

# Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto



Yhteenveto vuoden 2000  
toiminnasta



*Etukannessa virtauseromittauksia Posivan  
virtausmittarilla Olkiluodossa.*

# TIIVISTELMÄ

Tämä raportti on ydinenergia-lain ja -asetuksen tarkoittama selvitys Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätehuollosta. Se sisältää selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2000, katsauksen ydinjätealan viestinnästä ja selvityksen varautumisesta ydinjätehuollon tuleviin kustannuksiin.

Käytetyn polttoaineen loppusijoitustutkimuksissa on edetty kauppa- ja teollisuusministeriön vahvistaman aikataulun mukaisesti. Vuonna 2000 päättyneen tutkimusjakson päätavoitteena oli loppusijoitukseen soveltuvan paikan valinta ja valinnan vahvistaminen valtioneuvoston periaatepäätöksellä. Sijoituspaikkavaihtoehtoina tutkittiin Eurajoen Olkiluotoa, Kuhmon Romuvaaraa ja Äänekosken Kivettyä sekä Loviisan Hästholmenia.

Loppusijoituslaitosta koskeva periaatepäätöshakemus jätettiin valtioneuvostolle 26.5.1999. Hakemuksessa ehdotettiin loppusijoituspaikaksi Eurajoen Olkiluotoa. Valinnan perusteena oli alueen geologisen soveltuvuus, paikallisten asuk-

kaiden hyväksyntä sekä tekninen taroituksenmukaisuus: tällä hetkellä suurin osa Suomen käytetystä ydinpolttoaineesta on Olkiluodossa. Valtioneuvosto teki myönteisen päätöksen 21.12.2000. Päätös on vielä eduskunnan vahvistettava.

Paikanarviointiprojekti, PARVI, on saattanut päätökseen tutkimustietojen keräämisen ja analysoinnin neljän tutkimuspaikan osalta. Kenttätutkimuksia jatkettiin Olkiluodon tutkimuspaikalla varmentavien paikatutkimusten esityönä. Paikanvalinnasta laadittiin yhteenvetoraportti, jossa käydään läpi yli 20 vuotta kestänyt prosessi.

Loppusijoituslaitoksen ajan tasalle saatetut esisuunnitelmat valmistuivat kertomusvuonna. Suunnitelmissa on otettu huomioon uudet kapseliratkaisut sekä kenttä- ja laboratorikokeilla saatu uusien materiaalitietämys. Toinen täysimittainen loppusijoituskapselin kuparivaipan lieriöosa valmistettiin Mannesmannin ”pisto ja veto” -putkenvalmistusmenetelmällä Saksassa.

Turvallisuustutkimusten merkittävin tutkimuskohde oli kalliopohja-

veden suolaisuus, sen tuleva kehitys ja vaikutukset loppusijoitustilan tekniin päästöesteesiin, erityisesti tunnelitäytteeseen.

Posiva laati tutkimus-, kehitys- ja suunnitteluohjelman vuosille 2001 – 2010. Tutkimustavoitteiden määrittelyn arvioimiseksi ja tarkentamiseksi järjestettiin syksyllä seminaari, johon osallistui kattava joukko alan kotimaisia ja kansainvälisiä asiantuntijoita.

Voimalaitosjätteiden osalta jatkettiin jo vakiintuneita tutkimuksia ja käytännön toimenpiteitä.

Voimalaitosjätteitä oli Olkiluodon voimalaitoksella kertynyt vuoden 2000 loppuun mennessä 3942 m<sup>3</sup> ja Loviisassa 2433 m<sup>3</sup>. Olkiluodon jätteistä 3547 m<sup>3</sup> on loppusijoitettu VLJ-luolaan. Loviisan jätteistä 728 m<sup>3</sup> on sijoitettu Hästholmenin VLJ-luolaan.

Olkiluodon ja Loviisan voimaloiden ydinjätehuollon tutkimusohjelman kokonaiskustannukset olivat 7,0 miljoonaa euroa. Tutkimusohjelma toteutui pääosin suunnitelmien mukaisesti.



## SISÄLTÖ

	sivu
<b>TIIVISTELMÄ</b>	<b>1</b>
<b>JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>KÄYTETYN POLTTOAINEEN HUOLTO</b>	<b>6</b>
• <i>TOIMINTAPERIAATE JA AIKATAULU</i>	<i>6</i>
• <i>NYKYTILANNE VARASTOINNISSA</i>	<i>6</i>
• <i>SIJOITUSPAIKKATUTKIMUKSET</i>	<i>6</i>
• <i>PITKÄAIKAISTURVALLISUUDEN ARVIOINTI</i>	<i>9</i>
• <i>LOPPUSIJOITUSTEKNIikka</i>	<i>11</i>
• <i>ÄSPÖN KALLIOLABORATORIO</i>	<i>14</i>
<b>VOIMALAITOSJÄTTEIDEN HUOLTO</b>	<b>16</b>
• <i>OLKILUODON VOIMALAITOS</i>	<i>16</i>
• <i>LOVIISAN VOIMALAITOS</i>	<i>18</i>
• <i>YHTEISET SELVITYKSET</i>	<i>21</i>
<b>KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET</b>	<b>22</b>
• <i>OLKILUODON VOIMALAITOS</i>	<i>22</i>
• <i>LOVIISAN VOIMALAITOS</i>	<i>22</i>
• <i>YHTEISET SELVITYKSET</i>	<i>23</i>
<b>RAPORTOINTI, YHTEYDENPITO</b>	<b>24</b>
<b>VIESTINTÄ</b>	<b>26</b>
<b>KUSTANNUKSET</b>	<b>27</b>
<b>RAPORTTILUETTELO 2000</b>	<b>29</b>



# JOHDANTO

Suomessa on kaksi ydinenergiaa sähköntuotantoon käyttävää yhtiötä, Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja Fortum Power and Heat Oy (jäljempänä Fortum). TVO:n ja Fortumin on ydinenergiain mukaisesti huolehdittava kaikista tuottamiensa ydinjätteiden huoltoon kuuluvista toimenpiteistä ja niiden asianmukaisesta valmistelamisesta sekä vastattava niiden kustannuksista.

Ydinenergiain mukaan kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) päättää niistä periaatteista, joita ydinjätehuollossa on noudatettava. Nämä periaatteet KTM on esittänyt pää-

töksissään 19.3.1991 ja 26.9.1995, ja nämä päätökset ovat lähtökohtana sekä ydinjätehuollon käytännön toteutuksessa että tulevia toimenpiteitä koskevassa tutkimus- ja kehitystyössä.

Kumpikin yhtiö vastaa erikseen kaikista vähä- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden käsittelyyn ja loppusijoitukseen sekä voimaloiden käytöstäpoistoon liittyvistä toimenpiteistä. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen tähtäävästä tutkimus- ja kehitystyöstä samoin kuin myöhemmin itse loppusijoituslaitoksen rakentamisesta ja käytöstä hu-

lehtii yhtiöiden yhdessä omistama Posiva Oy.

Posiva huolehtii myös vuosittain tehtävien Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätehuollon toimintasuunnitelmien ja -kertomusten laatimisesta. Käsillä on vuoden 2000 toimintakertomus, joka sisältää ydinenergiain ja -asetuksen mukaisen selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2000, katsauksen ydinjätealan viestinnästä ja selvityksen varautumisesta ydinjätehuollon tuleviin kustannuksiin.

---

*Teollisuuden Voima Oy:llä on Eurajoen Olkiluodossa kaksi kiehutusvesireaktoria, joiden kummankin nimellisteho on 840 MWe (netto). Olkiluoto 1 (OL1) kytkettiin valtakunnan verkkoon ensimmäisen kerran syyskuussa 1978 ja Olkiluoto 2 (OL2) helmikuussa 1980. Vuonna 2000 OL1:n käyttökerroin oli 95,7 % ja OL2:n 95,5 %. Laitosyksiköiden OL1 ja OL2 sekä vähäaktiivisen jätteen välivaraston (MAJ-varasto), keskiaktiivisen jätteen välivaraston (KAJ-varasto) ja käytetyn polttoaineen välivaraston (KPA-varasto) käyttöluvut ovat voimassa vuoden 2018 loppuun. Olkiluodon voimalaitosjätteiden loppusijoitustilan (VLJ-luola) käyttö lupa on voimassa vuoden 2051 loppuun asti.*

*Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitoksella on kaksi painevesireaktoria, kumpikin nimellisteholtaan 488 MWe (netto). Loviisa 1:n (Lo1) kaupallinen käyttö alkoi toukokuussa 1977 ja Loviisa 2:n (Lo2) tammikuussa 1981. Vuonna 2000 Lo1:n käyttökerroin oli 84,8% ja Lo2:n 91,0 %. Laitosyksiköiden Lo1 ja Lo2 sekä niiden ydinpolttoaine- ja ydinjätehuoltoon liittyvien laitosten käyttöluvut ovat voimassa vuoden 2007 loppuun asti. Voimalaitosjätteiden loppusijoitustilan (VLJ-luola) osalta käyttö lupa on voimassa vuoden 2055 loppuun asti.*

# KÄYTETYN POLTTOAINEEN HUOLTO

## TOIMINTAPERIAATE JA AIKATAULU

Ydinenergiain ja KTM:n päätösten mukaisesti kaikki Olkiluodon laitoksen käytetty polttoaine sekä Loviisan laitoksella nykyisin oleva ja tämän jälkeen kertyvä käytetty polttoaine valmistaudutaan loppusijoittamaan Suomen kallioperään. Valmisteluissa noudatetaan aikataulua, jonka mukaan käytetyn polttoaineen loppusijoitus on voitava aloittaa vuonna 2020. Tätä ennen käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosalueilla.

