keskeisen osan ioninvaihtosysteemeistä.

Zeoliitit soveltuvan kohtalaisen alhaisen selektiivisyytensä takia yleensä vain matalasuolaisten jäteliuosten käsittelyyn. Piin ja alumiinin liukoisuuden vuoksi niiden käyttö on rajattu pH-alueelle 4–10. Korkeasuolaisten ja alkaalisten käytetyn ydinpolttoaineen käsittelylaitosten jäteliuosten puhdistukseen on yritetty kehittää zeoliitteja tehokkaampia ioninvaihtimia, joista myös ydinvoimalaitokset mm. USA:ssa ovat olleet yhä kiinnostuneempia. Kiinnostusta lisää kiinteän jätteen loppusijoituskustannusten nousu.

USA:ssa uusien materiaalien kehitystyö on selvästi lisääntymässä, vuosikymmenien ajan alan tutkimusta tehneissä, Texas A&M-yliopistossa sekä Sandia-laboratoriossa. Myös yksityiset kaupalliset yritykset, kuten Duratek, UOP ja Allied Signal ovat alkaneet rahoittaa uusien vaihtimien kehitystyötä energiaministeriön (DOE) rahoituksen vähetessä.

Uusi materiaali on mm. Texas A&M:ssa kehitetty silikotitanaatti (CST), jota on ollut saatavilla bulkkimäärinä muutamman vuoden ajan. CST:n etuna on mm. hyvä stabiilisuus äärimmäisen alkaalissa liuoksissa ja korkea selektiivisyys sekä cesiumille että strontiumille. CST on valittu demonstraatioprojektiin, jossa puhdistetaan Oak Ridge National Labo-

ratoryn korkeasuolaista jäteliuoksia. CST on ollut myös voimakkaasti esillä Hanfordin sotilaallisten korkea-aktiivisten jäteliuosten puhdistustesteissä.

Muiden Euroopassa ja muualla maailmassa toimivien, kymmenien alan tutkimusryhmien työstä ei ole vielä syntynyt merkittäviä kaupallisia bulkkituotteita HYRL:n ja IVO:n kehitystyön tapaan. Alustavia tietoja on tosin siitä, että tilanne voi ainakin Euroopan osalta pian muuttua.

Tutkimus- ja kehitystyö laajenee

Kehityksessä ja kaupallisessa toiminnassa mukana pysyminen edellyttää uusien tehokkaiden tuotteiden aikaan saamista yhä laajemmalle joukolle radionuklideja. HYRL ja IVO Power Engineering ovat mukana EU:n rahoittamassa projektissa, jossa kehitetään ja testataan uusia rakenteeltaan zeoliittien kaltaisia materiaaleja. Erona zeoliitteihin näissä uusissa materiaaleissa on mm. erilainen kemiallinen koostumus. Vielä 20 vuotta sitten zeoliittirakenteita tunnettiin vain alumiinisilikaateilla, mutta nyttemmin on opittu syntetisoimaan laaja joukko erilaisen kemiallisen koostumuksen omaavia yhdisteitä, joilla on zeoliittien kanssa identtisiä rakenteita tai aivan uusia zeoliittityypisiä rakenteita. Sovellustutkimuksissa näitä materiaaleja on tutkittu lähes yksinomaan katalyyysin alueella ja niiden ioninvaihto-ominaisuuksista tiedetään hyvin vähän. Projektissa valmistettuja materiaaleja testataan todellisilla jäteliuoksilla mm. Loviisan ydinvoimalassa ja Sellafieldin käytetyn ydinpolttoaineen jälleenkäsittelylaitoksella.

Panostuksella ioninvaihdon perustutkimukseen saadaan teoreettisia malleja, joiden avulla voidaan yrittää ennustaa selektiivisyyttä ja rakentaa tietyille radionuklidille selektiivisiä materiaaleja. HYRL:ssä on käynnistetty Helsingin yliopiston rahoittama tutkimusprojekti, jossa käytetään malliaineina zeoliitteja. Zeoliittien avulla voidaan systemaattisesti tarkastella selektiivisyyden muuttosta eri ioneille materiaalin rakenteen ja varaustiheyden funktiona. Saadut tulokset viittaavat mm. siihen, että zeoliittien rakenteen osuus selektiivisyy-

den synnyssä on ehkä pienempi kuin on aiemmin ajateltu. Zeoliittien varaustiheys näyttää määräävän selektiivisyyden pääsuuntaviivat, joihin rakenne synnyttää pienehköjä poikkeuksia.

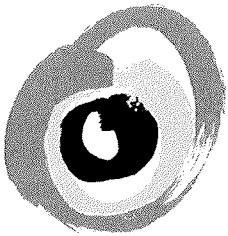
Toinen tärkeä perustutkimusalue on ioninvaihtoreaktioiden tasapainojen ja kinetiikan mallintaminen monia ioneja sisältävissä systeemeissä. Mallit mahdollistavat ioninvaihtimen toiminnan optimaalisen suunnittelun ja ennustamisen erilaisissa prosessiolosuhteissa vähentäen kalliiden ja aikaavievien testausohjelmien tarvetta laboratoriossa ja ydinlaitoksilla.

HYRL:ssä on käynnissä tasapaino- ja kolonimallien kehitystutkimus, jossa tutkitaan cesiumin ja strontiumin vaihtotasapainoja ja kolonni-ioninvaihtoa ylesimpien ydinjäteliuoksissa esiintyvien makro-ionien (Na, K, Li, Ca, Mg jne.) läsnäollessa. Itse mallien kehitystyötä tehdään zeoliittien avulla ja tuloksia sovelletaan kehitettyihin selektiivisiin vaihtimiin kuten SrTreat ja CsTreat.

Tutkimusaiheena selektiiviset ioninvaihtimet on tieteellisesti erittäin mielenkiintoinen. Lisäintoa työlle antaa tulosten välitön kysyntä kaupallisissa ja teollisissa sovelluksissa. Jo olemassa olevien liuosten käsittelyssä riittää työtä vuosikymmeniksi ja uutena alueena tulevaisuudessa hämmöttää ydinlaitosten käytöstäpoiston yhteydessä syntyvät lukuisat erityyppiset jäteliuokset.

FT Risto Harjula toimii tutkijana ja projektinjohtajana Helsingin yliopiston radiokemian laboratoriossa, p. (09) 1914 0128.

Dosentti Jukka Lehto on Suomen Akatemian vanhempi tutkija. Hän toimii Helsingin yliopiston radiokemian laboratoriossa, jossa johtaa yhdessä FT Risto Harjulan kanssa ioninvaihdon tutkimusryhmää, p. (09) 1914 0137.



ENC '98

Invitation to Exhibit

WORLD NUCLEAR EXPO



Nice, France, October 25-28, 1998, organised by the European Nuclear Society (ENS)

coupled with the

**ENS/ANS/WANO/FORATOM
International Nuclear Congress ENC '98**

European Nuclear Society - ENS / American Nuclear Society - ANS / World Association of Nuclear Operators - WANO / European Nuclear Forum - Foratom

Co-sponsored by:

Atomic Energy Society of Japan, Canadian Nuclear Society, Chinese Nuclear Society, Indian Atomic Industrial Forum, Japan Atomic Industrial Forum, Korea Atomic Industrial Forum

ENC '98 is accompanied by the RECOD '98 Conference

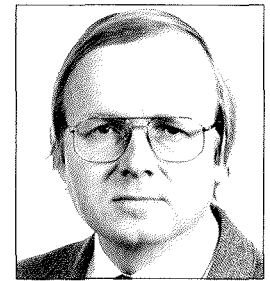
The ENC Exhibition is firmly established as the only major nuclear science and industry Expo of truly world dimension. It is doubly unique because it is coupled with the largest International Nuclear Congress.

ENC '98 will be the meeting point of the world nuclear community at the threshold of the next century.

The Invitation to Exhibit Brochure is now available from

ENC '98 Secretariat, c/o ENS,
Belpstrasse 23,
P.O. Box 5032,
CH-3001 Berne / Switzerland
Fax: +41 31 382 44 66

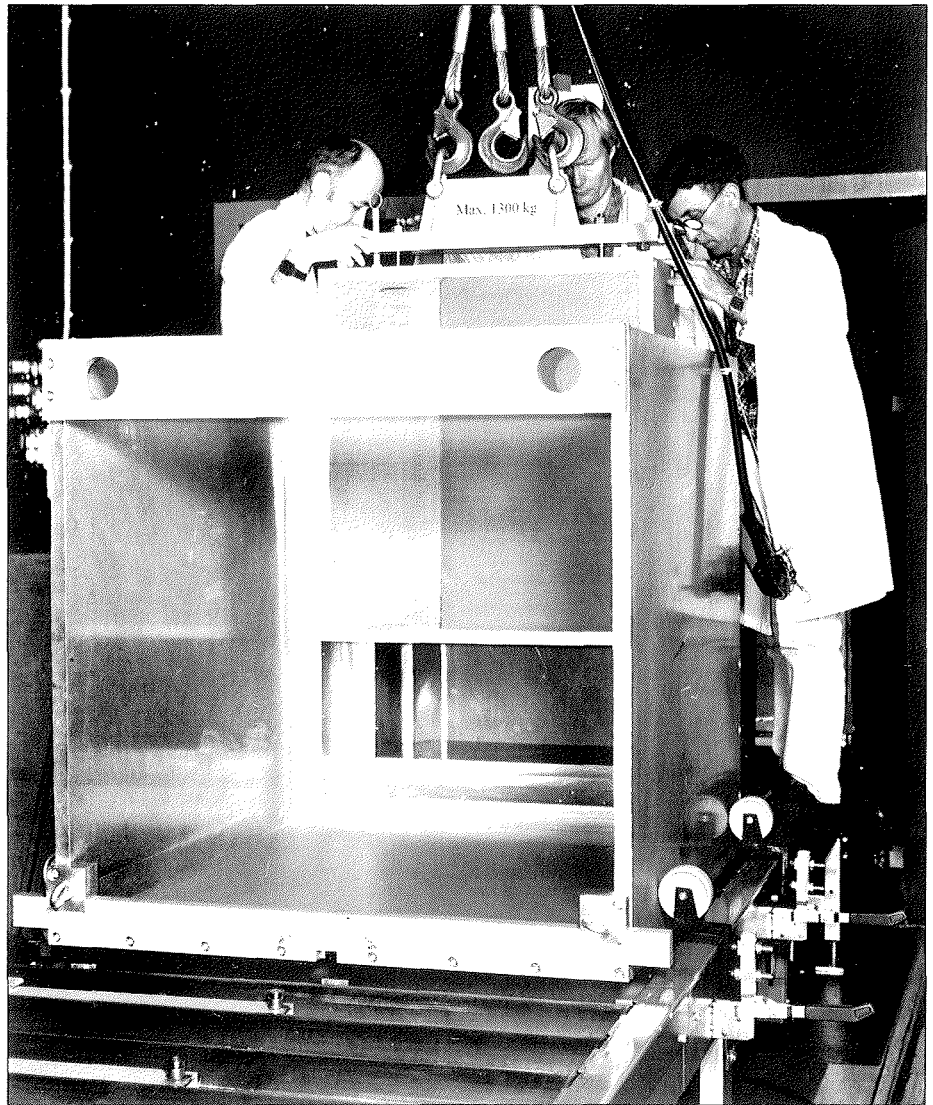
TEOLLISUUSFYSIKKA VTT Kemiantekniikan uusi tutkimusalue



VTT Kemiantekniikka uudisti organisaatiotansa vuoden alusta. Tässä yhteydessä perustettiin uusi, Teollisuusfysiikan tutkimusalue. Kemiantekniikan ydintekniikan tutkimusta virtaviivaistettiin. Sekä asiakaskunnan palveleminen että säteilysuojeluorganisaation ylläpito on helpompaa, kun kaikki toiminta on samassa linjassa. Ns. Fysiikantalon perinteinen erikoislaatu, monipuolisen mallinnusosaamisen ja korkeatasoisen kokeellisen tutkimustyön yhdistäminen yhdeksi kokonaisuudeksi voidaan nyt tehokkaasti hyödyntää energia- ja prosessiteollisuuden palvelemiseksi.

Teollisuusfysiikan tutkimuspäällikkönä toimii FT Rolf Rosenberg. Toiminta on jaettu kolmeen tutkimusryhmään. Nämä ovat Prosessifysiikka, ryhmäpäällikkönä TkT Pertti Koukuri, Ydinjätetutkimus, ryhmäpäällikkönä TkT Arto Muurinen ja Ydintekniikka, ryhmäpäällikkönä TkL Antero Tiitta. Henkilökuntaa on 43 henkilöä.

Prosessifysiikan tehtävänä on pääasiassa palvella prosessiteollisuutta. Ydinjäteryhmä, nimensä mukaisesti on keskittynyt käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyvän tutkimuksen tekemiseen. Ydintekniikka tekee tutkimusta, joka liittyy ydinvoimalaitosten rakenteelliseen turvallisuuteen ja käyttöturvallisuuteen. Lisäksi se operoi FiR 1-tutkimusreaktoria, jonka pääasiallinen tulevaisuuden tehtävä on boorineutronikaappausuhoiton (BNCT) edellyttämien neutronien tuottaminen.



FiR 1-reaktorin yhteyteen rakennetaan BNCT-säteilytysasema, joka perustuu VTT:n patentoimaan uuteen moderaattoriaineeseen.

Teollisuusfysiikan tutkimustoiminnan voi luonnollisella tavalla jakaa myös seuraaviin osiin: prosessidynamiikka, prosessimittaustekniikka, materiaalitutkimus, ydinjätetutkimus, ydintekniikka ja tutkimusreaktori/BNCT.