Loppusijoituslaitos, joka koostuu kapselointilaitoksesta ja loppusijoitustiloista, rakennetaan 2010-luvulla. Laitoksen paikaksi on suoritettujen sijoituspaikkatutkimusten ja muiden selvitysten perusteella ehdotettu Eurajoen Olkiluotoa. Valtioneuvosto on hyväksynyt tämän ehdotuksen periaatepäätöksessään, joka on vielä hyväksyttävä eduskunnassa.

## NYKYTILANNE VARASTOINNISSA

Olkiluodon käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosyksiköillä ja voimalaitosalueella olevassa käytetyn polttoaineen välivarastossa (KPA-varastossa). Kertomusvuonna Olkiluoto 1:ssä vaihdettiin polttoainetta 21. kerran ja Olkiluoto 2:ssa 19. kerran. Vuoden lopussa käytettyä polttoainetta oli varastoituna yhteensä 5008 nippua vastaten 881 tonnia tuoretta uraania (arvioitu käytön jälkeisestä uraanimäärästä noin 853 tonnia). KPA-varastossa oli 3895 nippua, Olkiluoto 1:n vesialtaissa 475 nippua ja Olkiluoto 2:lla vastaavasti 638 nippua. KPA-varastoon mahtuu laitosyksiköiden noin 30 vuoden toiminnasta

kertyvä polttoainemäärä ja varastoa voidaan tarvittaessa laajentaa. KPA-varaston kolmesta varastoaltaasta kahteen on toistaiseksi asennettu polttoainetelineet.

Loviisan polttoaineen paluukuljetukset Venäjälle päättyivät vuoden 1996 lopussa ydinenergiakiin tehdyn muutoksen johdosta. Laitoksen varastokapasiteetin lisäämiseksi oli vuonna 1995 tehty selvitykset käsittäen 9 eri vaihtoehtoa. Taloudellisimmaksi ja käyttökokeuksiltaan edullisimmaksi osoittautui nykyisen välivaraston 2 laajentaminen.

STUK hyväksyi laajennuksen alustavan turvaselosteen 30.6.1997. Työt laitospaikalla aloitettiin syksyllä 1997 ja varasto valmistui ennen vuoden 2000 huoltoseisokkia.

Varasto on tehty pääosin vastaavalla tavalla kuin vanha osa, kuitenkin siten, että uuden osan altaat mahdollistavat myös tiheiden polttoainetelineiden käytön. Silti alussa on tarkoitus ostaa nykyisen kaltaisia avoimia telineitä, joita käyttäen varastointikapasiteetti riittää vuoteen 2008. Varaston laajennus lisää kapasiteettia 2080 nippulla. Tiheiden telineiden käyttö lisää varastointikapasiteettia huomattavasti tästä määrästä.

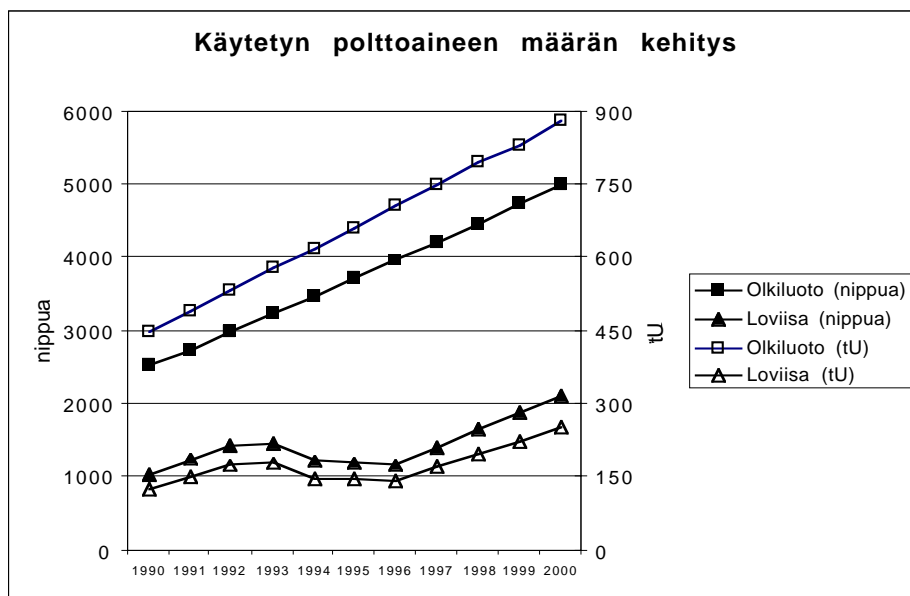
Vuoden 2000 lopussa laitoksella

oli yhteensä 2125 käytettyä polttoaineenippua, mikä vastaa noin 253 tonnia tuoretta uraania (arvioitu käytön jälkeisestä uraanimäärästä noin 242 tonnia). Polttoainenipuista oli Lo1:llä 131 kpl ja Lo2:lla 204 kpl. Käytetyn polttoaineen varastoissa 1 ja 2 oli 390 ja 1400 nippua vastaavasti.

## SIJOITUSPAIKKA-TUTKIMUKSET

Paikanarviointiprojekti, PARVI, on saattanut päätökseen tutkimustietojen keräämisen ja analysoinnin neljän tutkimuspaikan osalta. Periaatepäätöshakemuksen jättämisen jälkeen tehdyissä tutkimuksissa on jatkettu paikkojen geologisten, rakennettavuusominaisuuksien sekä pohjaveden virtauksen ja geokemiallisten olojen tarkempaa selvittämistä lähinnä Hästholmenin ja Olkiluodon osalta. Hästholmenin tutkimukset on saatettu loppuun vuoden 2000 aikana. Eurajoen Olkiluodossa kenttätyöt ovat jatkuneet tähdäten jo uuteen varmentavien paikkatutkimusten vaiheeseen.

Valtioneuvoston vuoden lopulla tekemän periaatepäätöksen mukai-





sesti käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushanke voi edetä maanalaisen tutkimustilojen rakentamiseen ja paikkakohtaisiin tarkempisiin tutkimuksiin. Päätös on vielä eduskunnan vahvistettava.

Eurajoen Olkiluodon kallioperän soveltuvuuden yksityiskohtaisemmaksi arvioimiseksi on vuonna 2000 laadittu tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyön ohjelma seuraavalle kymmenvuotisen tutkimusjakson ajalle. Tänä ajanjaksona tullaan maanalaisista tiloista käsin varmentamaan ja tarkentamaan tähän mennessä saatu käsitys Olkiluodon kallioperän ominaisuuksista ja edellytyksistä loppusijoituksen toteuttamiseksi turvallisuusmääräysten mukaisesti.

### ***Loviisan tutkimukset***

Hästholmenin kenttätutkimuksia jatkettiin reikä tutkimuksilla.

Kalliomallin tarkistustyö saatiin päätökseen vuonna 2000. Tulokset raportoitiin loppuvuodesta.

### ***Geofysikaaliset tutkimukset rei'istä***

Hästholmenin kalliomallin päivittämiseksi tehtiin kairanreiän KR9 geofysikaalisten mittausten tulostarkastelu ja kallioperämallien tarkastelu. Tästä kairanreiästä otetun kairasydämen petrologian ja matalan lämpötilan rakomineraalien tutkimus valmistui myös vuonna 2000.

### ***Hydrogeologiset tutkimukset***

Vuoden alussa raportoitiin hydrologisen pitkäaikaismonitoroinnin yhteenveto koskien vuosia 1998-1999. Reikien KR7 ja KR8 vedenjohtavuusmittauksia tehtiin vedenjohtavuuden mittauslaitteistolla. Vuonna 1999 kairanrei'issä KR2 ja KR3 suoritettujen koepumppausten tulokset raportoitiin toukokuussa.

Virtauseromittauksia ja raosta reikään virtaavan veden sähköjohtavuusmittauksia tehtiin rei'issä KR7-KR9. Tulokset raportoitiin loppuvuodesta.

### ***Pohjavesikemian tutkimukset***

Vesinäytteenotto toteutettiin mantereella sijaitsevassa uusimmasa kairanreiässä KR9. Näytteitä otettiin yhteensä 3 kpl.

### ***Olkiluodon tutkimukset***

Olkiluodon tutkimusalueen keskeiselle alueelle kairattiin uusi kairanreikä KR12. Kairaus lopetettiin syvyyteen 795 m. Kairauksen avulla tarkistettiin mm. rakenteiden R16 ja R21 sijaintia ja laatua. KR12:ssa tehtiin kairauksen jälkeen ns. geofysikaaliset standardireikämittaukset sekä virtausero- ja sähköjohtavuusmittaukset rakenne- ja geokemiallisen mallin tarkistamiseksi. Mahdollisia hydraulisia vuorovaikutuksia KR2:n kanssa seurattiin kairauksen edetessä. Voimakkaita vuorovaikutuksia ei esiintynyt. Hydraulisten ja sähköjohtavuusmittausten tuloksiin perustuen valittiin myös syvyydet vesinäytteenottoja varten.