Prosessidynamiikka

Puumoniverkkotekniikka on VTT:llä kehitetty uusi matemaattinen menetelmä, jota sovelletaan monimutkaisten muutosilmioiden hallintaan mikro tietokoneella. Puumaiset verkot tihtyvät muutoskohdissa automaattisesti, jolloin ratkaisu tarkentuu itseohjautuvasti

VTT:llä kehitetty reaktorin primäripiirin kontaminaatiomittaukseen tarkoitettu gammaspektometri kalibroidaan kokeellisesti käyttäen todellista primäripiirin putkenkappaletta.

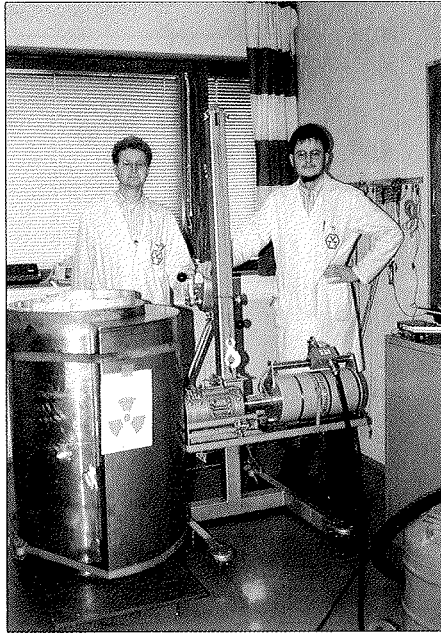
simuloitavan prosessin mielenkiintoisimmille alueille. Numeerista laskentatehoa voidaan siten käyttää erityisen tehokkaasti ja tarkasti, ja simulointi voidaan toteuttaa PC-työasemilla.

Tekniikkaa voidaan käyttää mm. nopeiden virtaus-, lämmönsiirto- ja sähkökenttämuidosten mallinnukseen mieltävaltaisissa geometrioissa. Menetelmää kehitetään vaativiin teollisuussovelluksiin kuten roottorien ja siipipyörien CAD-suunnitteluun ja galvaanisten pinnoitusprosessien parempaan hallintaan, mutta se soveltuu yleisyytensä vuoksi vaikkapa kasvien lehdissä tapahtuvan aineenvaihduksen simulointiin.

Teollisuusfysiikka tutkii myös fysikaaliseen kemiaan perustuvia prosessidynamiikkaa algoritmeja. Työssä käytetään VTT:n ja suomalaisen teollisuuden kehittämää dynaamista *Ratemix*-simulointia, jossa kemiallinen kinetiikka kytetään monifaasisprosessien termodynaamiseen laskentaan. Kemiallinen reaktionopeus sekä lämmön- ja aineensiirto yhdistetään termodynaamisen energiaperiaatteen avulla uudentyypiksi laskentateknikaksi, joka soveltuu monipuolisesti muun muassa kemialliseen reaktorisimulointiin, suljettavien kemikaalikiertojen optimointiin sekä reaktiokalorimetrin ja potentiometrinen mittaustulosten tulkintaan. Tuloksena on tehokas ja suoraan käytäntöön sovellettavissa oleva teollinen simulointimenetelmä, jota voidaan hyödyntää PC-mikroilla Windows-ympäristössä.

Mittaustekniikka

VTT:n prosessifysiikan ryhmä suorittaa prosessien kulkua häiritsemättömiä läpivalaisu- ja merkkiainemittauksia, joilla voidaan selvittää prosessilaitteiden kuntoa sekä niiden likaantumista ja koksautumista. Merkkiainetekniikalla



mitataan virtausprofiileja ja viipymäaikoja sekä paikannetaan vuotokohtia. VTT Teollisuusfysiikan tarjoamat mittauspalvelut ovat tilauspohjaisia ja toiminta-alueena on koko maa.

Tutkimuskohteena on edelleen muun muassa läpivalaisuun perustuva *prosessitomografia*, jolla voidaan laatia kaksi- tai kolmiulotteisia prosessilaitteiden "sisäkuvia". Prosessidiagnostiikkaan kehitetään myös neutronisäteily- ja laserpohjaisia *in-situ-prosessianalysaattoreita* puunjalostusprosessien hivenaineiden toteamiseen prosessivirroista ilman näytteenottoa.

Mittaustekniikan alueen tutkimusryhmä on myös tutkinut noin 10 vuoden ajan *putkiakustiikkaa* tarkan kaasuvirtausmenetelmän kehittämiseksi erityisesti maakaasulle. Tämä työ on johtanut useihin patenteihin ja mittari on vastikään sertifioitu NMI:ssä Hollannissa suoritettussa standardimittauksessa toimimaan maakaasun jakelumittarina. Kytölä Instruments Oy on perustanut tytäryhtiön mittarin kaupallista valmistusta varten, ja tuotantotiloja rakennetaan parhaillaan Muuramessa lähellä Jyväskylää. Mittarin valmistus alkaa vuoden 1997 aikana. VTT Teollisuusfysiikka jatkaa kaasumittarin tuotekehitystä yhdessä teollisuuspartnerinsa kanssa.

Materiaalitutkimus

Teollisuusfysiikka on erikoistunut epäorgaanisten massaspektrometriin soveltamiseen materiaalitutkimuksessa. Sekundääri-ionimassaspektrometrialla (SIMS), voidaan määrittää kaikkien alkuaineiden, vedystä plutoniumiin, ja niiden isotooppien poikittais- ja syvyysjakaumat erilaisissa materiaaleissa.

Induktivisesti kytketyllä plasmamassaspektrometrillä (ICP-MS) voidaan määrittää liuosnäytteistä kaikki alkuaineet ja niiden isotoopit litiumista plutoniumiin hyvällä herkkyydellä. Tämä erikoisanalyyysosaaminen soveltuu erityisen hyvin puolijohdemateriaalien tutkimiseen. Suomen Akatemian sekä suomalaisten puolijohdevalmistajien yhteistyönä tehtävä tutkimus tähtää parempiin puolijohdemateriaaleihin sekä puolijohdemateriaalien ja piirivalmistusprosessien parempaan hallintaan.

Fuusiomateriaalitutkimuksessa erityisenä mielenkiinnon kohteena ovat materiaalien puhtauskysymykset ja fuusioplasman sisältämien vedyn isotooppien ja heliumin sekä seinämateriaalin väliset fysikaaliset ilmiöt.

Materiaalitutkimuksen piiriin kuuluvat myös eri materiaalien säteilykestävyysselvitykset, joista ajankohtainen on maalien säteilykestävyys ydinvoimalaitosolosuhteissa.

Ydinjätetutkimus

Ydinjätteryhmän toiminta alkoi jo yli 20 vuotta sitten silloisessa reaktorilaboratoriossa. Ensimmäisinä vuosina toiminta kohdistui pääasiassa ulkomailta saatavan tiedon keräämiseen ja sen siirtämiseen Suomeen sekä voimalaitosjätteen ominaisuuksien ja sen loppusijoituksen tutkimiseen. Kansallisen ydinjäteohjelman etenemisen myötä on painopiste vähitellen siirtynyt käytettyyn ydinpoltoaineeseen.

Vuosien myötä vakiintuneen työnjaon mukaan VTT Kemiantekniikka hankkii yksityiskohtaista tietoa loppusijoituksen kemiallisista prosesseista suunnittelua ja turvallisuusarviota varten. Kansallisten ydinjäteohjelmien lisäksi olemme tiiviisti mukana myös alan kansainvälises-

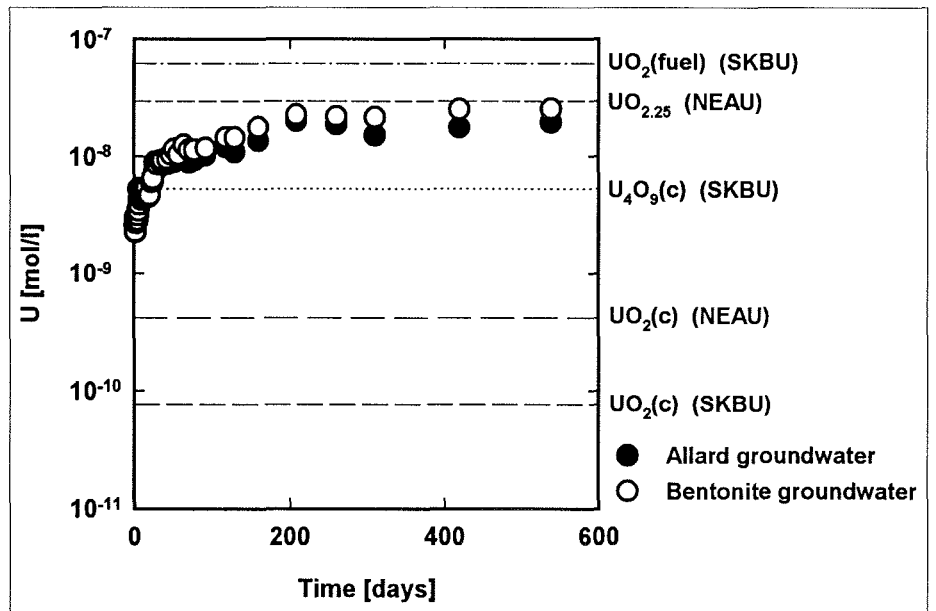
sä yhteistyössä osallistuen mm. useisiin EU:n Nuclear Fission Safety-ohjelman hankkeisiin ja IAEA:n koordinoimiin projekteihin.

Ydinjätteen turvallinen loppusijoitus Suomen kallioperään edellyttää kykyä tapahtumien arviointiin pitkälle tulevaisuuteen. Loppusijoituksen turvallisuus perustuu kallioperän ominaisuuksien lisäksi ihmisen rakentamiin jätekapseleihin ja sijoitustunneleiden täyteaineisiin. Radionuklidien vapautumisen ajankohtaan ja nopeuteen vaikuttavat mm. monet kemialliset prosessit. VTT kemianteekniikan kokeellisella tutkimuksella ja siihen yhdistetyllä mallinnuksella saadaan syvällistä tietoa radionuklidien liukenemisesta ja kulkeutumisesta loppusijoitustilan täyteaineissa, kallion raoissa ja kiven huokosissa.

Kemiantekniikan työskentelykaapeissa voidaan tehdä kokeita loppusijoitusympäristössä jäljittelevissä hapettomissa olosuhteissa. Polttoainematriisi muodostaa yhden, radionuklidien vapautumista hidastavan esteen. Sen liukeneminen, joka riippuu oleellisesti ympäristössä olevien hapettimien pitoisuudesta, tulisi pystyä ymmärtämään ja mallintamaan. Pitkäaikaiset liukenemiskokeet uraanioksidipolttoaineella voidaan tehdä työskentelykaapissa hallitusti halutuissa olosuhteissa. Kaapissa vältytään hapen lisäksi myös hiilidioksidin häiritsevältä vaikutukselta.

Jätekapseli on tarkoitus ympäröidä kompaktoidulla bentoniittisavella, joka kastuessaan paisuu muodostaen kapselin ympärille tiiviin, huonosti vettä johtavan esteen. Bentoniitissa olevat liukenevat mineraalit sekä bentoniitin ioninvaihtoprosessit vaikuttavat osaltaan kemiallisten olosuhteiden muodostumiseen lähi-alueella. Huokosveden kemian selvittämiseksi on tehty pitkäaikaisia vuorovaihtokokeita sekä kehitetty tulkintaa varten mallinnusmenetelmiä.

Bentoniitin pääkomponentin, montmorillonitiin, rakenteeseen liittyvä sähkövaraus, joka kompensoituu pinoilla olevilla kationeilla, aiheuttaa poikkeuksellisia pintailmiöitä. Ne vaikuttavat merkittävästi ionien diffuusiomekanismeihin bentoniitissa. Vastaavat ilmiöt, vaikkakin yleensä heikompiina, ovat nähtävissä myös kiven huokosissa ns.



Syvän graniittipohjaveden pelkistävässä olosuhteissa uraanin ja muiden aktinidien liukenemistä UO_2 -polttoaineesta rajoittaa todennäköisesti uraanin liukoisuus (liukoisuusrajoitteinen mekanismi). Kuvan liukenemiskokeessa on tutkittu uraanin liukoisuutta säteilyttämättömästä UO_2 -polttoaineesta synteettisessä pohjavedessä hapettomissa olosuhteissa (N_2 , anaerobinen boxi). Katkoviivat esittävät hydrogeokemiallisella EQ3/6 mallilla laskettuja teoreettisia uraanioksidien liukoisuuksia käyttäen SKB:n ja NEA:n datatiedostoja.

matriisidiffuusion yhteydessä. Diffuusio- ja pidättymismekanismia on tutkittu merkkiainekokeilla ja kehittämällä mallinnusmenetelmiä, jotka ottavat huomioon sähköisen potentiaalinvaihtuksen vaikutukset huokosissa väliaineessa.

Monimutkaisten liuosten kemian mallinetaan termohydrogeokemiallisilla laskentamalleilla. Malleja on käytetty mm. potentiaalisten loppusijoituspaikkojen pohjavesikemian tulkinnassa, liukoiskokeiden tulkinnassa sekä radionuklidien liukoisuuksien arvioinnissa turvallisuusanalyysiä varten.

Myös matala ja keskiaktiivisen jätteen tutkimus jatkuu pienellä panoksella. Esimerkkinä mainittakoon plasmapoltoon perustuva keskiaktiivisen jätteen tilavuuden pienentämismenetelmä, jota kehitetään yhdessä IVO:n kanssa.

Ydintekniikka

VTT Kemianteekniikka harjoittaa kiinteää yhteistyötä molempien kotimaisten voimayhtiöiden sekä Säteilyturvakeskuksen kanssa monissa ydinvoiman käyttöturvallisuuteen liittyvissä kysymyksissä.

Neutronidosimetrian avulla selvitetään ydinreaktorin rakennemateriaalien saaman neutronisäteilyannoksen vaikutusta niiden lujuusominaisuuksiin. Neutronidosimetrialla voidaan myös kokeellisesti verifioida materiaalien säteilykestävyytystutkimuksen yhteydessä tehdyt reaktorifysikaaliset neutronivuolaskut.

Ydinvoimalaitosten aktiivisten kiertopiirien säteilylähdevoimakkuuksien gammaspektroskooppisia mittauksia ja reaktorivesikemiallisia analyysejä hyödynnetään ydinvoimaloissa monipuolisesti aktiivisten korroosiotuotteiden syntymisen ja kulkeutumisensa seurannassa, tehtäessä huoltoesikokien annostenusteita ja suunniteltaessa niiden perusteella säteilyaltistuksen kannalta optimaalisia työmenetelmiä. Mittausten avulla voidaan myös löytää ja identifioida mahdolliset anomaaliset säteilylähteet, minkä lisäksi niitä voidaan hyödyntää erityistoimenpiteiden suunnittelussa ja tulosten seurannassa, esimerkiksi Loviisan kakkosyksikön primääripiirin dekontaminointi kesällä 1995.

Reaktorionnettomuustutkimuksen alalla VTT Kemianteekniikka osallittuu useaan EU-projektiin, joissa tutkitaan monipuoli-

ATS UUSI JOHTOKUNTA

Helmikuussa pidetyn vuosikokouksen, poikkeuksellisen laajassa muutoksessa seuran johtokunta ja vakiotoiminta sai lähes kokonaan uudet kasvat. Seuraavalla vapaalla esittelyllä johtokuntaa ja toimihenkilöitä pyritään tekemään hiukan tutummiksi jäsenistölle.

lisesti fissiotuotteiden kulkeutumista reaktorirakennuksessa reaktorionnettomuustilanteessa.

Lisäksi Kemiantekniikka osallistuu Säteilyturvakeskuksen toimeksiannosta IAEA:n koordinoimiin kansainvälisiin ydinmateriaalivalvonnan tutkimus- ja teknologiansiirtoprojekteihin.

FIR 1 ja BNCT

Traditionaalisesti reaktoria on hyödynnetty radionuklidien tuotannossa. Näitä tuotetaan sekä lääketieteelliseen että teollisuusmerkkiainekäyttöön. Lisäksi reaktorisäteilytystä käytetään neutroniaktiivointianalyyseissä. Näiden sovelusten yhteinen volyyymi on kuitenkin nykyään niin pieni, että ellei reaktorilla olisi muuta käyttöä, se pysäytettäisiin ja todennäköisesti purettaisiin.

Vuodesta 1990 lähtien reaktorille on kuitenkin kehitetty uutta lääkinällistä käyttöä. Tämä on niin kutsuttu boori-neutronikaappausterapia (BNCT), jota VTT, HYKS, HY ja Radtek Oy yhdessä kehittävät. Radtek Oy on yhtiö jonka IVO, TVO ja Finntech (silloinen Ota-tech) perustivat vuonna 1994. Radtek Oy on rahoitusyhtiö, jonka toimesta VTT rakentaa FIR 1-reaktoriin BNCT hoitoon tarkoitettua epitermistä säteilykenttää. Toimintaa ovat rahoittaneet IVO, TVO, SITRA ja TEKES sekä VTT itse.

Säteilytysaseman ensimmäinen vaihe valmistui vuoden 1996 aikana ja reaktorin peruskorjaus sekä hoitotilat valmistuvat tämän kevään aikana. Hoidon kehitystyö tapahtuu TEKESin, HYKSin ja VTT:n rahoituksella siten, että ensimmäiset koesäteilytykset ihmisille on suunniteltu tehtävän vuoden 1998 lopulla. Varsinaisen hoidon on suunniteltu alkavan vuonna 2000.

FT Rolf Rosenberg on VTT Kemiantekniikan Teollisuusfysiikan tutkimusalueen tutkimuspäällikkö ja FIR 1 -tutkimusreaktorin vastaava johtaja, p. (09) 4561; E-mail: rolf.rosenberg@vtt.fi

Helmikuun vuosikokouksessa ATS:n puheenjohtajaksi valittu **Seppo Vuori** on johtava tutkija VTT Energiassa ja hän on tutkimuspäällikön varamies ydinennergia-tutkimusalueella, erityisinä vastuualueinaan ydinjätehuolto ja ydinvoiman ympäristövaikutukset. Hän on perinteikkaiden Hämeenlinnan Lyseon ja TKK:n teknillisen fysiikan osaston kasvatti ja on erityisesti kesäisin kesämökkeilystä kiinnostunut — muilla kausilla varsin hartaasti työpaikalla viihtyvä ydintutkija.

Varapuheenjohtaja **Ilari Aro** on Säteilyturvakeskuksen ydinturvallisuusosaston koulutus-päällikkö. Työssään Aro vastaa mm. ydinvoimalaitosten koulutustoiminnan arvioinnista ja ohjaajien lisenssionnista. ATS:n päävastuualueet ovat kuukausikokousten suunnittelu ja seminaarit. Viihtyvyyttä Ilarille löytyy kotimaasta tai ulkomailta ydinvoimatekniikan asiantuntijatehtävien parista.

Rahastonhoitaja **Virpi Korteniemi** toimii Ydintekniikan laboratorion laboratorioinsinöörinä Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun energiatekniikan osastolla. ATS:n rahastonhoitajan velvollisuuksien (budjetin laadinta sekä jäsenmaksuasiat) lisäksi hän vastaa osaltaan nuoren jäsenistön aktivoinnista. Alunperin Lapista kotoisin oleva ”Vipe” tykkää aika ajoin palata: ”takas kotijankhalle patikoim’han seka hiljentym’han poron, pottuvoin ja puolukkasurvoksen“ äärelle. Kesäisin myös ”vetyjen ja atomien” Lappeenrannan maisemat ihastuttavat sekä sie ja mie kuulostavat kotosalta.

Vesa Tanner toimii tutkijana VTT Kemiantekniikan ydintekniikan ryhmässä. Pääasiassa häntä työllistävät erilaiset säteilymittauslaitteistot, reaktori-instrumentointi sekä ydinvoimalaitosten kenttä säteilymittaukset. ATS:n johtokunnan sihteerinä hän hoitaa kuukausikokousten ja seminaarien järjestelyjä sekä nuorten asioita. Parhaiten hän sanoo viihtyvänsä kesämökillä kalastamassa; tosin kesäaikaan sopivalla ilmalla hänet voi löytää myös purjelentokoneen ohjaamosta.

Tapio Saarenpää tulee TVO:sta ja Oikiluodesta, jossa hän osana modernisointihanketta ohjaa ja vetää kahta automaatiojärjestelmän uusintaprojektia. Johtokunnassa Tapsan vastuualueena ovat koulutus- ja kansainvälisen ydinvoim-

matiedotuksen (PIME) asiat. Vapaa-aikana Tapsa viihtyy golf- ja tenniskentillä silloin, kun aikaa perheeltä siihen riittää.

Anneli Nikula toimii energiatuotannon ympäristökysymysten johtavana asiantuntijana Energia-alan Keskusliitossa, Finergyssä. Lisäksi hän hoitaa Finergyssä viestintään liittyviä erityiskysymyksiä. Annelin vastuualueena on elinkeinopoliittisen edunvalvonnan sektorilla ympäristö- ja ydinvoima-asiat. ATS:n johtokunnassa Anneli vastaa ENS:n NucNet ja Nucleus yhteyksistä sekä seuran ulkoisesta tiedotuksesta. Hän on ATS-INFO-työryhmän jäsen ja Energian kanavan puheenjohtaja. Vapaa-aikanaan Anneli inspiroituu luonnossa samoillen, kesämökillä maata tonkien ja ystävien kanssa huutopussia pelaten.

Olli Nevander hoitaa ja arvioi kaikenlaista koti- tai ulkomaisen ydinvoiman turvallisuuteen liittyvää IVO PE:ssä. Johtokunnassa hän vastaa kansainvälisistä yhteyksistä ja ekskursioasioista sekä toimii Ydintekniikka-lehden toimituksen ja johtokunnan välisenä linkkinä. Vapauden tunteen Olli saavuttaa parhaiten tenniskentällä tai kotona: päivällä lasten ja yöllä kotimikron kanssa leikkien, kesällä vihreitä arvoja versoo ajatuksiin omasta kasvimaasta.

Seuran ulkomainen ekskursioita järjestävä **Jaakko Pullinen** on työskennellyt IVO PE:n ydinvoimaliiketoiminnan lujuuslaskijana diplomityöstään vuonna 1992 lähtien. Lähtöjään hän on Savonlinnasta ja asustaa nykyisin Helsingissä. Vapaa-aikanaan Jaakko viihtyy parhaiten Lapin erämaissa rinkka selässä tai Bretagnessa äyriäisvatiin äärellä.

Jussi Palmu hoitaa Posiva Oy:ssä ydinjätehuollon talouteen liittyviä asioita ja samalla yrittää pitää Posivan talousasioita järjestyksessä. Hän käy muutama kerran vuodessa European Nuclear Society:n Steering Committeeen kokouksissa valvomassa ATS:n etuja. Oopperassa vietetyt illat ja ”Etana seuran” toimintaan osallistuminen antavat sopivaa hengen ja ruumiin ravintoa työn vastapainoksi.

Johtokunnan jäsenten yhteystiedot löydät lehden alusta.

Olli Nevander

VASTAANOTTAAKO SUOMALAINEN KUNTA YDINJÄTTEET?



Vuodesta 1994 lähtien julkishallinnoidun ydinjätetutkimuksen ohjelman (JYT2) puitteissa on tehty tutkimusta ydinjätehuollon yhteiskunnallisista ja ympäristövaikutusten arviointiin liittyvistä kysymyksistä loppusijoituspaikkakunnalla. Tutkimusta on tehty yhteistyössä VTT Yhdyskuntatekniikka ja Jyväskylän yliopiston sosiologian yksikön kesken. Joulukuussa 1996 tehtiin laaja asukaskysely, jonka mukaan tärkeimpiä asioita ydinjätehuollon yhteydessä ovat vaikutukset ihmisten kokeman turvallisuuteen, terveyteen ja luonnonympäristöön. Asukkaiden pitäisi saada asiallista ja monipuolista tietoa ydinjätteistä, ja edellytykset avoimelle ja monipuoliselle keskustelulle tulisi luoda.

Kunnan kanta ydinjätteiden loppusijoitukseen riippuu siitä, mitä vaikutuksia siitä arvioidaan aiheutuvan kunnalle ja kuntalaisille, lähitulevaisuudessa ja pitkällä tähtäimellä. Kuntalaiset ovat valmiita harkitsemaan sijoitusta, jos saavat asiallista ja monipuolista tietoa ydinjätteiden loppusijoituksen mahdollisista vaikutuksista ja jos edellytykset avoimelle ja monipuoliselle keskustelulle luodaan.

Lähtökohtana kaikelle tiedonvälitykselle tulee olla, että hyväksytään asukkaiden oikeus omaan näkemykseensä. Tämä ei ainakaan aikaisemmin käydyssä keskustelussa ole aina ollut itsestään selvää. Oikeus omaan näkemykseen tulee olla riippumatta siitä, perustuuko se enemmän "tietoon" vai "tunteeseen". Ihminen on kokonaisuus, jossa kummallakin ulottuvuudella on osansa. Siihen, mitä asukkaat tietävät, voidaan vaikuttaa tutkimuksella ja tiedonvälityksellä, ja siihen mitä tuntevat, asiallisella suhtautumisella ja osallistumismahdollisuuksia luomalla.

Se lähtökohta, että Suomessa tuotetut ydinjätteet sijoitetaan Suomeen, näyttää

olevan laajalti hyväksytty. Lisäksi edellytetään, ettei muualta tuoda jätteitä Suomeen. Erityisen tärkeää on selvittää ydinjätehuoltoon liittyvät vaihtoehdot ja niiden vaikutukset.

Asukaskysely ydinjätteiden loppusijoituksesta

Joulukuussa 1996 toteutettiin laaja asukaskysely Eurajoen, Äänekosken ja Kuhmon asukkaille sekä vertailuotos muiden kuntien asukkaille. Asukaskysely poikkesi aikaisemmin tehdyistä kyselyistä siinä, ettei kysytty asenteita eikä näkemyksiä vaikutuksista, vaan mitä asukkaat pitävät tärkeänä ja miten tärkeänä, kun arvioidaan ydinjätteiden loppusijoituksen ympäristövaikutuksia.

Kysely lähetettiin kaikkiaan 3 600 henkilölle eli noin 10 %:lle Eurajoen, Äänekosken ja Kuhmon asukkaista sekä 600:lle muualla Suomessa asuvalle. Vastauksia saatiin 1 839 eli palautusprosentti oli 51,1 %. Kyselyyn vastattiin aktiivisimmin Kuhmossa ja Äänekoskella. Kysely on siten erittäin laaja, ja sen tilastollinen merkitsevyys on suuri.

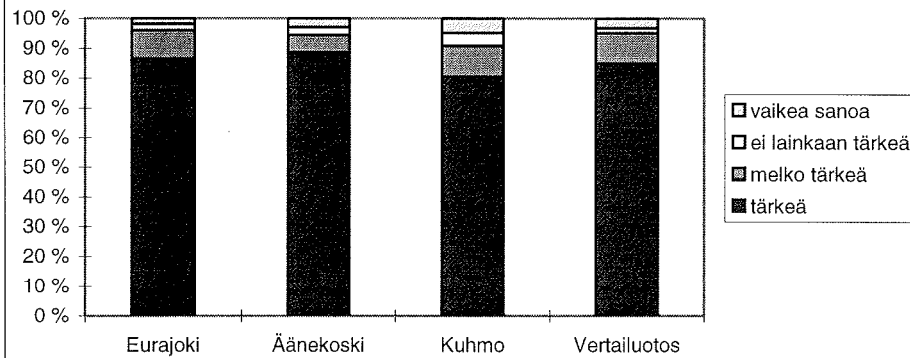
Kysely jakautui kahteen osaan: ydinjätteiden (käytetyn ydinpolttoaineen) loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutukset ja tiedonvälitys. Lisäksi kysyttiin vastaajan taustatietoja tilastollista käsittelyä varten.