Kairanreikiä KR6 ja KR7 syvennettiin niiden jatkeilla odotettavissa olleiden rakenteiden ominaisuuksien selvittämiseksi. KR6:n jatkokairauksella tarkistettiin tutkimusalueen pohjoisen reunan rakenteita sekä reuna-alueen hydraulisia ja kemiallisia oloja. KR7:n jatke sijaitsi tilojen sijoittelun kannalta keskeisellä alueella ja tarkensi alueella esiintyvien lähinnä loivakaateisten rakenteiden sijaintia ja ominaisuuksia. Näissä tehtiin myös ns. geofysikaaliset standardireikämittaukset sekä virtausero- ja sähköjohtavuusmittaukset, joiden avulla valittiin syvyydet vesinäytteenottoja varten.

Kaikissa rei'issä tavattiin Olkiluodon kallioperän yleisiä kivilajeja. Lisäksi tavattiin KR6:ssa kapea diabaasijuoni, jota ei ole aikaisemmin

esiintynyt muissa rei'issä. Voimassa olevan kalliomallin mukaan tehdyt reikien malliennusteet olivat kohtuullisen hyvin yhtäpitäviä rei'istä tehtyjen havaintojen kanssa.

### ***Pohjavesikemian tutkimukset***

Olkiluodon pohjavesikemian näytteenotot ovat olleet luonteeltaan täsmätutkimuksia, joiden avulla on pyritty varmentamaan tietoja happi- ja redox-tekijöistä (hapetus-pelkistysolosuhteet) ja suolaisuuden alueellisesta esiintymisestä sekä kallioperän yläosan kemiasta. Vesinäytteitä otettiin vuonna 2000 kairanrei'istä KR11 ja KR12 yhteensä kolme. Kairanreiän KR11 tulokset raportoitiin loppuvuonna.

### ***Olkiluodon tutkimusalueen geologiset kuvaukset***

Geologiset tutkimukset ovat jatkuneet Olkiluodon alueella ja ympäristössä. Paikkakohtaista kalliomallinnusta varten on tulkittu uusissa kairanrei'issä tehdyt geofysikaaliset mittaukset. Myöskin kallioluokitte- lutyötä on jatkettu sekä selvitetty kallioperän yleisiä ja laajemman alueen ominaisuuksia mm. gravimetrisin mittauksin ja merenpohjan akustisin luotauksin. Yleisenä geologisen selvityksen kohteena on vuonna 2000 ollut eteläisen Satakunnan kallioperän rakenne ja kehityshistoria.

Kertomusvuonna on raportoitu vuonna 1999 suoritettujen kallioperän hitaiden liikkeiden seuraamiseksi tehtyjen mittausten tulokset. Työ loppusijoitustilassa mahdollisesti tapahtuvien äkillisten, maanjäristyksistä aiheutuvien liikkahusten arvioimiseksi on jatkunut ja tulokset valmistuvat vuoden 2001 aikana. Kallioperässä tapahtuvien pienten liikkahusten monitoroimiseksi on selvitetty seismisen aseman ja mikro- seismisen mittausturvaston perustamista Olkiluodon alueelle. Selvitykseen perustuen päätetään vuonna 2001 aseman mahdollisesta perusta-

misesta ja mittausten aloittamisesta.

Rakotietokantaa on täydennetty keräämällä ja tarkistamalla tiedot reiästä KR3 sekä muista rei'istä aiemmin tietokannan ulkopuolelle jätetty materiaali syvyydeltä 40-300 m ja 800 m syvemmällä olevista raoista.

### ***Laite- ja menetelmä-kehitys 2000***

Tutkimusalueiden kallioperän kuvaukset on koottu kalliomalleiksi Posivan geologiseen mallinnusjärjestelmään, ns. ROCK-CAD -ohjelmistoksi. Kalliomallin ylläpito ja kehitys tulee olemaan jatkossakin keskeinen paikkatutkimusten tulos sekä hallinta- ja työväline valitulla loppusijoituspaikalla Olkiluodossa. ROCK-CAD on perustunut Parametric Technology Corp. Medusa-ohjelmiston toiminnallisuuteen. Uusiin vaatimuksiin vastaamiseksi päätettiin tehtyjen selvitysten ja ohjelma-vertailujen perusteella siirtyä Autodeskin AutoCAD 2000 -ohjelma-ympäristöön, joka tarjoaa vuorovai- kuttaisen mallintamisen, laadukkaan havainnollistamisen, paikkatietojen

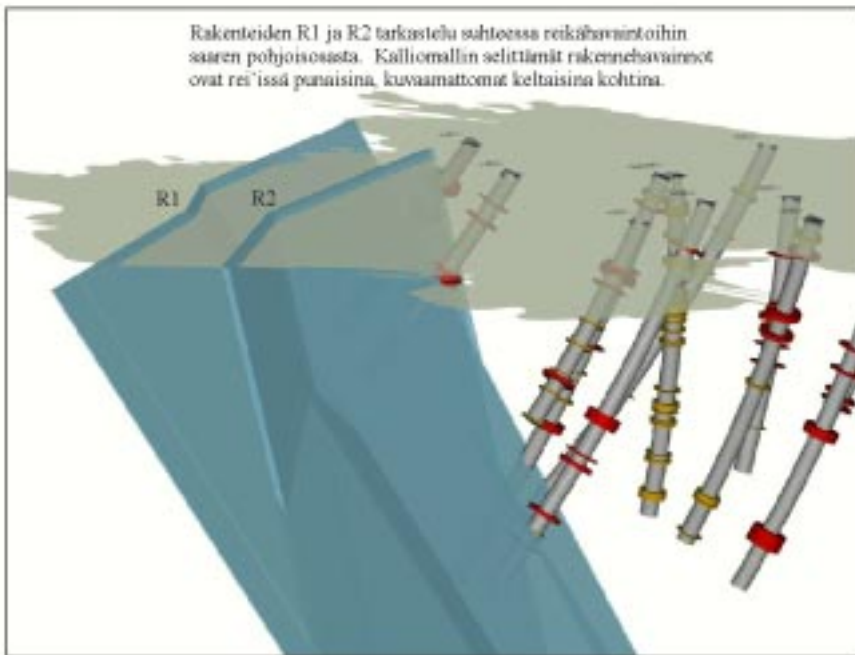
käytettävyyden ja mallien siirrettävyyden. Mallinnusjärjestelmän perustoiminnot on vuoden 2000 aikana siirretty onnistuneesti AutoCADiin, ja uusi ympäristö on mahdollistanut uusien toimintojen lisäämisen. Olkiluodon kalliomallin päivitys on aloitettu vuoden 2000 lopulla uutta ohjelmistoa käyttäen.

Vedenjohtavuuden mittauslaitteiston (ns. HTU-laitteiston) mittausohjelmiston päivittäminen 32-bittiseksi Windows 95 -versioksi käynnistettiin. Ohjelmisto päivitetään Visual Basic 6.0:een, jolloin mittaus-tietokannat voidaan konvertoida Access 7 -versioon. Laitteen reikäkaapelin kaapelipääte suunniteltiin ja rakennettiin uudelleen, koska entisen päänteen sisällä olleet johtoliitokset olivat vioittuneet. Kaapelipääte suunniteltiin sellaiseksi, että reikäanturi on vaihdettavissa ilman kaapelin katkaisemista ja kaapeliin voidaan liittää muunkin tyyppisiä antureita. Yhteensopivuus muihin laitteisiin paranee sekä laite- että ohjelmistotasolla. Myös anturin elektroniikan uudistaminen käynnistettiin, jotta voidaan siirtyä digitaaliseen tiedonsiirtoon. Osa kehitystyötä jatkuu vuoden 2001 puolella.

Kallion lämpöominaisuuksien in-situ mittaamiseen tarkoitettun mitta-anturin kehittämistä jatkettiin GTK:ssa teoreettisin laskelmin. Laskentatulokset osoittavat lämmönjohtavuusarvojen määrittämisen olevan mahdollista hyvällä tarkkuudella, jos lämpötilamittausten tarkkuus on kohtuullisen hyvä ja laitteen omat lämpöominaisuudet sekä laitteen ja kallion väliin jäävän vesikerroksen aiheuttama rajakerrosvastus tunnetaan riittävän hyvin.

Lämmön diffuusiokerroimen määrittäminen suoraan mittauksesta on vaikeampaa ja tarkkuus jonkin verran huonompi. Diffuusiokerroin saadaan kuitenkin määritettyä suoran mittauksen lisäksi lämmönjohtumisen ja erikseen kairasydännäytteistä mitattavan ominaislämmön avulla. Teoreettisten tarkastelujen tulokset ja kalibrointilaitteiston rakentaminen raportoidaan alkuvuodesta 2001.

Kalliotutkimusreikien vedenjohtavuusominaisuuksien mittauksissa on systemaattisesti käytetty virtaus-eromittauslaitteistoa. Eromittauksessa käytetään kahta menetelmää: pulssimenetelmä ja jäähtymismenetelmä. Pulssimenetelmän mittausalue on 0,1-10 ml/min ja jäähtymismenetelmän 2-5000 ml/min. Tehtyjen alustavien selvitysten perusteella tultiin siihen tulokseen, että jälkimmäisen menetelmän alarajaa voitaisiin todennäköisesti melko helposti parantaa jopa alle pulssimenetelmän alarajan mittausohjelmaa kehittämällä. Tämän vuoksi käynnistettiin kehitystyö ohjelman muuttamiseksi siten, että vakiotehon suuruutta ja syötön pituutta voidaan säätää virtausmittauksen aikana. Tällöin pienillä virtauksilla voidaan käyttää pienempää lämmitystehoa. Työ vaatii myös muutoksia anturiprosessorien ohjelmointeihin ja se jatkuu vuoden 2001 puolella. Äspön kalliolaboratoriohankkeeseen liittyneiden Laxemarin syvän kairanreiän KLX02 eromittauksen yhteydessä menetetyt reikä-anturin tilalle rakennettiin uusi anturi.