Vaikutuksia koskeva kysymys oli seuraava: *Miten tärkeänä pidätte seuraavien tekijöiden arviointia (selvittämistä) ydinjätteiden loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutuksia arvioitaessa?*

Vaikutuksia aiheuttavat toiminnot:

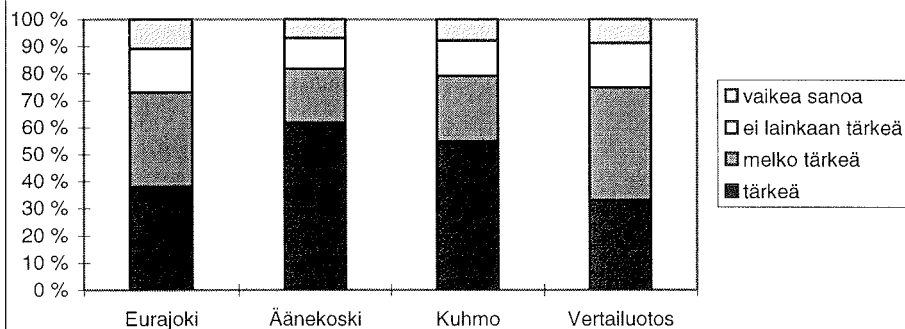
- Laitoksen rakentamisen aikaiset asiat (kallioperän louhinta, teiden rakentaminen ja liikennejärjestelyt, louheen kuljetus ja sijoitus, muutokset rakentamispaikan luonnonympäristössä)
- Laitoksen toiminnan aikaiset ja sen sulkemisen jälkeiset asiat (ydinjätteiden kuljetukset, maanpäällisen kapealointilaitoksen toiminta, maanalaisen, suljetun loppusijoituslaitoksen toiminta)

MAANALAISEN LOPPUSIJOITUSJÄRJESTELMÄN TOIMINTA



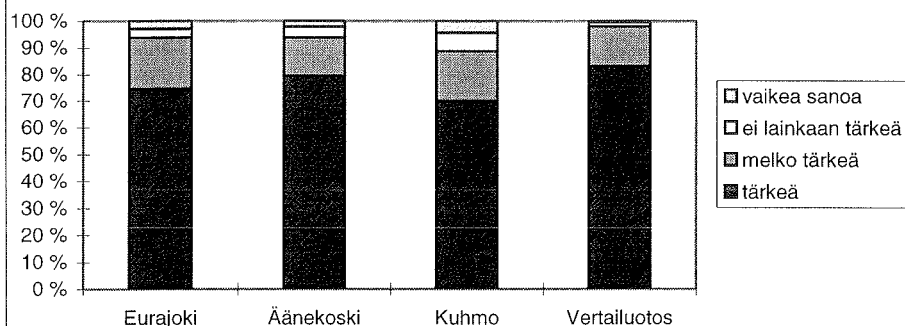
Ydinjätteiden maanalaisen, suljetun loppusijoitusjärjestelmän toiminnan vaikutusten arviointia pidetään tärkeänä.

ULKOPUOLISTEN MIELIKUVA KUNNASTA (IMAGO)



Ulkopuolisten mielikuvaa kunnasta (imago) pidetään tärkeimpänä Äänekoskella ja Kuhmossa, ja muissa kunnissa asuvat (vertailuotos) pitävät sitä vähiten tärkeänä.

MUUTOKSET LUONNONYMPÄRISTÖSSÄ



Luonnonympäristössä tapahtuvien muutosten arviointia pidetään tärkeänä. Tärkeimpänä se nähdään vertailuotoksen piirissä ja Äänekoskella.

Vaikutukset:

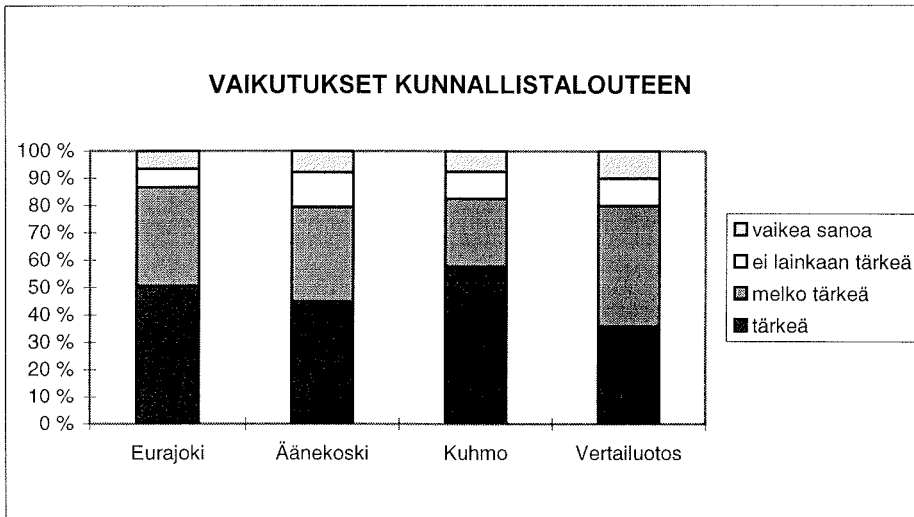
- Yleiset tekijät (asukasmäärä, ikärakenne, koulutus, tulotaso, työpaikat, asunnot, julkiset palvelut, ulkopuolisten mielikuva kunnasta)
- Muutokset elinympäristössä (luonnonympäristö, rakennettu ympäristö, virkistysalueet, yhteydet, liikenne)
- Taloudelliset vaikutukset (kunnallistalous, kiinteistöjen arvo, elinkeinotoiminta yleensä, maatalous, matkailu, luontaiselinkeinot, kauppa)
- Sosiaaliset ja terveysvaikutukset (asukkaiden kokemus turvallisuus, asukkaiden terveys, mahdollisuudet marjastukseen, sienestykseen, metsästykseseen ja kalastukseen, ihmisille tärkeät paikat ja maisemat)

Tiedonvälitys:

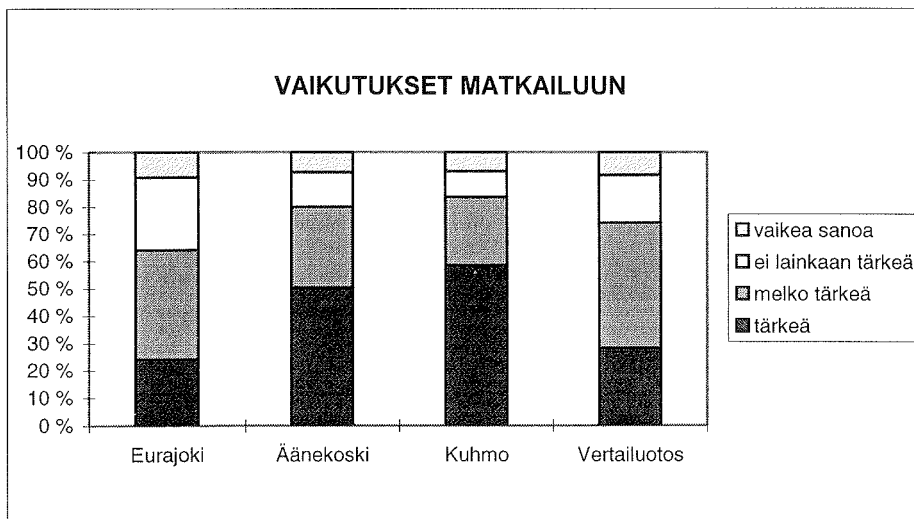
- Tiedonvälityksen riittävyys
- *Miltä taholta* toivotaan lisää tiedotusta (Posiva Oy, kunta, kauppa- ja teollisuusministeriö, muut ministeriöt, Säteilyturvakeskus, tutkimuslaitokset ja yliopistot, kansalaisjärjestöt)
- *Mistä asioista* toivotaan lisää tietoa ja mikä on asioiden tärkeysjärjestys (ydinjätelaitoksen yleinen turvallisuus, kuljetusten turvallisuus, kapseloinnin turvallisuus, loppusijoituksen turvallisuus, terveysvaikutukset, ympäristö- ja luontovaikutukset, taloudelliset vaikutukset, vaikutukset paikkakunnan arkipäivään)
- *Millä tavalla* tietoa halutaan (kotiin lähetetyt tiedotuslehtiset, yleisötilaisuudet, keskustelut pienryhmissä, paikallisten/alueellisten lehtien artikkelit, paikallis-/alueellisen radion uutisointi/jutut, valtakunnallisten tiedotusvälineiden uutisointi/jutut, kirjastot, Internet ja www-sivut)
- Kuinka paljon vastaaja arvioi tietävänsä ydinjätehuollosta

Turvallisuus, terveys ja luonto selvästi esiin

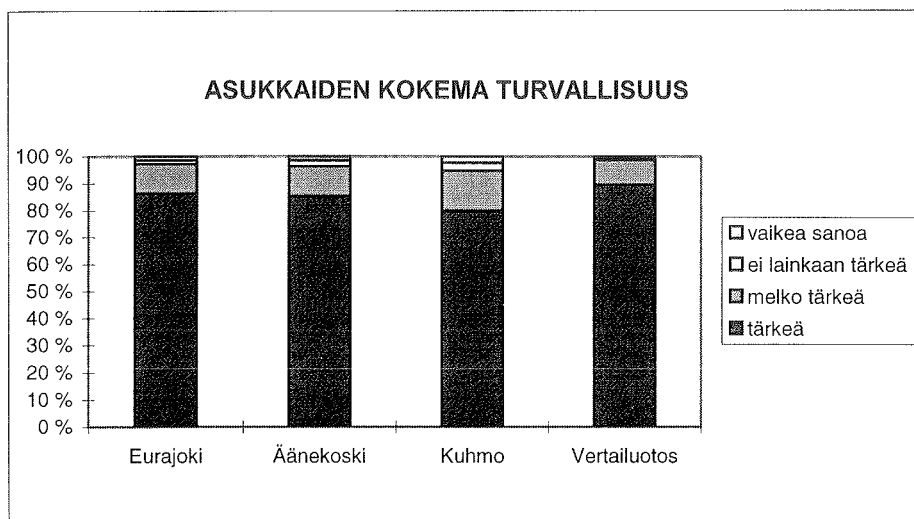
Selvästi tärkeimpinä arvioitavina vaikutuksina pidetään asukkaiden kokemaa turvallisuutta, asukkaiden terveyttä sekä luonnonympäristöön kohdistuvia vaikutuksia.



Vaikutuksia kunnallistalouteen ei pidetä kovin tärkeinä. Tärkeimpiä ne ovat kuhmolaisille.



Vaikutuksia matkailuun pidetään tärkeinä Kuhmossa ja Äänekoskella.



Vaikutuksia asukkaiden kokemaan turvallisuuteen pidetään kaikkien tärkeimpänä arvioida.

Rakentamisaikana aiheutuvat vaikutukset eivät ole niin tärkeitä kuin toiminnan aikaiset. Rakentamisaikana aiheutuvista vaikutuksista tärkeimpänä pidetään rakentamispaikalla aiheutuvia muutoksia luonnonympäristössä. Toiminnan aikaisista ja sen sulkemisen jälkeisistä vaikutuksista tärkeimpänä pidetään maanalaisen, suljetun loppusijoitusjärjestelmän toimintaa. Tärkeänä pidetään myös ydinjätteiden kuljetusten vaikutuksia. Kapselointilaitoksen vaikutuksia ei pidetä aivan yhtä tärkeinä kuin loppusijoitusjärjestelmää ja kuljetuksia.

Yleisiä väestön määrään, rakenteeseen ym. kohdistuvia vaikutuksia ei pidetä kovin tärkeinä. Työpaikkamäärän muutosten arviointia pidetään näistä tärkeimpänä, ja selvästi muita tärkeämpänä Kuhmossa. Vaikutuksia mielikuvaan kunnasta (imagoon) pidetään Äänekoskella ja Kuhmossa tärkeinä, Eurajoella ja vertailuotoksessa vähemmän tärkeinä.

Luonnonympäristöön kohdistuvia muutoksia pidetään erityisen tärkeinä arvioida. Rakennettuun ympäristöön, yhteyksiin ja liikenteeseen liittyviä muutoksia ei pidetä yhtä tärkeinä.

Taloudellisia vaikutuksia ei pidetä niin tärkeinä kuin terveys-, turvallisuus- ja luontovaikutuksia. Kunnallistaloudellisia vaikutuksia pidetään tärkeimpinä Kuhmossa ja vähiten tärkeinä Äänekoskella. Matkailuun kohdistuvia vaikutuksia pidetään tärkeimpinä arvioida Kuhmossa ja Äänekoskella. Luontaiselinkeinoin kohdistuvia vaikutuksia pidetään muita elinkeinovaikutuksia tärkeimpinä kaikissa kunnissa, tärkeimpinä Äänekoskella.

Vaikutuksista tärkeimmät ovat kaikissa kunnissa asukkaiden kokema turvallisuus ja asukkaiden terveys. Kuhmossa näitä ei pidetä aivan niin tärkeinä kuin muissa kunnissa. Mahdollisuuksia marjastukseen, sienestykseen, kalastukseen jne. pidetään tärkeinä arvioida, erityisesti Äänekoskella ja Kuhmossa. Ihmisille tärkeät paikat ja maisemat ovat tärkeitä etenkin Äänekoskella.

Tiedonvälitystä koskevassa osassa tärkeimmäksi nousi tietojen tarve niistä asioista, joita pidetään tärkeimpinä, turvallisuudesta, terveydestä ja luonnon-ympäristöstä. Mahdollisissa loppusijoituskunnissa, joissa ydinjätteistä on keskusteltu vuosikausia, huomattavasti suurempi osa kuin muissa kunnissa pitää tiedonvälitystä riittävänä.

Koska tietoa toivotaan lisää turvallisuus- ja terveysvaikutuksista, sitä toivotaan erityisen paljon Säteilyturvakeskukselta. Myös kunnalta, tutkimuslaitoksilta ja yliopistoilta sekä Posiva Oy:ltä toivotaan lisää tietoa. Kansalaisjärjestöiltä toivotaan vähiten lisää tiedotusta. Ei lainkaan lisää tietoa -vastaajien osuus on suurin kansalaisjärjestöjen kohdalla.

Taloudellisia vaikutuksia koskevaa tietoa ei kaivata läheskään niin paljon kuin turvallisuus- ja terveysvaikutuksia koskevaa tietoa. Kuhmossa kaivataan eniten lisää tietoa taloudellisista vaikutuksista.

Tärkeimpänä ydinjätteiden loppusijoitukseen liittyvänä asiana pidetään turvallisuutta ja terveyttä. Toiseksi tär-

Mikä kunnissa on tärkeää?

Edellytysten luomiseksi ydinjätteiden loppusijoituksen vaikutusten arviointiin ja siitä tehtäviin johtopäätöksiin kunnassa on tärkeää, että:

- ympäristövaikutusten arviointiprosessi toteutetaan hyvin
- mahdollisimman monet asukkaat osallistuisivat
- tehtävät päätökset eivät perustuisi liian vähäisiin tietoihin - oltiin sitten puolesta tai vastaan
- tärkeät asiat ovat riittävästi mukana
- arvio on tarpeeksi perusteellinen
- tietoa välitetään havainnollisessa ja ymmärrettävässä muodossa ja että
- hyväksytään erilaiset näkemykset

keimpänä asiana pidetään ympäristöä ja luontoa. Vasta tämän jälkeen tulevat taloudelliset ja muut vaikutukset. Kuhmossa taloudelliset asiat ovat tärkeämpiä kuin muissa kunnissa.

Kyselyn tuloksia analysoidaan perusteellisesti vuoden 1997 kuluessa.

DI **Irmeli Harmaa** toimii erikoistutkijana ja yhdyskuntien laatu ja kustannukset -ryhmän päällikkönä VTT Yhdyskuntateknikassa, p. (09) 456 6289; E-mail: irmeli.harmaa@vtt.fi

ANNONS

STIPENDIER FÖR KÄRNKRAFTSFORSKNING LEDIGANSLÅS

Svenska tekniska vetenskapsakademien i Finland lediganslår stipendier att sökas ur dipl.ing. **Edmund Wilhelm Guerillot's fond.**

Stipendierna ges i enlighet med testamentet åt forskare eller forskargrupper, för forskning av teknologi i kärnkraftverk. Förutom direkt kärnteknisk forskning kan även forskning i angränsande områden som säkerhets-, miljö- och produktionsteknik samt uppbyggande av behövlig infrastruktur beaktas.

Med stipendierna vill man befrämja

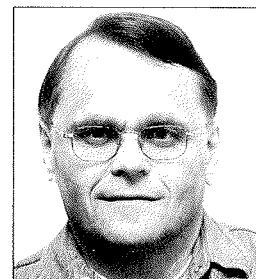
- utförande av kvalificerat forskningsarbete,
- utbildning för doktors-, licentiat eller annan examen
- studier eller forskning vid utländska organisationer
- ibruktagande av nya planerings-, beräknings-, provnings- och övervakningsmetoder och
- andra ändamål under förutsättning att de främjar användningen av kärnkraft för el-produktion.

Totalt utdelas ca. 500.000 mk i stipendier år 1997. Endast ettåriga projekt kan stödas emedan detta är sista gången som stipendier utdelas ur E.W.Guerillot's fond.

Ansökan bör innehålla beskrivning av på vilket sätt stipendiet skall användas och stipendiemottagarnas meritförteckning eller curriculum vitae. Om ansökan görs i en forskargrups namn bör även forskargruppens målsättning beskrivas. Stipendiemottagare bör efter stipendietidens utgång avge skriftlig redogörelse över stipendiets användning och uppnådda resultat.

Ansökan bör vara akademins sekreterare, prof. Kenneth Holmberg tillhanda senast **torsdagen den 15 augusti 1997** under adress VTT Tillverknings-teknik, P.B. 1704, 02044 VTT (Esbo). På eventuella förfrågningar svarar akademins sekreterare vid tel. (09) 456 5370, fax (09) 456 7002, e-post: kenneth.holmberg@vtt.fi.

SUOMENLAHDEN ETELÄRANNAN RADIOAKTIIVISET JÄTTEET



Tiedotusvälineissä on viime vuosina ollut useita hälyttäviä uutisia radioaktiivisiin jätteisiin liittyvistä ongelmista Viron ja Sosnovyi Borin alueella. Asiantuntijavoimin tehdyissä selvityksissä on todettu radioaktiivisten jätteiden huoltokäytännössä kyseisissä kohteissa olevan paljon parantamisen varaa, mutta mitään laajalaisia ympäristöhaittoja ei ole havaittu eikä ennustettavissa.



Viron ja Venäjän avustamiseksi lähialueidemme ydinjätehuollon kehittämisessä on luotu tukiohjelmiä, joihin Suomesta ovat osallistuneet Säteilyturvakeskus ja Imatran voima Oy.

Itsenäiselle Virolle perinnöksi suljettu reaktorilaitos

Paldiskin kaupungissa, joka sijaitsee Luoteis-Virossa Suomenlahden rannalla, oli ennen Neuvostoliiton sotilastukikohdita. Paikan erikoisuutena oli ydinkäyttöisen sotalaivaston koulutuskeskus, jossa oli kaksi sukellusvenereaktoria. Ensimmäinen 70 MW_t reaktori otettiin käyttöön vuonna 1968 ja toinen 90 MW_t reaktori vuonna 1983. Molemmat suljettiin vuonna 1989.

Itsenäistyttyään Viro pyrki mahdollisimman pikaisesti eroon venäläisistä sotajoukoista. Paldiskin tukikohta evakuoitiin syyskuussa 1995. Reaktorilaitoksen käytöstäpoisto jäi tällöin pahasti kesken. Venäläiset olivat siirtäneet pois reaktoripolttoaineen, rakentaneet sarkofagit reaktoripaineastioiden ympärille ja purkaneet suurimman osan reaktorira-

kennuksen varustuksesta. Purkamatta jäivät mm. nestemäisten ja kiinteiden radioaktiivisten jätteiden huonokuntoiset välivarastot sekä lievästi kontaminoituneita apurakennuksia. Kiinteiden jätteiden varastoon on vähäaktiivisen roinan sekaan haudattu mm. reaktoreiden voimakkaasti aktivoituneita säätösauvoja.

Viron avustamiseksi Paldiski-hankkeessa perustettiin vuonna 1994 kansainvälinen ryhmä, Paldiski International Expert Reference Group (PIERG), johon kuuluu asiantuntijoita Virossa, Suomesta (STUK), Ruotsista, Tanskasta, Saksasta, Ranskasta, USA:sta, Venäjältä, IAEA:sta ja CEC:stä. Ryhmä on tähän asti keskittynyt alueella ja rakennuksissa sijaitsevien radioaktiivisuuslähteiden paikantamiseen ja käytöstäpoistosuunnitelman laatimiseen. Merkittävin käytännön jätehuoltotoimenpide on ollut 760 m³ radioaktiivisia nesteitä käsittävän erän puhdistaminen Imatran Voima Oy:n NURES-laitteistolla.

Lähivuosien tavoitteena on puhdistaa saastuneet alueet ja purkaa kontaminoituneet rakennukset lukuunottamatta

reaktorirakennusta, johon on tarkoitus perustaa radioaktiivisten jätteiden välivarasto. Viroa myös avustetaan alan lainsäädännön, viranomaisvalvonnan ja jätehuolto-organisaation luomisessa.

Säteilevä kaatopaikka kaljatehtaan naapurissa

Tallinnasta kymmenisen kilometriä etelään sijaitsevassa Sakun kylässä on "neuvostoliittolaismallinen" radioaktiivisen jätteen hautausmaa, jossa on kiinteille jätteille tarkoitettuja maan pintakerrokseen sijoitettuja betonibunkkereita ja nestejätteiden varastosäiliö. Jätteitä siellä arvioidaan olevan 100 tonnin verran, aktiivisuudeltaan noin 100 TBq. Jätteiden eristys on heikosti toteutettu: pohjavesi on tunkeutunut muutamaa jo suljettuun bunkkeriin ja nestejätteiden varastosäiliönkin epäillään jonkin verran vuotaneen. Ympäristönäytteiden analyysit eivät kuitenkaan ole osoittaneet kohonneita aktiivisuuspitoisuuksia ympäristössä tai pohjavesissä.

Sakun jätevaraston vartiointi on ollut puutteellista. Niinpä metalliromun kerääjät varastivat sieltä vuonna 1994 voimakkaasti säteilevän pienen metallilieriön, joka oli peräisin Cs-137 -sterilointilähteestä. Yksi varkaista kuoli säteily sairauksiin ja kaksi muuta sekä heidän kaksi sukulaistaan saivat 1–4 Gy välillä olevia säteilyannoksia, joista aiheutui akuutteja säteilyoireita. Näitä säteilyvammoja on tutkittu mm. STUK:ssa.

Sakun jätevarastoa on tarpeen pikaisesti saneerata, ja Ruotsin SSI:llä onkin meneillään tätä koskevia hankkeita. Nykyisin jätevarastolle on annettu uusi nimi: Tammiku. Syynä lienee pelko, että jätevarasto pilaa paikkakunnalla valmistettavan Saku-oluen maineen.

Kiinteän radioaktiivisen jätteen varasto Paldiskissa.

Sillamäen jätevarasto ei saastuta Suomenlahtea

Joitakin vuosia sitten oli lehdistössä artikkeleita, joissa epäiltiin Koillis-Virossa Sillamäen kaupungin lähistöllä sijaitsevaa uraanipitoisen kaivosjätteen läjitysalueetta syypääksi kaupungissa ilmenneisiin sairauksiin. Tämä spekulatio saatiin melko pian kumottua, mutta seuraavaksi esitettiin huoli, että läjitysalueelta vuotaa radioaktiivisia aineita saastuttaen kaupungin edustan merialuetta ja läheisiä pohjavesiä. Pelättiin jopa läjitysalueen ja Suomenlahden välisen suojavallin murtumista, jolloin radioaktiivisia jättemassoja voisi valua mereen suuressa määrin. Sillamäen jätealueesta aiheutuvia haittoja ja uhkia tutkimaan perustettiin vuonna 1992 virolais-pohjoismainen projekti-ryhmä, johon Suomen edustajat tulivat STUK:sta.

Jo vuonna 1948 perustettu Sillamäen laitos (RAS Silmet) rikasti aluksi uraania kemiallisesti paikallisesta alunaluskeesta. Paikallisten raaka-aineiden

ehdyttyä siirryttiin rikastamaan muista Itä-Euroopan maista tuotua uraanimalmia. 1970-luvulla alettiin myös rikastaa niobia, tantaalia ja harvinaisia maametalleja Kuolan niemimaalta tuodusta lopariitista, joka sisältää huomattavia uraani- ja toriumpitoisuuksia.

Sillamäen jätealue on 33 hehtaarin laajuinen, parikymmentä metriä korkeiden vallien ympäröimä allas. Kolmannuksen altaasta peittää happaman nestemäisen jätteen muodostama lampi. Jätettä on kaikkiaan noin 5,6 miljoonaa kuutiometriä. Uraania, toriumia ja niiden hajoamistuotteita arvioidaan kasassa olevan lähes 5000 TBq.

Projektiryhmä otti analyysejä varten suuren määrän näytteitä jätealueesta ja sen ympäristöstä. Tulokset olivat varsin rauhoittavia. Jätealueesta Suomenlahteen suodattuvien radioaktiivisten aineiden määräksi arvioitiin vain 0,05 TBq; niinpä näiden aineiden vaikutus on havaittavissa merivedessä enintään muutaman sadan metrin päässä rantaviivasta. Juomavesistä ei mitattu hälyttäviä radioaktiivisuusarvoja. Merkittävimmäksi säteilyaltistuslähteeksi arvioitiin jätekasasta peräisin oleva radon-kaasu, joka aiheuttaa noin 0,2 mSv eli noin 20 % lisän sillamäeläisten vuotuiseseen säteilyannokseen.

Vaikka katastrofin uhkaa ei olekaan, Sillamäen jätealue ei ole ongelmaton. Jätekasen geotekninen vakavuus on varmistettava lisätutkimuksin ja mahdollisesti tarvittavin maansiirto- ja patoamistöin. Radon-altistuksen vähentämiseksi kasa on peitettävä suojaavilla maaineskerroksilla. Vaikkei nykyisen jätekasen poissiirtäminen ole järkevää, olisi Silmetin tuleville jätteille löydettävä parempi sijoituspaikka.

Jätehuoltoyhteistyö kangertelee Sosnovyi Borissa

Suomenlahden alueen suurimmat ydinjätteiden ja muiden radioaktiivisten jätteiden keskittymät sijoittuvat Sosnovyi Boriin. Merkittävin lähde on Leningradin ydinvoimalaitos, jossa on neljä RBMK-reaktoria. Koska näiden reaktoreiden käytettyä ydinpolttoainetta ei ole tarkoituksenmukaista jälleenkäsitellä, sitä on pidettävä ydinjätteenä.