Rakenteiden R1 ja R2 tarkastelu suhteessa reikäanturiin saaren pohjoisosasta. Kalliomallin selittämät rakennehavainnot ovat rei'issä punaisina, kuvaamattomat keltaisina kohtina.

*Olkiluodon kalliomallin rakenteiden R1 ja R2 tarkastelua AutoCAD-ympäristössä.*

Olkiluodon ja Hästholmenin pohjavesinäytteenotoissa käytetyn paineellisen vesinäytteenottimen (PAVE) rakennetta kehitettiin edelleen vuoden 2000 aikana. Sen ansiosta PAVE-laitteiston toimintavarmuus on lisääntynyt merkittävästi. Toimintavarmuuden lisääntyminen antaa paremmat mahdollisuudet vaihtaa näytteen edustavuuteen painesäiliöiden näytteenoton aikaista huuhteluaikaa pidentämällä.

PAVE-laitteistolla otetuille kaasunäytteille suoritettiin edustavuusarviointi vuonna 2000 (Työraportti 2000-50). Tarkasteluissa havaittiin, että joissain tapauksissa painesäiliön vastapaineakassa vastapaineakaasuna käytetty argon on mahdollisesti vuotanut männän ohitse vesinäytepuolelle, mistä johtuen pohjavesinäytteiden Ar-tulokset eivät ole olleet täysin luotettavia. Ar- ja N<sub>2</sub>-vastapaineakaasujen korvaamista kaasulla, jota pohjavedessä ei esiinny, harkittiin. Sopivaa korvaavaa kaasua ei kuitenkaan löydetty, joten päädyttiin kokeilemaan ns. tyhjiötekniikkaa. Siinä vastapaineakaasun käyttö korvataan imemällä vastapaineakuun kaasuhuuhtelun jälkeen tyhjiö. Tyhjiötekniikkaa on käytetty vasta kahdessa näytteenotossa (HH-KR9 ja OL-KR12), mutta tekniikalla saadut tulokset ovat olleet rohkaisevia ja sen käyttöä on päätetty jatkaa edelleen.

PAVE-näytteenottolaitteistoa käytettäessä vesi pumpataan maan pinnalle kalvopumpulla, jota käytetään N<sub>2</sub>-kaasunpaineella ja vedellä. Pumpausmenetelmä toimii hyvin makeissa vesissä, ja suolaisissa vesissä silloin kun näytteenottosyvyys on alle 1000 m. Koska kaasu puristuu kasaan, suolaisten vesien pumpaaminen ei onnistu kaasunpaineella, jos näytteenottosyvyys on yli 1000 m. Konkreettisesti tämä havaittiin Ruotsissa Laxemarissa syksyllä 1999, jolloin kaasunpaineella ei saatu suolaista vettä ylös 1400 m syvyydeltä. Koska suolaisten vesien näytteenotto on keskeinen osa Posivan Olkiluodon pohjavesiolosuhteiden

karakterisointia, pumppaustekniikan kehittäminen tuli ajankohtaiseksi. Laxemarissa kokeiltiin ensimmäisen kerran vesinäytteen pumppaamista painepumppua käyttämällä siten, että työpaineetkussa oli ainoastaan vettä. Veden paineella vesi saatiin pumpattua ylös. Kokeilun tuloksena kalvopumppua alettiin käyttää ainoastaan veden paineella siten, että samaan linjaan asennettiin mäntäpumppu, vesisäiliö ja imupumppu. Niitä ohjataan ajastimella ja magneettiventtiilillä samaan tapaan kuin ohjattiin kaasunpaineella toimivaa kalvopumppua.

Posiva on hankkinut rakohakulaitteen yhteyteen nelipiste-elektrodin, jolla voidaan mitata kairanreiässä pohjaveden sähkönjohtavuutta insitu lämpötilassa. Koska liuosten sähkönjohtavuus on erittäin riippuvainen liuoksen lämpötilasta, mitatut tulokset ilmoitetaan tavallisesti vertailulämpötilassa, joka on yleensä 25°C. Mittaustulosten muuttaminen vertailulämpötilaa vastaavaksi suoritetaan käyttämällä lämpötilakorjauskertoimia. Lämpötilakorjauskertoimen suuruuteen vaikuttaa liuosten elektrolyyttien koostumus, käyttäytyminen ja konsentraatio. Jotta eri menetelmillä mitattuja sähkönjohtavuusarvoja voidaan verrata toisiinsa, niiden korjaaminen vertailulämpötilaa vastaavaksi tulee tehdä samalla tavalla. Toimintakertomusvuonna jatkettiin vuonna 1999 aloitettua selvitystyötä, jossa pyritään löytämään suolaisille vesille soveltuvat lämpötilakorjauskertoimet. Työn perusteella pystyttiin osoittamaan, että lämpötilakorjauskertoimet pienenevät suolapitoisuuden kasvassa, ja että määritetyt lämpötilakorjauskertoimet poikkeavat jonkin verran SFS-standardin luonnonvesille ilmoittamista korjauskertoimista. Selvitystyöhön liittyvä raportointi saatetaan loppuun vuonna 2001.

## ***PITKÄAIKAIS- TURVALLISUUDEN ARVIOINTI***

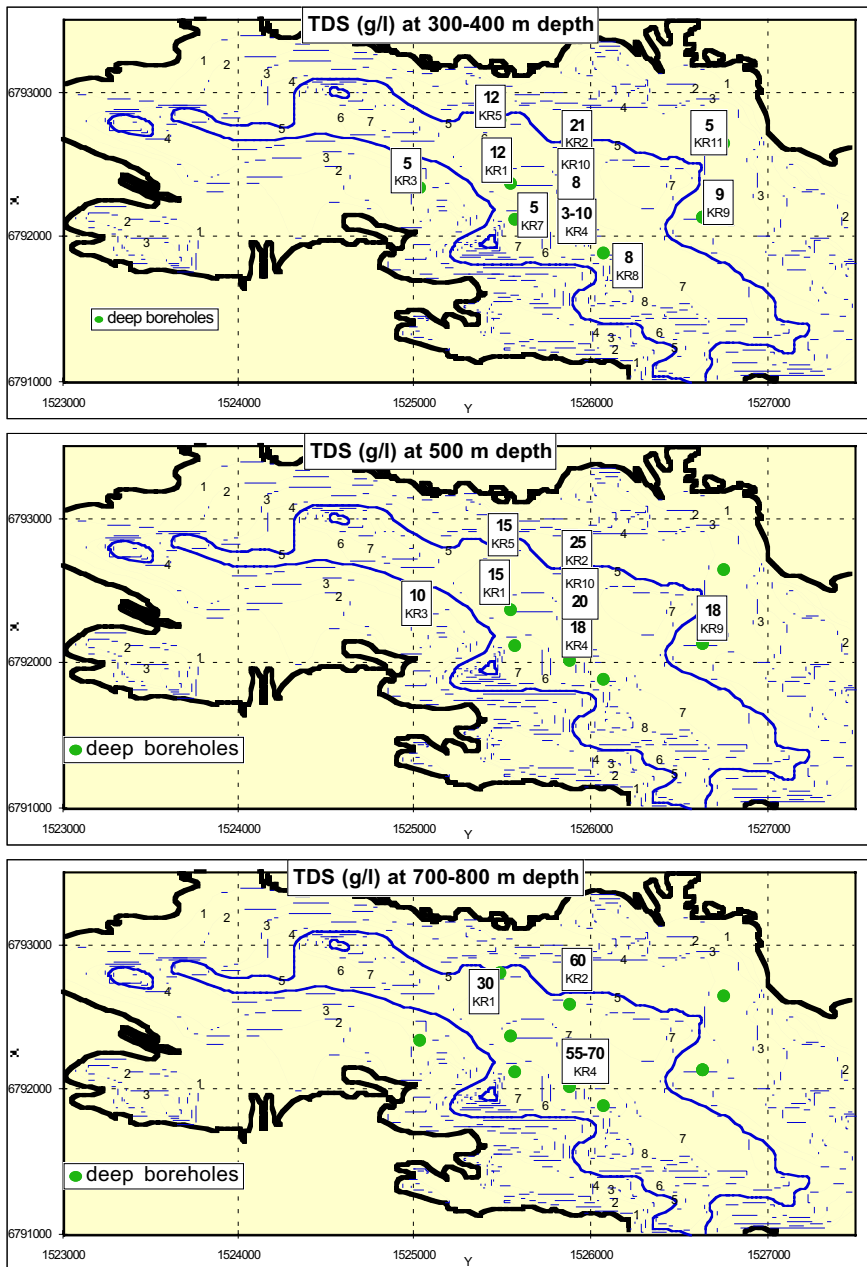
### ***Turvallisuusanalyysi***

Vuonna 2000 laadittiin useita selvityksiä Olkiluodon suolaisesta pohjavedestä, sen tulevasta kehityksestä ja sen vaikutuksista loppusijoitustilan teknisiin päästöesteisiin sekä loppusijoitustilan toimintakykyyn. Loppusijoitustilan teknisten päästöesteiden suunnitteluperusteeksi on esitetty täyttöaineille toimintavaatimus aina suolaisuuteen (TDS) 35 g/l asti. Merkittävin selvittävä kohde on tunnelitäytteen toiminta suolaisessa pohjavesiympäristössä. Suolainen vesi saattaa merkittävästi heikentää tunnelitäytteen (10-30% bentoniitti/murskeseos) paisumista ja kasvattaa vedenjohtavuutta. Vaihtoehtoisia ratkaisuja tutkitaan, mm. Friedland-savea tai täyttömateriaalia, joissa on korkeampi bentoniitti/murskesuhde.