Sillamäen jätevarasto sijaitsee aivan Suomenlahden rannalla. Runsas kolmannes jätealueesta on happaman jätteen veden peitossa.



Radon-kombinaatin jätevaraston katolta on näkymä Leningradin ydinvoimalaitokselle.

Todennäköisesti tätä käytettyä polttoainetta, jota tähän mennessä on säilytetty laitosalueella sijaitsevassa vesiallasvarastossa, tullaan varastoimaan alueella useiden vuosikymmenien ajan.

Viime vuonna esiintyi pohjoismaisissa tiedotusvälineissä uutisia, että polttoainetarastosta vuotaisi radioaktiivisia aineita Suomenlahteen. STUK:n edustajien tekemän tarkastuksen perusteella nämä uutiset osoittautuivat täysin perättömiksi.

Venäläiset suunnittelevat pitkään jäähtyneiden polttoainepöydien kuivavarastointia siirrettävissä teräs-betonisäiliöissä. Kuivakonttivarasto aiotaan ottaa käyttöön Leningradin ydinvoimalaitoksella vuoden 2000 tienoilla.

Leningradin ydinvoimalaitoksen naapurina on Radon-kombinaatiksi nimetty radioaktiivisten jätteiden alueellinen huoltokeskus. Tämä vuonna 1962 toimintansa aloittanut laitos huolehtii mm. Pietarin, Novgorodin, Kaliningradin ja Karjalan alueilla sijaitsevien yli 200 radioaktiivisia aineita käyttävän organisaation radioaktiivisten jätteiden kuljettamisesta, käsittelystä ja varastoinnista ja osaksi myös Leningradin ydinvoimalaitoksen keski- ja vähäaktiivisista jätteistä.

Radon-kombinaatti on käsitelty ja varastoinut noin 60 000 m³ radioaktiivisia jätteitä, joiden kokonaisaktiivisuudeksi arvioidaan 10 000 TBq. Nämä määrät ovat valtavia, kun otetaan huomioon, että kombinaatti huolehtii osapuulleen Suomen kokoisen talousalueen radioaktiivisista jätteistä. Osasyynä tähän lienee, että kunnan jätehuoltomaksujen puuttuessa Radon-kombinaatin asiakkaat eivät ole olleet erityisen motivoituneita jätemääriensä rajoittamiseen.

STUK:lla on parin vuoden ajan ollut Radon-kombinaatin kanssa yhteistyötä, mihin on sisältynyt vierailuja ja seminaareja. Kombinaatin käsittelylaitokset ovat iäkkäitä mutta vaikuttavat hyväkuntoisilta ja siisteiltä — ainakin venäläisen mittapuun mukaan arvioiden.

Merkittäviä ympäristöpäästöjä ei ole ollut. Suurin ongelma on kiinteiden jätteiden varastot: maanpäälliset betonirakennukset, jotka alunperin tarkoitettiin jätteiden lopullisiksi säilytyspaikoiksi. Vanhimpien varastojen katto oli alkujaan niin heppoinen, että sadevettä ja lunta pääsi varastoon aiheuttaen varaston alapuolisen ja viereisen maaperän saastumista. Tästä aiheutui laajoja puhdistus- ja korjaustoimia. Vaikka vanhoillakin varastoilla on nykyään

kunnan katot, voidaan varastojen rakenteelliseksi eliniäksi arvioida vain joitakin kymmeniä vuosia. Jätteet puolestaan vaativat vähintään muutaman sadan vuoden eristystä, joten ne on ennen pitkää poistettava nykyisistä varastoistaan loppusijoitettavaksi.

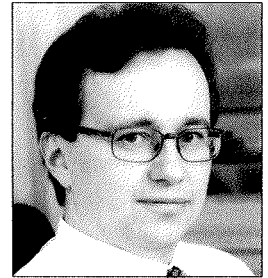
Radon-kombinaatin johdon tavoitteena on kehittää laitoksestaan lähivuosina länsimaista teknistä tasoa edustava jätteidenkäsittelykeskus, ja tälle hankkeelle on saatu myös paikallisten, alueellisten ja Federaation avainhenkilöiden siunaus. EU:n TACIS-rahoituksen turvin on tarkoitus ensi vaiheessa modernisoida jätteiden käsittelylaitoksia. Myöhemmin suunnitellaan rakennettavan loppusijoituslaitos noin 100 metrin syvyyteen savimuodostumaan, joka sijaitsee Koporjen kylässä parikymmentä kilometriä Sosnovyi Borista etelään. Alustavasti kaavailtu loppusijoitustunnelien rakenne on samankaltainen kuin Pietarin metrossa. Myös IVO osallistuu TACIS-rahoituksen turvin tämän loppusijoitushankkeen suunnitteluun.

Modernisoinnin myötä Radon-kombinaatin vastuualuetta on kaavailtu laajennettavan niin, että se huolehtisi enenevässä määrin myös Leningradin ydinvoimalaitoksen ydinjätehuollosta. Ydinvoimalaitoksen johto ei ole kuitenkaan innostunut tästä ajatuksesta, vaan pyrkii sekin osaksi länsimaisen tuen turvin omavaraisuuteen jätehuollossaan. Niinpä viime vierailullamme totesimme, että nämä naapurukset rakentavat kilpaa jätevarastoja laitosalueitaan erottavan aidan molemmin puolin.

DI Esko Ruokola on Säteilysuojelukeskuksen ydinjätejaoston päällikkö, p. (09) 7598 8305;
E-mail: esko.ruokola@stuk.fi

LÄHIALUEIDEMME YDINJÄTTEET

Hitaasti paraneva ongelma



Ydinjätteet pohjoisilla lähialueillamme ovat edelleen heikosti hoidettuja. Venäläiset ovat kyllä selkeästi ottaneet ongelman hoidon vastuulleen, mutta resurssipulan takia edistyminen ilman länsitukea on hidasta. Kaikkia jätteitä ei ole vielä stabiloitu, eikä pitkäjänteinen jätehuolto ole kristallisoitunut kansalliseksi ohjelmaksi. Vaikka nämä ydinjätteet eivät uhkaa suomalaisten terveyttä, paikallisesti ne ovat hankala ympäristöongelma.



Ydinjätännurtaja Sibirillä pidetyn kolmi-päiväisen seminaarin osallistujat olivat myös majoitettu alukselle. Kuvassa STUKin pääjohtaja Jukka Laaksonen ja artikkelin kirjoittaja.

Laivaston ydinjätteitä on useissa Murmankin vuonoissa, mutta eniten ja hankalimmassa tilassa lähinnä rajaamme olevassa Zapadnaja Litsassa. Samaisen vuonon pohjukassa on kuuden maailman suurimman Typhoon-luokan ydinsukellusveneen tukikohta. Kohta tosin näistäkin aluksista, yhteensä runsaat 1 200 ydinasetta mukanaan kantavista neuvostovallan voiman symboleista, on tulossa ydinjätettä. Arvioidaan, että huollon puutteessa jonkin ajan kuluttua ehkä yksi on enää purjehduskelpoinen.

Zapadnaja Litsan keskipaikkeilla sijaitsee Andrejevan lahti, jossa on laivaston epäonninen ydinjätekeskus. Sinne oli suunniteltu monipuoliset ydinjätteiden käsittely- ja varastointilaitokset. Laitokset eivät koskaan toimineet kunnolla. 1980-luvun alkupuolella alueella olevassa käytetyn polttoaineen vesiallastyyppisessä välivarastossa tapahtui altaiden tiiveyden asteittaisen menettämiseen johtanut onnettomuus.

Altaat oli tyhjennettävä ja niin polttoaineelle alettiin rakentaa väliaikaisia varastoja pihalla sijaitseviin maanalaisiin tankkeihin. Tankit oli alunperin

Murmanskissa on ydinjätteitä Venäjän pohjoisella laivastolla, jäänmurtaajien huoltoyhtiö RTP Atomflotilla ja Kuolan ydinvoimalaitoksella. Pieniä määriä terveydenhuollosta ja teollisuudesta peräisin olevia keski- ja matala-aktiivisia jätteitä on kerätty varastoitavaksi alueelliselle Radon-kombinaatille. Yksi vastaava kombinaatti sijaitsee Sosnovy Borin kupeessa.

Laivaston megavoima meni, jätteet jäivät

Venäjän pohjoisen laivaston vanhan vision voisi kiteyttää valtavaksi voimaksi pienine ydinjätekesymyksineen. Vaan päinvastoin on käymässä: voima on mennyt ja suuret ydinjätekesymykset jääneet. Laivastolla on noin 40 000 käytettyä polttoainenippua, joista vajaa puolet on varastoitu jotakuinkin turvallisesti. Yhdessä nipussa on noin 2 kiloa uraania, joten suurista massamääristä ei sinänsä ole kysymys.

tarkoitettu nestemäiselle ydinjätteille. Tankkeihin sijoitettiin sylinterimäisiä koteloita, joihin kuhunkin mahtui 7 polttoainenippua. Sylinterien välit täytettiin betonilla.

Pahaksi onneksi kaikki polttoaine ei mahtunut näin tehtyihin tilapäisvarastopaikkoihin. Loput jätettiin taivasalle siirtosäiliöihin. Siellä ne ovat ruostumassa vielä tänäänkin, niin kuin ovat loputkin niput tilapäisvarastopaikoissaan maanalaisissa tankeissa.

Toisen hankalan ryhmän käytettyä polttoainetta muodostavat niiden reaktoreiden sydämet, joista polttoainetta ei saada ”suosiolla” poistetuksi. Eriasteiset käyttöhäiriöt ja -onnettomuudet ovat muuttaneet polttoaineen dimensioita.

Muilta osin käytetyn polttoaineen ongelma ei ole niinkään turvallisuustekninen vaan hallinnollis-poliittinen. Järjestelyt polttoaineen keräämiseksi vuonoista Murmanskiin ja sieltä edelleen junalla vietäväksi Majakiin eivät vielä toimi kunnolla. Syyt ovat heikossa taloudessa, hallinnossa, epäselvissä vastuukysymyksissä, yleensä olematto-

massa logistiikassa yms. Positiivista kuitenkin on, että kuljetukset eivät minään vuonna ole kokonaan loppuneet. Parhaimmasta — runsaat 10 kuljetusta vuodessa — vauhdista on tultu tasolle 1–2 kuljetusta vuodessa.

Jäänmurtaajien jätehuollossa ei akuutteja ongelmia

Murmanskin kaupungin edustalla sijaitsee ydinkäyttöisten jäänmurtaajien ja konttialuksen tukikohta- ja telakka-alue. Alueen merkitys on sikäläkin oleellinen, että sinne tuovat laivaston huoltoalukset sukellusveneiden polttoaineen, joka telakan yhdellä valtavalla Koneen nosturilla siirretään siviilihuoltoalusten kautta pihalla odottavaan erikoisjunaan matkatakseen kohti Majakia. Marraskuussa viime vuonna pääsimme seuraamaan tätä operaatiota.

Venäjän talouden romahdettua ydinkäyttöisiä jäänmurtaajia ja muita aluksia hoitava valtiollinen Murmansk Shipping Company (MSC) jaettiin kahtia. Kaikki mikä kellui, yksityistettiin. Pääosa osakkeita annettiin työntekeijöille maksa-

mattomien palkkojen vastineina. Tämän osan yhtiötä uskottiin olevan taloudellisesti kannattavan, onhan Murmanskin kautta tapahtuva rahtiliikenne Atlantille edelleen valtavaa. Yhtiö jatkoi entisellä nimellään MSC. Kaikki huolto- ja muut rannalla olevat telakkaosat muodostivat toisen, mutta kokonaan valtion omistaman RTP Atomflot -yhtiön.

Telakka-alueella on ydinjätteitä. Näistä mainittakoon murtaajien polttoaine, jota on varastoitu laiturissa oleviin huoltoaluksiin Imandraan ja Lottaan, kohulava Lepse, johon on sijoitettu Leninillä vaurioitunut polttoaine niin ”pysyvällä tavalla”, ettei sitä saada tavanomaisin keinoin poistettua tästä vuonna 1936 rakennetusta laivasta, sekä ydinjäänmurtaajat Sibir (odottaa uusia höyrystimä) ja Lenin (poistettu käytöstä museolaivaksi).

Ensimmäisen Sibirillä pidetyn kolmipäiväisen seminaarimme yhteydessä venäläiset tarjosivat meille koko päivän mahdollisuuden tutustua mm. yllämainittuihin jätteisiin. Totesimme, että niiden tila ja aktiivisuustasot paikanpäällä olivat paljon paremmassa kunnossa kuin kansainvälinen lehdistö tai ympäristöliikkeet ovat uskotelleet.

IVO Power Engineering on ulkoministeriön kustantamana projektina puhdistanut noin 300 m³ telakan nestemäisiä jätteitä konttiin pakatulla Nures-laitteistolla. Tämä tarkoittaa sitä, että lähes kaikki alueen siviiliperäinen nestejäte on käsitelty Nuresilla. Todettakoon, että tämä on ainoa länsimainen hanke, jossa on konkreettisesti tehty mitään jätteiden tilan parantamiseksi.

Kuolan voimalaitoksella ei ole akuuttia ydinjäteongelmaa, mutta nestemäisille jätteille tarkoitetut varastotankit alkavat olla täynnä. Yhteistyö saksalaisten kanssa ei ole johtanut toivottuihin tuloksiin ja niinpä laitos etsii uusia yhteistyökumppaneita.