Turvallisuusanalyysin suosituksen mukaan tulevissa tutkimuksissa tulisi keskittyä loppusijoitustilan teknisten vapautumisesteiden (kapseli, täyteaineet, sulkemisrakenteet) eheyden ja toimintakyvyn varmistamiseen sekä loppusijoitustunneliston asemoinnin ja teknisten esteiden soveltamiseen sijoituspaikan kallioperän rakenteeseen ja pohjaveden koostumukseen.

Vuonna 2000 laadittiin uudistettu lähialueen kompartmenttimalli, joka yhdenmukaistaa radionuklidien kulkeutumismallinnuksen tapauksissa, joissa kapselissa on pieni reikä tai suurempi vaurio. Uudella mallilla vältetään TILA-99:n pienen reiän mallinnuksen ylikonservatiivisuudesta aiheutuneet pienet mallinnusvääristymät.

Yhteistyötä ja tiedonvaihtoa jatkettiin muun muassa OECD/NEA:n ja kansainvälisen Crystalline-ryhmän puitteissa. OECD/NEA:n puitteissa Posiva osallistui muun muassa ”Integration Group for Safety Case



*Olkiluodon pohjaveden TDS-arvoja.*

(IGSC)” -ryhmän, turvallisuusanalyysien luotettavuuskysymyksiä tarkastelevan IPAG-3-ryhmän, migraatiomallinnusta käsittelevän Geotrap-hankkeen sekä FEP-database -työhön. Posiva osallistuu vuosina 2000-2002 useaan EU-hankkeeseen, joissa tutkitaan vapautumisesteiden toimintaa ja loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta. EU:n tutkimusohjelmassa on käynnistynyt kapselin sisäisiä ilmiöitä tutkiva IN CAN PROCESSES -hanke sekä useita bentoniitin ja muiden täyteaineiden käyttäytymistä tutkivia kokeellisia ja mallinnushankkeita (ECOCLAY

II, BENIPA, FEBEX II, Prototype Repository, CROP). Posivan omissa ja kahdenvälisissä tutkimuksissa SKB:n kanssa selvitetään erityisesti suolaisen pohjaveden vaikutuksia puristetun bentoniitin ja vaihtoehtoisten tunnelitäytteiden toimintaan. Vuonna 2000 käynnistyi myös “Testing of Safety and Performance Indicators (SPIN)” hanke. Posiva on osallistunut panoksellaan näiden eri hankkeiden suunnitteluun ja hakemusten valmisteluun.

Vuonna 2000 perehdyttiin TILA-99:stä saatuun palautteeseen sekä SKB:n laajaan SR 97 -turvallisuus-

analyysiin sekä laadittiin tutkimusohjelma vuosille 2001-2010.

## *Liukoisuustutkimukset*

Turvallisuusanalyysissa tarvittavia keskeisiä tietoja ovat eräiden tärkeiden aineiden liukoisuudet käytetyn polttoaineen loppusijoitusolosuhteissa. TILA-99:ää varten liukoisuusarvot on arvioitu pääasiassa mallinnuksen ja kirjallisuudesta saatavan tiedon perusteella. Joidenkin nuklidien kohdalla arvioitujen arvojen ovat saattaneet olla tarpeettoman konservatiivisia johtuen niitä koskevan tiedon puuttumisesta. Liukoisuusarvojen tarkentamiseksi realistisempaan suuntaan on käynnistetty kokeellisia mittauksia, joissa olosuhteet vastaavat suunnitellun suomalaisen loppusijoituksen oloja. Tutkimus on käynnistetty toriumilla ja nikkelillä erilaisissa simuloituissa pohjavesissä. Posiva on myös osallistunut NEAn TDB-projektiin (Thermochemical Database Project).

Vuonna 1999 SKB-Posiva yhteistyönä käynnistyi tutkimus, jossa tutkitaan simuloidun polttoaineen avulla uraanin vapautumista tietyn hapetustilan ( $UO_{2.4}$ ) omaavasta  $UO_2$ -kiderakenteesta. Menetelmät on testattu vuoden 2000 aikana ja varsinaiset kokeet ovat käynnistyneet. Kokeet suoritetaan käyttämällä gadoliniumpitoista  $UO_2$ :ta.

## *Pohjaveden virtaus ja aineiden kulkeutuminen*

Turvallisuusanalyysia varten suoritettua virtausanalyysia on täydennetty herkkyystarkasteluilla. Tulokset vahvistavat aikaisemmat käsitykset pohjavesiolojen kehittymisestä Olkiluodon saarella. Eri mallinnsparametrien ja -oletusten vaikutukset eivät muuta yleistä kehityskulkua, mutta eri arvoilla tapahtumien aikaskaalat muuttuvat. Työ eri mittakaavoissa tapahtuvien ilmiöiden mallintamiseksi integroidulla tavalla on käynnistetty vuonna 2000.



Radionuklidien pidättymisen laboratoriotutkimuksia on jatkettu tarkastelemalla sorptio-/desorptiokäyttäytymistä erilaisissa kesiumin pitoisuuksissa. Kulkeutumisessa olennaisten ilmiöiden selvittämiseksi on analysoitu Äspön kalliolaboratoriossa tehtyjen kulkeutumiskokeiden tuloksia. Tarkastelukohteena on ollut eri ilmiöiden, kuten rakopinnoille tai rakotäytteeseen tapahtuvan välittömän pidättymisen ja toisaalta syvemmälle kivimatriisiin dynaamisesti tapahtuvan pidättymisen keskinäiset suhteet. Ilmiöitä ei ole helppoa erottaa toisistaan käytettävissä olevien koetulosten avulla, mutta niiden vaikutukset ekstrapoloituna turvallisuusanalyysiin ovat hyvin erilaiset. Työtä jatketaan tulevana vuosina myös yhdessä ulkomaisten organisaatioiden kanssa.

Sorptiokokeiden rinnalla on jatkettu työtä sorption mekanistisen ja teoreettisen ymmärtämisen lisäämiseksi. Tämän perusteella voidaan arvioida aineiden sorptiokäyttäytymisen riippuvuutta vallitsevista oloista. Vuonna 2000 on jatkettu tutkimusta, jolla tähdätään mitattujen parametrien tuottamiseen kaoliini-tille. Tutkimusten radionuklidei-

na käytetään europiumia ja amerikiiumia. Posiva on myös osallistunut NEA:n Sorptioforum II -projektiin.

### Geokemiallinen mallinnus

Vuoden 2000 aikana on saatettu loppuun Hästholmenin tutkimusalueen geokemiallinen mallinnustyö. Tutkimuksessa on luotu malli Hästholmenin hydrogeokemiallisesta kehityksestä kallioperän eri osissa sekä määritetty laskennallisesti kemiallisten reaktioiden merkitys pitkin eri virtausreittejä. Olkiluodossa niin kuin Hästholmenillakin ulkoisten olosuhteiden vaihtelut kuten jääkausi, Itämeren vaiheet, maan kohoaminen ja muinaiset hydrotermiset tapahtumat ovat merkittävästi vaikuttaneet paikallisiin paleohydrogeologisiin olosuhteisiin, joiden seurauksena pohjaveden laatu, varsinkin suolaisuus, vaihtelee suuresti. Vertailu Olkiluotoon osoittaa, että kallioperällä on merkittävä vaikutus alueen hydrogeokemiallisiin olosuhteisiin. Hästholmenin kallioperän vaikutus näkyy erityisesti sellaisissa pohjaveden parametreissa kuin Mg, SO<sub>4</sub>, Fe ja CH<sub>4</sub>.

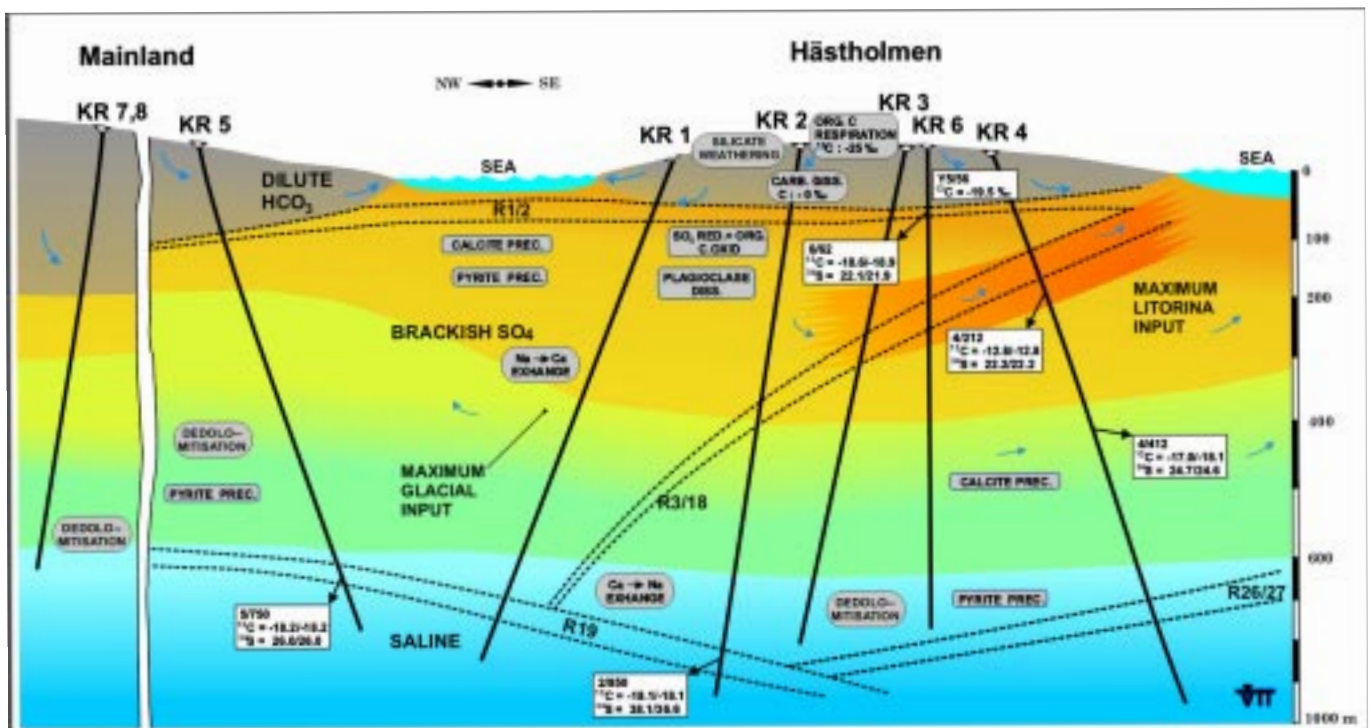
## LOPPUSIJOITUS-TEKNIikka

### Loppusijoituslaitoksen esisuunnittelu

Vuonna 2000 Posivan kapselointi- ja loppusijoitustekniikan kehitys-ohjelman, T-2000-ohjelman, keskeisenä tehtävänä oli viedä eteenpäin loppusijoituslaitoksen esisuunnittelua: uudet suunnitelmat kapselointilaitokselle, loppusijoitustiloille sekä laitosalueelle valmistuivatkin vuoden 2000 aikana. Suunnitelmissa kuvataan loppusijoituslaitoksen keskeiset toiminnot, tilaratkaisut ja järjestelmät.

Loppusijoituslaitoksen laitosalueen esisuunnitelmassa (loppusijoituslaitoksen maanpäällisten osien kuvaus) esimerkkitapauksena käytettiin sellaiselle alueelle, jossa ei ole infrastruktuuria, suunniteltua laitosta. Selvitys toimii lähtökohtana kapselointilaitoksen ja loppusijoitustilojen yksityiskohtaisemmalle paikakokohtaiselle suunnittelulle.

Vuonna 2000 valmistuivat myös ulkopuoliset arvioinnit, joissa on ar-



Kaaviokuva Hästholmenin hydrogeokemiallisista ja hydrologisista olosuhteista.

vioitu kapselointilaitoksen esisuunnittelun mukainen rakenne ja kapselointiprosessi sekä laitoksen kustannusarvio. Arvioinneissa havaittiin vain pienehköjä parannuskohteita suunnitelmiin.

Loppusijoitustiloista on laadittu tarkistettu esisuunnitelma, johon sisältyvät yhteenvetoraportti, tilojen yleiskuvaus, järjestelmäkuvaus sekä tekniset piirustukset.

Loppusijoitustilojen yleiskuvauksessa on käsitelty loppusijoituksen lähtökohdat, kuvattu seikkaperäisesti loppusijoitustilat ja esitelty sen mahdolliset muunnelmat. Yleiskuvauksessa on käsitelty loppusijoitustilojen koko elinkaari: tutkimustilat, loppusijoitustilojen rakentaminen, käyttö, sulkeminen sekä myös mahdollinen kapseloiden palautettavuus maanpinnalle. Raportissa on käsitelty myös tilojen rakentamisen ja käytön aikaista turvallisuutta.

Loppusijoitustilojen järjestelmäkuvaukseen on koottu toimintaperiaatteet ja mitoitus tiloihin rakennettavista lämmitys-, ilmanvaihto-, vesi-, viemäröinti-, sähkö-, valvonta-, kuljetus- ja siirtojärjestelmistä, tunnelitäyteaineen valmistus- ja käsittelylaitteista, palontorjunta- ja pelastusjärjestelmistä sekä korjaus- ja kunnossapitojärjestelmistä.

## ***Kapselin rakenne ja valmistustekniikka***

Kapselivaipan vaurioitumista kapseloinnin ja kapselin siirron aikana mahdollisesti tapahtuvissa käsittelyonnettomuuksissa (putoaminen tai kaatuminen) sekä loppusijoituksen aikaisen kapselivaipan hitaiden muodonmuutosilmiöiden vaikutuksia on selvitetty laskelmin.

Posiva ja Outokumpu Poricopper Oy ovat jatkaneet yhdessä loppusijoituskapselin valmistusteknologian kehittämistä. Vuoden 2001 tammikuuhun mennessä on toteutettu uusi sarja kapselin kuparikannen elektronisuihkuhitsaukseen liittyviä

lisäkokeita kehitettyjen EB-hitsausproseduurien verifioimiseksi eri laitteistossa. Kokeet jatkuvat vielä vuoden 2001 puolella. Koekappaleiden tutkinta suoritetaan ja tulokset raportoidaan vuonna 2001, mutta alustavista kokeista saatujen tietojen mukaan uusien kokeiden tulokset ovat selvästi aiempia parempia.

Kuparivaipan lieriöosan valmistusmahdollisuuksia muilla kuin taivutukseen ja hitsaukseen perustuvilla menetelmillä on selvitetty edelleen. Lieriöosan täysimittainen valmistuskoe Mannesmannin "pisto ja veto" (pierce and draw) putkenvalmistusmenetelmällä on suoritettu Saksassa. Samalla tutkittiin tämän valmistusmenetelmän soveltuvuutta lieriön valmistamiseen siten, että toinen pää jäisi umpeen. Kokeen tulosten selvitys ja raportointi valmistuu vuonna 2001.

## ***Loppusijoitustekniikka***

Loppusijoitustilojen sisäänkäyntiyhteyksistä laadittiin vaihtoehtoisia ratkaisuja, joissa loppusijoitustiloista poistuminen esimerkiksi tulipalon sattuessa perustuisi pääasiassa henkilö- ja pelastautumishissien käyttöön. Suunnitelmat ovat toimineet lähtötietoina maanalaisen tutkimustilan eri vaihtoehtoisissa ja ne pohjustavat tulevia pelastautumisselvityksiä.

Vuonna 2000 arvioitiin sementti- ja muiden rakennusmateriaalien käyttötarvetta loppusijoitustiloissa. Paikkakohtaiset kalliomekaaniset tarkastelut raportoitiin vuonna 2000 sisältäen analyttiset ja numeeriset analyysit sekä KBS-3- että MLH (Medium Long Hole) -konseptille.

Posiva osallistuu SKB:n Äspön kalliolaboratoriossa toteutettavaan "Prototype Repository" -projektiin. Lisäksi Olkiluodossa sijaitsevassa VLJ-luolan yhteydessä olevassa tutkimustunnelissa tehdään yhdessä SKB:n kanssa "Prototype Repository" -projektiä tukevia tutkimuksia.

Kivimateriaalitutkimuksia var-

ten on kehitetty tekstuurianalyysimenetelmä, jonka kehitystyö ja soveltaminen kiviinäytetutkimuksiin on jatkunut vuoden 2000 aikana. Esimerkiksi kiven lujuusmäärittämisessä on perinteisesti esiintynyt runsaasti hajontaa :  $\pm 30\%$  vaihtelu keskiarvon maksimi- ja minimiarvojen välillä ei ole epätavanomaista. Koestettujen kiviinäytteiden useimmissa silmämääräisesti erilaisissa ja suuri osa tulosten hajonnasta voidaan selittää kivilajieroilla. Silmämääräiseen arviointiin sisältyy kuitenkin aina runsaasti subjektiivisuutta ja tämän johdosta testattavien näytteiden tekstuurianalyysiin perustuvalla luokittelulla voidaan selittää silmämääräistä luokittelua luotettavammin. Tekstuurianalyysi mahdollistaa myös loppusijoitusreikien pinnan jaottelun tekstuuriin perusteella eri osiin, joissa kiven laatu vaihtelee.

Tutkimustunnelin karakterisoinnista on valmisteilla yhteenvetoraportti, joka valmistuu vuonna 2001. Työn tavoitteena on esittää yhteenvedonomaisesti kaikki dokumentoidut tutkimustunnelin aluetta koskevat kallioperätutkimukset, jotka on suoritettu vuoden 2000 loppuun mennessä. Lisäksi vertaillaan eri vaiheissa saatuja tietoja viimeisimpiin tietoihin, jotka pohjautuvat itse tutkimustunnelissa tehtyihin havaintoihin. Tässä yhteydessä tavoitteena on myös tarkastella kallioperätiedon karttumista eri vaiheissa, silmälläpitäen tilojen tutkimus- ja rakentamisaikaista karakterisointia ja siihen soveltuvia menetelmiä.