Tapaus Nikitin

Pohjoisen ydinjätteistä ei voi puhua mainitsematta tapaus Nikitiniä. Aleksander Nikitin oli pohjoisen laivaston ydinsukellusveneupseeri, joka aktiivi-

Lähialueidemme säteilyriskit tärkeysjärjestyksessä:

1. Sotilaallinen ydinräjähdys (1 Mt): pahemmat seuraukset kuin millään muulla kuviteltavissa olevalla säteilyonnettomuudella, aiheuttaisi suojamattomalle suomalaiselle 24 tunnissa kuolemaan johtavan säteilyannoksen.
2. Vakava reaktorionnettomuus: ei akuutteja terveysvaikutuksia, eikä pitkälläkään aikavälillä uhkaisi suurten kansanjoukkojen terveyttä. Aiheuttaisi suuria, luokkaa 10 000 km², maankäytönrajoituksia pitkiksikin ajoiksi.
3. Salakuljetukset: suuri taloudellinen riski suomalaiselle teollisuudelle, jos radioaktiivista ainetta joutuu raaka-aineena metalliteollisuuden prosesseihin kontaminoiden prosessit ja erityisesti lopputuotteet. Suorat säteilyhaitat kohdistuvat vain itse salakuljettajaan sekä lähellä oleviin matkatovereihin.
4. Vakava ydinsukellusveneen tai muun pienreaktorin onnettomuus: havaittaisiin Suomessa, mutta ei aiheuttaisi suojaus- tai rajoitustoimenpiteitä. Ei pidetä realistisena, että ydinkäyttöiset sukellusveneet operoisivat Itämerellä.
5. Ydinjätekeskittymät: korkeiden lämpötilojen ja paineiden puuttuessa tapausta tuskin voitaisiin edes mitata Suomessa. Paikallisesti ympäristö voi saastua pahasti, varsinkin nestemäisistä ydinjätteistä aiheutuvaa paikallista saastumista voi olla lähes mahdotonta korjata.

SUOMI ISÄNNÖI KANSAINVÄLISTÄ PELASTUSPALVELUHARJOITUSTA

Loviisa oli 17.4. pidetyn laajan kansainvälisen pelastuspalveluharjoituksen polttopisteessä. Käytäntö on osoittanut, että vaikka toimenpiteet väestön suojelemiseksi ovat tarpeellisia suhteellisen pienellä alueella, niin ydinvoimalaitosonnettomuudella on kauaskantoiset vaikutukset huomattavasti laajemmalla alueella. Niin viranomaiset kuin tavalliset kansalaisetkin haluavat nopeasti oikeata tietoa onnettomuudesta.

Ydinvoimaan tukeutuvat valtiot ovat lupautuneet ilmoittamaan Kansainväliselle atomienergiajärjestölle (IAEA) välittömästi tapahtuneesta tai uhkaavasta radioaktiivisesta onnettomuuspäästöstä. Tämän lisäksi mm. Suomi on solminut useita kahdenvälisiä suoria ilmoitussopimuksia. Kansainvälisen tiedonvaihdon varmistamiseksi myös käytännössä on päätetty järjestää sarja kansainvälisiä ydinvoimalaitosonnettomuusharjoituksia: Sveitsissä 1996, Suomessa 1997 ja ensi vuonna sekä Kanadassa että Unkarissa. Nämä harjoitukset käyttävät tunnusta INEX-2 (INternational EXercise).

Loviisaa koskevaan harjoitukseen osallistui yhteensä 28 maata, joista muutama jopa Euroopan ulkopuolelta. Viimeisenä mukaan tuli Japani, jossa ilmoitusten viipyminen sinänsä suhteellisen vaaratonta ydinlaitostapahtumissa on johtanut julkiseen kuohuntaan.

Koska tuulen mukana kulkeutuva päästö voisi ehtiä harjoituspäivänä korkeintaan muutaman sadan kilometrin päähän, niin suurin osa osallistujamaista saattoi olla jo etukäteen varma siitä, ettei mitään "mitattavaa" omaan maahan tule. Niinpä sitäkin enemmän keskityttiin kansainväliseen tiedottamiseen ja yhteistyöhön. Koska harjoitus sisältyi myös Nordisk Kärnsäkerhetsforskning (NKS) -projektiin, pohjoismaainen osallistuminen oli erityisen aktiivista.

Voimalaitoksen onnettomuuskuvaus

Harjoituspäivään tuli sisältyä uhka-, päästö- ja laskeumavaiheet. Nämä kehykset asettivat korkeat vaatimukset harjoituksen onnettomuusskenaariolle. Uhkavaiheen harjoittelu taas edellyttää yksityiskohtaista kuvausta voimalaitoksen ja erityisesti sen turvajärjestelmien toiminnasta sekä näiden tilannetietojen välittämistä Säteilyturvakeskukselle. Tämä onnistui simuloimalla voimalaitoksen prosessia Loviisan koulutussimulaattorilla, joka — kuten automaattinen tiedonsiirto Säteilyturvakeskukseen ja IVO Power Engineeringille — toimi koko harjoituksen ajan (klo 8–19).

Simulaattorin käyttö valmiusharjoituksissa lisää mahdollisuuksia antaa laitostilanteen edetä valmiusorganisaation toimenpiteiden mukaisesti. Kuitenkin onnettomuustilanteen aikaansaamiseksi harjoituksessa vikojen korjaaminen on usein tavalla tai toisella estettävä tai niitä on viivytettävä harjoituksen suunnittelijoiden tai harjoitusjohdon toimesta. Loviisan koulutussimulaattoria ei kuitenkaan ole suunniteltu kuvaamaan vakavia reaktorionnettomuuksia eikä radioaktiivisten aineiden käyttäytymistä, joten tätä harjoitusta ja myös myöhempiä käyttöä varten oli tarpeellista kehittää muita työkaluja.

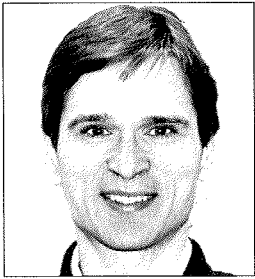
Voimalaitoksen säteilytilanteen kuvaamiseksi IVOssa laadittiin Excelillä erillinen sovellustyökalu, joka sisälsi yksinkertaisen mallin radioaktiivisten aineiden kulkeutumisesta reaktorista primääripiiriin, suojarakennukseen, piippuun ja ympäristöön sekä seurannan kannalta tärkeät aktiivisuuspitoisuudet ja säteilymittareiden näyttämät.

Todellinen sää tuli jäädäkseen

Nyt toimittiin ensimmäistä kertaa laajassa pelastuspalveluharjoituksessa todellisen sään mukaan. Harjoituksen tilannekuvaus oli uuden haasteen edessä. Koska todellista säätä ei tiedetä etukäteen, "oikeat" säteilymittaustulokset täytyi laskea lähes reaaliajassa alueella, joka ulottuu voimalaitoksen hienohilaisesta lähiympäristöstä 3-dimensioisena kaukokulkeutumana naapurimaihin asti.

Laskentatehtävä annettiin VTT Energi-alle, joka käytti Ilmatieteen laitoksen ennakolta laskemia leviämisenusteita harjoituksen ajalle sekä etukäteen sovitua Loviisan voimalaitoksen päästöjä.

Laskennassa käytettiin uutta SILJA-ohjelmistoa, jonka lisäksi varauduttiin laskentaan TRADOS-ohjelmalla. SILJA (suomalainen ilmaleviämisen- ja annoslaskentaohjelmisto) on Ilmatieteen laitoksen ja VTT:n yhteistyössä kehittämä



järjestelmä, jolla pyritään mahdollisimman todenmukaiseen ilmassa tapahtuvan leviämisen ja radioaktiivisista aineista aiheutuvien säteilyannosten laskentaan.

SILJAn suunnittelu aloitettiin jo vuonna 1993, mutta vasta INEX2-FIN -harjoituksesta tuli sen ensimmäinen todellinen 'tulikoe'. Ohjelma sisältää noin 50 000 riviä Fortran-90 -koodia ja toimii Cray C94 -tietokoneella. Se käyttää HIRLAM-säämallin tuottamia numeerisia lähtötietoja, mutta periaatteessa muunkaan tyyppisen säädäntä käytölle ei ole esteitä. Leviämistä laskeva moduli oli Monte Carlo -tyyppinen partikkelimalli PASI. Laskettavia altistusreittejä olivat ulkoiset annokset pilvestä ja laskeumasta sekä sisäiset annokset hengitysilman ja elintarvikkeiden kautta.

Ulkoinen annosnopeus, radioaktiivinen laskeuma ja aktiivisuuspitoisuudet nuklideittain varauduttiin laskemaan 15 minuutin välein sadoissa mittauspisteissä. Näitä pisteitä ovat valtakunnallisen SVO+ -järjestelmän, auto- ja venepartioiden 20 kilometrin säteellä voimalaitokselta sijaitsevat sekä muut Säteilyturvakeskusten ja Ilmatieteen laitoksen mittauspisteet. VTT Energian laskentatulokset välitettiin TT-Tiedolle, joka siirsi ne edelleen SVO+ -järjestelmän

käyttöön. Alunperin valmistauduttiin jopa noin 10 000 SVO+ -järjestelmän mukaisen katselutiedoston laskemiseen. Kuitenkin merelle käyvä tuuli supisti merkittävästi laskentatulosten määrää. Ilmavirrat kulkivat kohti Viron rannikkoa ja myös Venäjä, Latvia, Liettua, Valko-Venäjä ja Ukraina olisivat saattaneet havaita onnettomuudesta peräisin olevia radioaktiivisia aineita.

Todellisen säätilan mukainen toiminta koettiin onnistuneeksi ja se toi esiin uusia toimintamalleja pelastustoiminnasta vastaaville viranomaisille.

Osallistujia vapaapalokuntalaisista ministereihin asti

Suomessa harjoitus yhdistettiin kummallakin ydinvoimalaitospaikkakunnalla joka kolmas vuosi pidettävään pelastuspalveluharjoitukseen. Harjoitukseen osallistui paikallisella tasolla Loviisan yhteistoiminta-alueen johtoryhmä sekä Pernajan, Ruotsinpyhtään ja Pyhtään kunnat. Lääneistä Uusimaa ja Kymi käynnistivät toiminnan johtokeskuksissaan. Ministeriöistä mukana olivat sisäasiain-, ulko-, puolustus-, liikenne-, sosiaali- ja terveys- sekä maa- ja metsätalousministeriö.

Säteilyturvakeskuksesta ja Ilmatieteen laitoksella oli keskeinen rooli tilannekuvan muodostamisessa ja ennusteiden esittämisessä. Säteilyturvakeskus laati muuttuvassa tilanteessa myös arviot tilanteen vakavuudesta ja sen merkityksestä väestön suojautumisen kannalta.

Tasavallan hallituksen istunnossa — siis todellisessa eikä simuloitussa — harjoitustilanteen esitteli Säteilyturvakeskusten harjoitustilanteen esitteli Säteilyturvakeskusten uusi pääjohtaja Jukka Laaksonen yhdessä Sisäasiainministeriön sisäasiainministeriön pelastusylijohtaja Pentti Partasen kanssa. Vaikka viranomaiset osallistuivat hyvinkin korkealla tasolla harjoitukseen, palo- ja pelastuslain mukainen pelastuspalvelun johtamisvastuu pysyi koko ajan Loviisan yhteistoiminta-alueen palopäälliköllä.

Yhteensä harjoituksen arvioitiin osallistuneen noin 500 henkilöä Suomessa ja saman verran ulkomailla. Kotimaisen harjoituksen suunnitteli johtoryhmä, jossa oli edustajia sisäasiainministeriöstä (pj. ylitarkastaja Tarmo Kopare), Pelastusopistosta, Säteilyturvakeskuksesta, valtioneuvoston kansliasta, Imatran Voima Oy:stä, Rauman pelastuslaitokselta, sekä Turun ja Porin lääninhallituksesta. Yhteenvetoreportit laaditaan sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla.

Jatkuvaa kansainvälistä yhteydenpitoa

Sopimusten mukaisesti Säteilyturvakeskus teki ilmoituksen ja välitti tietoa onnettomuudesta Kansainväliselle atomienergiajärjestölle Wieniin ja EU:lle Luxemburgiin sekä kahdenvälisille sopimusmaille, joista harjoitukseen osallistuivat Viro, Norja, Ruotsi, Saksa, Tanska ja Venäjä. Venäjälle tietoa välitettiin sekä Moskovaan että lähialuekeskukseen Pietarissa. Harjoituksessa myös Maailman terveysjärjestö (WHO) sai tietoja suoraan Säteilyturvakeskuksesta. Lisäksi Ilmatieteen laitos välitti omia kanaviansa pitkin meteorologista tietoa onnettomuusalueelta ja leviämisarvioita Maailman ilmatieteen järjestön (WMO) ja kahdenvälisen sopimusmaille harjoituksen aikana kulkeutumissennusteita.

Reaaliaikasaan käytöllä monta etua

- meteorologisista ennusteista vastaava Ilmatieteen laitos pääsee harjoittelemaan mielekkäällä tavalla. Vastaavasti myös muissa maissa.
- käytetään oikeita mittauksia, joita on nykyään valtavat määrät, sekä näiden historiaa
- käytetään oikeata kulkeutumislaskentaa
- todellisen sään muutosten ennustaminen on "meteorologisempaa" kuin keksityn sään muutosten ennakointi

IAEA ja EU välittivät tilannetietoja omien yhteysjärjestelmiensä kautta jäsenvaltioihin. Myös WHO oli yhteydessä pilven todennäköisen kulkeutumisalueen maihin. Tilannekuvan jatkuva muuttuminen vaati tiivistä yhteydenpitoa, joten kirjoitettujen viestien lisäksi Säteilyturvakeskuksen yhteyshenkilöt selvittivät tilannetta myös puhelimitse. Harjoituksen aikana vastattiin kymmeneen kansainvälisistä järjestöistä ja eri maista suoraan tulleisiin kysymyksiin. Erityisesti Säteilyturvakeskus piti yhteyttä Viroon, jonne harjoituspäivän säätilanteen mukaisesti kuviteltu päästö-pilvi oli matkalla. Myös sisäasiainministeriö oli yhteydessä Viron pelastusviranomaisiin.