Posiva on myös osallistunut kansainvälisen DECOVALEX II -projektin (International co-operation project for the Development of Coupled models and their VALIDation against Experiments in nuclear waste isolation) seurantaan varten perustettuun kansalliseen DECOVALEX-ryhmään. Projektissa tutkittiin kytettyjen termo-hydro-mekaanisten prosessien mallintamista.

Loppusijoituksen teknistä toteutettavuutta on arvioitu paikkakohtaisesti vuosina 1998-2000. Olennai-

nen osa arviointityötä on ollut kallio-perän paikkakohtainen luokittelu rakennettavuuden kannalta, jota käsittelevät raportit valmistuivat vuonna 1999. Olkiluodon osalta laadittiin englanninkielinen käännös luokitusraportista, jossa on kuvattu myös rakennettavuusluokituksen perusteet.

Vuonna 2000 laadittiin loppusijoitustilojen paikkakohtaisia sijoitus-esimerkkejä Olkiluotoon. Esimerkit laadittiin KBS-3- ja MLH-konseptille yhteen ja kahteen tasoon sijoitettuna.

### ***Teknisten päästöesteiden toimintakykytutkimukset***

Vuonna 2000 tutkittiin ammonium-ionien vaikutusta kuparin jännityskorroosioon. Selvityksen mukaan kupari ei ole altis ammonium-ionien (pitoisuus maksimissaan 100 mg/l) aiheuttamalle jännityskorroosiolle Olkiluodon olosuhteissa. Vuonna 2001 tullaan laatimaan yhteistyössä SKB:n kanssa kokoamaraaportti tämänhetkisestä tietämyksestä kuparin korroosiosta loppusijoitusolosuhteissa.

Vuonna 2000 laadittiin useita tutkimuksia ja yhteenvetoselvityksiä suolaisen pohjaveden esiintymisestä Olkiluodossa, sen mahdollisesta alkuperästä, tulevasta kehityksestä sekä vaikutuksista loppusijoitustilan toimintaan ja pitkäaikaisturvallisuuteen. T-2000 ohjelman puitteissa laadittiin selvitys Kanadassa ja muualla kerätyn koeaineiston pohjalta suolaisen pohjaveden vaikutuksesta puristetun bentoniitin ja murskebentoniittiseosten paisuntapaineeseen (POSIVA 2000-04). Selvitys vahvisti aikaisempien tutkimusten (POSIVA 98-01) johtopäätöksiä, joiden mukaan riittävän tiheyden (noin 2000 kg/m<sup>3</sup> vedellä kyllästyneenä) omaavan puristetun bentoniitin ominaisuudet säilyvät hyvinä myös erittäin suolaisessa pohjavedessä (aina suolaisuuteen 100 g/l asti). Samaten vahvistui johtopäätös, että korkea suolaisuus (esimerkiksi 35 g/l)

voi kuitenkin heikentää esipuristamattoman murskebentoniittiseoksen paisuntapainetta ja lisätä sen vedenjohtavuutta. Vaihtoehtoisena tunnelitäytteenä tutkitaan paisuvaa luonnonsavea sekä täyttö- ja sulkemiskäytösua, jossa tunnelit täytettäisiin murskeella ja pohjaveden kulkureitit katkaistaisiin puristettua bentoniittia sisältävillä sulkurakenteilla. Myös kapselien sijoittaminen vaakasuuntaan tunneleihin tai pitkiin reikiin, jotka täytetään kokonaan puristetulla bentoniitilla, on mahdollista (POSIVA 96-12).

Vuoden 2000 aikana on Posivan ja SKB:n yhteistyönä tutkittu nykyisten mallien kykyä selittää teoreettisesti kokeissa mitattuja bentoniitin paisuntapaineita. Tutkimuksessa on mitattu paisuntapaineita bentoniitin tiheyden ja liuoksen ionivahvuuden funktiona ja tulkittu tuloksia termodynaamisen mallin pohjalta. Suomen osuudessa on selvitetty bentoniitin huokosvesikemiaa, joka osaltaan vaikuttaa paisuntapaineen muodostumiseen. Raportti kokeista valmistuu vuoden 2001 alkupuolella. Saatujen tulosten pohjalta arvioidaan tarve tutkimuksen jatkamiseen.

Kansainvälinen yhteistyöryhmä ”GAMBIT Club”, jossa Posiva on ollut mukana, on selvittänyt vuosina 1999-2000 kaasun kulkeutumista bentoniitin lävitse (tutkimusohjelman toinen vaihe). AEA Technology toteuttaa varsinaisen tutkimus- ja kehitystyön. Tässä työssä kehitetään edelleen tutkimustyön ensimmäisessä vaiheessa tehtyä mallia sekä testataan mallin toimivuutta uusilla kokeellisilla tuloksilla. Toisen vaiheen raportti valmistuu vuoden 2001 alussa. Tutkimusohjelman kolmannessa vaiheessa tullaan vielä kehittämään mallia edelleen, jonka jälkeen laaditaan ehdotus, kuinka malli olisi laajennettavissa todellisen loppusijoitusgeometrian mallintamiseen.

Teknisen suunnittelun pohjaksi tarvittavaa tietoa saadaan myös osallistamalla FEBEX-projektin toisen vaiheen tutkimuksiin sekä CROP-projektiin. Lisäksi on käynnistynyt

BENIPA-projekti, jossa tarkastellaan bentoniittipäästöesteiden roolia PA-tarkasteluissa.

EU:n Nuclear Fission Safety ohjelmaan (1994-1998) sisältyi FEBEX-projekti (Full-Scale Engineered Barriers Experiment), jossa demonstroitiin loppusijoitusratkaisun rakentamista ja tutkittiin bentoniittisa tapahtuvia termo-hydro-mekaanisia ja termo-hydro-geokemiallisia prosesseja. Hankkeeseen sisältyi täyden mittakaavan koe Sveitsissä Grimselin kalliolaboratoriossa (in-situ test), suuren mittakaavan laboratorioskoe Espanjassa (mock-up test) sekä näitä kokeita tukevat laboratoriotutkimukset.

Tutkimuksia on jatkettu EU:n uudessa puiteohjelmassa vuosina 2000-2003. Jatkohankkeeseen sisältyy in-situ kokeen osittainen lopetus kesällä 2001 ja sen jatkaminen pienennetyssä koossa, mock-up kokeen jatkaminen sekä näitä tukevat laboratoriotutkimukset ja mallinnus. Posiva osallistuu uuteen FEBEX II-hankkeeseen tutkimalla päätettävän in-situ kokeen näytteistä betonin aiheuttamia kemiallisia vaikutuksia bentoniittisa näiden materiaalien rajapinnan läheisyydessä. Posivan osalta kokeellinen tutkimus ajoittuu vuosiin 2001-2002. Osallistuminen laajaan kansainväliseen hankkeeseen tarjoaa mahdollisuuden myös muualla tuotettujen tulosten nopeaan hyödyntämiseen. Tutkimuksessa käytetty espanjalainen Ca-Mg-Na-bentoniitti poikkeaa koostumukseltaan Suomessa yleisimmin tutkitusta Na-bentoniitista ja avartaa siten käsitystä vaihtoehtoisten bentoniittilaatujen käyttömahdollisuuksista.

Lisäksi ENRESAn johdolla on suunniteltu FEBEX II -projektia tukeva uusi EU-projekti (GMU, Geochemical Mock-Up). Projektissa käynnistetään suuren mittakaavan laboratorioskoe, jossa tutkitaan geokemiallisia prosesseja bentoniittisa. Posiva osallistuu projektiin tekemällä laboratorioskokeita, joissa selvitetään raudan korroosiotuotteiden vaikutusta bentoniitin huokosveden koostu-

mukseen.

Posiva osallistuu 2000-2003 myös EU:n "Cluster Repository Project - A basis for evaluating and developing concepts of final repositories for high-level radioactive waste (CROP)" hankkeeseen. Tähän ryhmään osallistuvat Posivan lisäksi SKB (Ruotsi), SCK/CEN (Belgia), GRS (Saksa), ENRESA (Espanja), ANDRA (Ranska), NAGRA (Sveitsi), OPG (Kanada) ja USDOE CAO (USA). Tarkoituksena on arvioida saatuja kokemuksia maanalaisten tutkimustilojen rakentamisesta ja niissä tehdyistä tutkimuksista ja kokeista. Arvioitavia kohteita ovat mm. käytetyt instrumentoinnit ja saadun mittausaineiston korrelointi teoreettisten mallien kanssa. Jälkimmäinen kohta liittyy erityisesti teknisten päästösteiden toiminnan arviointiin. Posivan keskeisenä tehtävänä on välittää ryhmälle Olkiluodon tutkimustunneliin porattujen täyden mittakaavan loppusijoitusreikien tekemisestä ja tutkimisesta saadut kokemukset.