Tiedottamisessa testattiin internetiä

Harjoitussuunnitelman mukaan lehdistöä kuvasi tiedotusopin yliopisto-opiskelijoiden "INEX-toimitus", jonka tehtävä oli luoda todellisuuden tuntua harjoitukseen. Uutisvälineitä (radio, TV, lehdistö, lehdistötiedotteet) simuloitiin nyt ensi kertaa internetillä, jonne välitettiin myös viranomaistiedotteita. Aikaisemmin yleisradiota on simuloitu lääninradiolla tai telefaxeilla. Lääninradiot on nyt

purettu, ja telefaxien laajat ryhmälähettykset kestävät pitkään ja saattavat tulkia jo muutenkin ylikuormittuneita vastaanottavia faxeja.

Ymmärrettävistä syistä oikeaa radiota tai televisiota ei voi käyttää harjoituksessa ja oikea lehdistö ei ehdi mukaan yksipäiväiseen harjoitukseen; osittain näistä syistä uutisvälineitä simuloitiin internetillä. INEX-kotisivuille välitettiin myös viranomaistiedotteita, mm. SVO+-järjestelmän mukaisia säteilytilannekartoja. Vaikka internet-sivut oli suojattu salasanaalla, ne olivat harjoituspäivän aikana niin ahkerassa käytössä, että moni käyttäjä totesi näyttönsä päivittymisen kestävän pitkään.

Osana harjoituksen pohjoismaista osuutta Suomeen oli lähetetty kustakin neljästä muusta Pohjoismaasta toimittaja. He toimivat Helsingin kirjeenvaihtajina omiin maihinsa Säteilyturvakeskus tukikohtanaan ja osallistuivat kansainväliseen uutisointiin kirjoittamalla myös englanninkielisiä juttuja. Kotimaihin lähetettyjen uutisten lisäksi uutiset toimitettiin Säteilyturvakeskuksesta harjoituksen internet-sivuille.

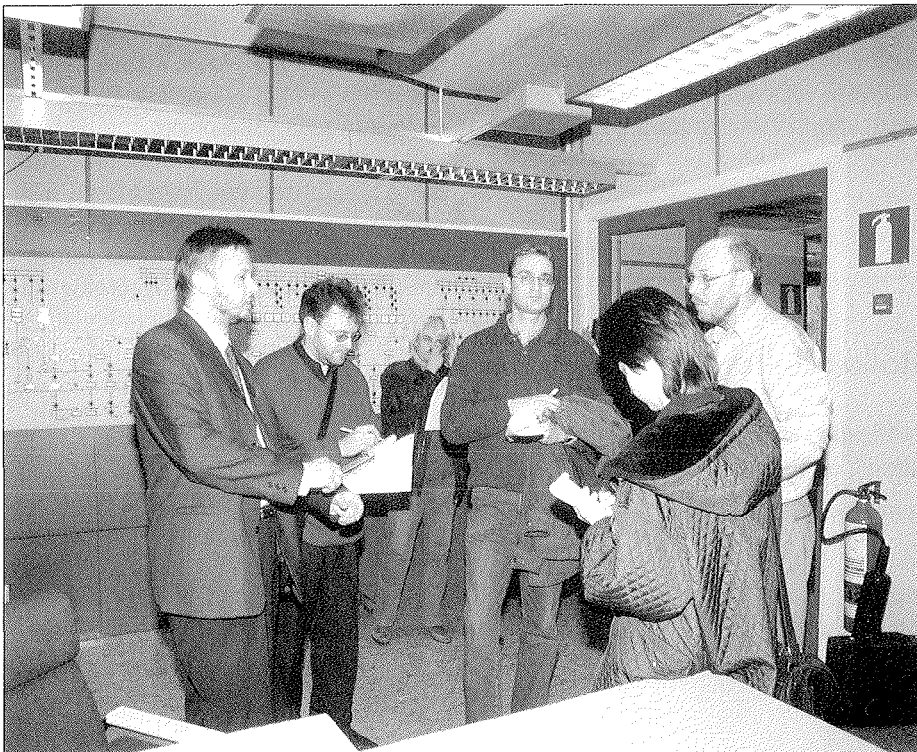
Harjoituksessa käytettiin alusta alkaen tiedottamisessa hyväksi kansainvälistä ydinlaitostapahtumien asteikkoa (INES, International Nuclear Event Scale) kuvaamaan onnettomuuden vakavuutta. Alustava luokka tilanteen alkuvaiheessa seitsenportaisella asteikolla oli kolme. Myöhemmin tilanteen muututtua vakavammaksi luokka nostettiin viiteen.

Harjoituksen julkisuus pääosin myönteistä

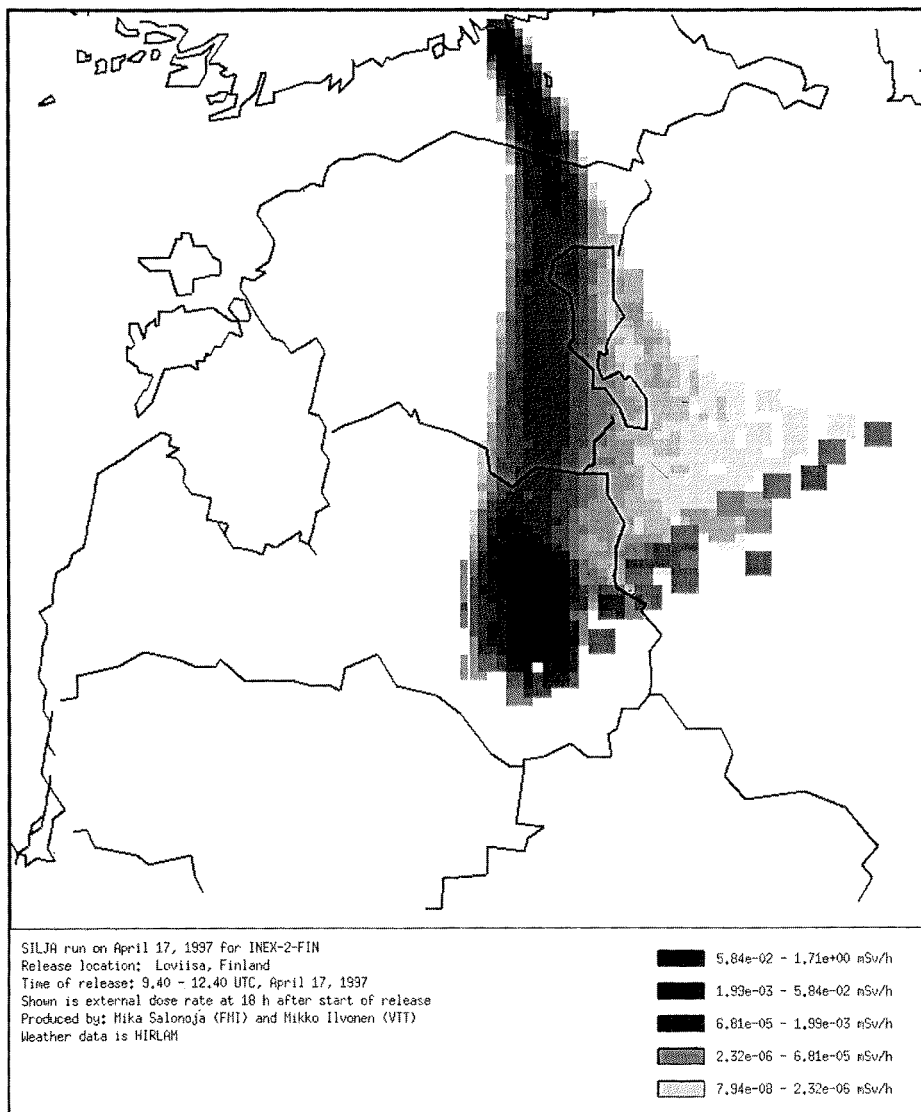
Harjoituksesta laadittiin useita lehdistötiedotteita ja järjestettiin useita lehdistötilaisuuksia sekä ennen harjoitusta että harjoituksen aikana. Tiedotusvälineet vierailivat kameroineen useissa johtamispaikeissa. Niinpä harjoitus oli näkyvästi esillä paikallisissa, alueellisissa ja valtakunnallisissa uutisvälineissä. Jopa Ranskasta asti oli tullut TV:n ajankohdaislähettyksen uutisryhmä, joka kävi kuvaamassa Loviisan voimalaitoksella ja Säteilyturvakeskuksessa.

Tiedottaminen harjoituksessa ja tiedottaminen harjoituksesta onnistuttiin pitämään erillään. INEX-toimitus keskittyi uutisointiin kuvitellusta onnettomuudesta ja simuloituista pelastuspalvelutoiminnoista kun taas "todelliset" uutisvälineet kertoivat, että Suomessa on meneillään kaikkien aikojen laajin ydinvoimalaitosonnettomuusharjoitus ja mitä tällaiseen harjoitukseen sisältyy sekä ensimmäiset kommentit toiminnan onnistumisesta.

Kokonaiskuvan muodostaminen laajasta harjoituksesta on vaativaa ja siten harjoituksen uutisointi koostuu usein yksittäisistä poimintoista. Tapana on kysyä, mitä parannuskohteita löytyi ja jos epäkohtia on tullut esiin, niin ne myös uutisoidaan näkyvästi. Usein harjoituksissa toimittajat, joista vain aniharvalla on teknillistä koulutusta, kysyvät mikä on kuviteltu onnettomuustilanne. Pitkäs-



Tiedotustilaisuus harjoituksesta pidettiin Loviisassa klo 15.00, jolloin "onnettomuuspaikan", Loviisan koulutussimulaattorin muu elämä oli jo hiljentynyt.



INEX-2-FIN-harjoituksen päästön aikana laskettu ennuste ulkoiselle annosnopeudelle seuraavalle päivälle. Päästöpilvi on edennyt Latvian korkeudelle, jossa ulkoista annosnopeutta aiheuttaa sekä laskeumasta että pilvestä. Alueella, jonka pilvi on jo ohittanut, annosta aiheuttaa vain laskeuma.

mistö piti Loviisan voimalaitoksen käyttöä turvallisena (80/85/99 %). Enemmistö arvioi viranomaisten valmiuden suojella väestöä mahdollisissa ydinsäteilyonnettomuuksissa joko hyvinä tai melko hyvinä (59/61/71 %).

Näin suuren harjoituksen, vaikkakin vain yksipäiväisen, järjestäminen vaati suuren valmistelutyön, mutta kun se oli tehty, harjoitusmotivaatio oli korkea niin osallistujien kuin suuren yleisön taholla.

tä vikatapahtumalistasta saattaa suuri osa tippua pois, jolloin lehden kuvaus ydinvoimalaitoksen haavoittuvuudesta voi olla vaikkapa tällainen:

“Harjoitus alkoi torstaiaamuna, kun Loviisan ydinvoimala simuloitiin putoamaan pois valtakunnan sähköverkosta. Koska voimalan turvajärjestelmät tarvitsivat toimiakseen sähköä, uhkana oli, että voimalan reaktorin jäähdytyspiiri menettää niin paljon vettä, että reaktori paljastuu“ [Kymen Sanomat 18.4.1997].

Nytkin eräät lehtiotsikot “Kymen Sanomat: Kuviteltu ydinturma olisi tuhonnut Loviisan ydinvoimalan“ tai “Hbl: Svenska informationen katastrof“ varmaan herättävät huolestumista. Toisaalta uutisissa tuotiin esiin, että tämä onnettomuus olisi ollut lajissaan kaikkien aikojen toiseksi pahin (Tshernobylin jälkeen), mutta kuitenkin Loviisan

voimalaitoksella lähes mahdoton. Loviisan voimalaitoksen tason 2 PSA on juuri lähetetty Säteilyturvakeskukselle, ja sen perusteella voidaan esittää arvioita esimerkiksi tämän tasoisten päästöjen todennäköisyydestä. Vaikka nämä todennäköisyydet ovat PSA-tutkimusten sivutuotteita, näiden esittäminen yleisölle ymmärrettävällä tavalla on omiaan hälventämään pelkoa ydinvoimalaitosonnettomuuksia kohtaan.

“Kyllä kansa tietää“

Tämän harjoituksen julkisuus kääntyi kuitenkin voitoksi. Harjoituksen jälkeen tehtiin Gallup-kysely Helsingissä, Kotkassa ja Loviisassa, 200 henkilölle kussakin kaupungissa. Valtaenemmistö tiesi harjoituksesta (87/91/97 %) ja lähes kaikki pitivät tällaisia harjoituksia tarpeellisena (96/98/99 %). Suuri enem-

TkL **Klaus Sjöblom** on Loviisan voimalaitoksen turvallisuusinsinööri, p. (019) 550 4310; E-mail: klaus.sjöblom@ivo.fi

DI **Leif Blomqvist** on Pelastusopiston yliopettaja, p. (017) 307 316; E-mail: leif.blomqvist@peo.intermin.fi

FT **Riitta Hanninen** on Säteilyturvakeskuksen ylitarkastaja, p. (09) 7598 8312; E-mail: riitta.hanninen@stuk.fi

DI **Mikko Ilvonen** on VTT Energian tutkija, p. (09) 4561; E-mail: mikko.ilvonen@vtt.fi

DI **Jukka Rossi** on VTT Energian erikoistutkija, p. (09) 4561; E-mail: jukka.rossi@vtt.fi

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA –

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Kannatusjäsenet

ABB Power Oy

Fintact Oy

IVO-yhtiöt

Kemira Oy, Energia

Mercantile-KSB Oy Ab

NAF Oy

Neste Oy

Perusvoima Oy

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PRG-Tech Oy

Rados Technology Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Oy

Soffco Oy Ab

Suomen Atomivakuutuspooli

Suomen Malmi Oy

Teollisuuden Voima Oy

VTT Energia