Vuonna 2000 käynnistyi kolmi-vuotinen EU-hanke "Bentonite barriers in integrated performance assessment (BENIPA)". Posivan osuudessa keskitytään erityisesti bentoniittipohjaisiin täyteaineisiin vaikuttaviin ilmiöihin ja tapahtumiin, FEP-peihin, sekä bentoniittia koskevan tieteellisen ja kokeellisen tietokannan keräämiseen hankkeessa suoritettavien mallinnustarkastelujen pohjaksi. Tietokannan kokoamiseksi käydään muun muassa lävitse Posivan, STUKin, SKB:n ja SKI:n raporttisarjoissa vuosina 1996 – 2001 (ja tarvittaessa aikaisemminkin) julkaistut tutkimukset.

## ÄSPÖN KALLIO-LABORATORIO

Posivan osallistumista Äspön kalliolaboratorion tutkimuksiin säänteli vuonna 1998 SKB:n kanssa solmittu sopimus. Sen mukaan Posiva

osallistuu Äspön kalliolaboratorion tutkimus- ja kehitysohjelman seurantaan kokonaisuudessaan ja lisäksi panostaa sopimuksessa määriteltyihin tutkimustöihin omin resurssein.

Seuraavat kalliolaboratorion ohjelman osa-alueet ovat Posivan ja SKB:n välisen sopimuksen aihealueita:

- Kallioperän tutkimusmenetelmät ja niiden soveltaminen loppusijoituspaikan mallintamiseen
- Kallioperän päästöesteominaisuuksia kuvaavien mallien testaaminen
- Loppusijoitussysteemin teknologian ja toimivuuden osoittaminen käytännössä.

Kesällä 2000 Posiva asetti oman ns. Äspö-ohjelman koordinoimaan osallistumista Äspössä tehtäviin tutkimustöihin. Äspö-ohjelman asetuksen yhteydessä määriteltiin työnjako Äspön kalliolaboratorioon osallistumisen ja Olkiluodon maanalaisten tutkimustilojen välillä: Olkiluodossa keskitytään pääasiassa kallioperäolosuhteiden tutkimukseen sekä paikaspesifisten tai paikasta riippuvien tekijöiden arviointiin, Äspössä tehdään teknisiin päästösteisiin ja loppusijoitustekniikkaan liittyvä yleinen testaus ja demonstrointi.

Äspön kalliolaboratorio-yhteistyöhön kuului kahdenkeskisiä (Posiva-SKB) tutkimuksia, kuten pohjavesikemian stabiilisuus -projekti ja kansainvälisiä (EU-)hankkeita, kuten prototyyppi loppusijoitus (Prototype Repository) -koe. Lisäksi Posiva osallistui erillisen sopimuksen puitteissa suuren mittakaavan TRUE (Tracer Retention Understanding Experiment in Block Scale) -kokeeseen yhdessä Nirexin, ANDRAn, ENRESAn, JNC:n ja SKB:n kanssa. Yhteistyösopimukseen kuului myös Olkiluodon VLJ-luolan tutkimustunnelissa tehtäviä töitä.

Pohjavesikemian stabiilisuusprojektin päämääränä oli selvittää syvien pohjavesien sekä kemiallista että hydrologista pysyvyyttä kiteisessä kallioperässä. Projektissa sel-

vitettiin mm. ilmastomuutosten vaikutusta hydrologiaan ja kemiaan, kuten pH- ja redoxolosuhteisiin sekä teoreettisen tarkastelun että mallinnuksen avulla. Pohjavesikemian koostumusta tarkasteltiin kolmena erijaksona, 1000 vuotta sulkemisen jälkeen, 1000 - 10 000 vuoden jälkeen ja 10 000 - 100 000 vuoden jälkeen.

Äspön kalliolaboratoriossa 450 m syvyydellä on menossa vesinäytteenoton kehitystyö ja näytteenotto erittäin vähän vettäjohtavasta kalliosta, nk. matriksinestenäytteenotto. Matriksineste todennäköisesti vaikuttaa syvien suolaisten pohjavesien geokemiaan ja siksi sen alkuperän, iän ja syntyvän määrittämisen on tärkeää. Suomessa selvitetään matriksinestetutkimukseen liittyen mineraaleissa esiintyviä nestesulkeumia; niiden sisältöä, alkuperää ja geokemiaa.

Posiva osallistui pohjaveden virtausta ja kulkeutumista selvittävän Task Force -ryhmän tehtäviin. Vuoden 2000 aikana mallinnettiin ja raportoitiin tehtävä #5, jossa pyrittiin yhdistämään pohjaveden virtausmalli ja geokemiallinen malli. Suomesta mallinnukseen osallistui kolme ryhmää VTT:ltä.

Kallion päästöesteominaisuuksia kuvaavia malleja arvioitiin TRUE-kokeen loppuseminaarissa Äspössä syyskuussa 2000. TRUE-kokeessa tehtiin pienen mittakaavan (noin 5 m) merkkiainekokeita yhdessä raossa. Seminaarissa todettiin, että kokeen karakterisointi osoittautui olevan tärkeä ja toimiva työkalu määriteltäessä kallioperässä tapahtuvien pohjavesivirtausten geometriaa ja yhteyksiä. Tärkeimpiä karakterisoinnissa käytettyjä työkaluja olivat reikä-TV ja Posivan virtausmittari. Suuren mittakaavan (10-50 m) TRUE Block Scale -kokeessa päämääränä oli oppia ymmärtämään paremmin pohjaveden virtauksia ja merkkiaineen kulkeutumista rakoverkoston.

Kesällä 2000 prototyyppi loppusijoituskoe hyväksyttiin EU:n 5. tutkimuspuiteohjelmaan vuosiksi 2000



–2003. “Prototype Repository”-projektissa testataan ja demonstroidaan KBS-3-loppusijoitusratkaisua rakentamalla täyden mittakaavan pitkäaikaiskoe suljetulle loppusijoitustunnelille. Äspön TBM-tunneliin porattuihin täyden mittakaavan loppusijoitusreikiin sijoitetaan lämmittimillä varustetut kapselimallit, jotka ympäröidään kompaktoidulla bentoniitilla. Lisäksi tilat instrumentoidaan ja niihin rakennetaan myös näytteenottojärjestelmät. Lopuksi tunneli täytetään murskeen ja bentoniitin seoksella sekä suljetaan jyrkällä betonirakenteilla. Posiva osallistuu projektiin ollen mukana sen suunnittelussa ja kehittämisessä. Tarkoituksena on mm. osallistua koejärjestelyiden ja rakenteiden suunnittelun ja asentamisen arviointiin sekä tunnelipohjavesinäytteiden oton ja analysoinnin valmisteluun sekä tulosten arviointiin. Lisäksi lähialueella mallinnetaan pohjaveden tasapainoa bentoniitin ja kallion rajapinnalla.

Posiva osallistuu Äspön kalliolaboratoriossa tehtävään LOT-kokeeseen (Long Term Test of Buffer Material), jossa pyritään validoimaan puskurimateriaalissa tapahtuvien pitkäaikaisprosessien hypoteeseja ja malleja sekä niihin läheisesti liittyviä prosesseja koskien mikrobiologiaa, radionuklidien kulkeutumista, kuparin korroosiota ja kaasun kulkeutumista. Kokeet tehdään noin puolen kilometrin syvyydellä, tunnelin pohjaan poratuissa, halkaisijaltaan 30 cm:n ja syvyydeltään 4 m:n rei'issä. Viidessä eri reiässä tehtävät kokeet aloitettiin kesällä 1999 ja niiden kestoksi on suunniteltu 1, 5 ja 20 vuotta. Testissä olleen materiaalin fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia, mineralogiala ja mikro-rakennetta on tarkoitettu verrata kokeen lopussa referenssimateriaalin vastaaviin ominaisuuksiin. Suomessa selvitetään bentoniitissa tapahtu-



*Äspön kalliolaboratorio.*

via kemiallisia prosesseja sekä huokosveden ja bentoniittiin muodostuvia kemiallisia olosuhteita. Tätä silmälläpitäen on vuosien 1999-2000 aikana kehitetty ja testattu monipuolinen valikoima huokosveden tutkimuksessa tarvittavia analyysi- ja mittaumenetelmiä. Raportti tästä työstä valmistuu vuoden 2001 alkupuolella. Ensimmäisen reiän avaamisen jälkeen kemiallisissa tutkimuksissa tarvittavat bentoniittinäytteet toimitetaan Suomeen tarkoitukseen valmistetuissa suoja-astioissa.

Posivan ja SKB:n välisenä yhteistyönä ja osana SKB:n Äspön kalliolaboratorio-projektia on jatkettu sekä poraus-räjätysmenetelmällä että mekaanisesti louhittujen (TBM = Tunnel Boring Machine) kallio-tilojen häiriövyöhykkeiden ominaisuuksien tutkimista. Räjättyksen aiheuttamaa häiriötä on tutkittu Äspön Zedex-tunnelista otetuista näytteistä vuoden 2000 aikana ja tulokset raportoidaan 2001 alussa. Myös TBM-porauksen aiheuttamaa häiriötä on tutkittu Äspön TBM-tunnelista otetuista näytteistä ja tutkimusten tulokset raportoidaan niinikään vuo-

den 2001 alussa.

Loppusijoitusreikien porauksen aiheuttamaa häiriötä Olkiluodon tutkimustunneliin porattujen täyden mittakaavan loppusijoitusreikien ympärillä on tutkittu käyttäen eri menetelmiä. Yhteenvetoraportti näistä tutkimuksista valmistuu vuonna 2001. Tähän mennessä tehdyt tutkimukset on esitetty useissa eri julkaisuissa. Lisäksi saatujen tulosten perusteella on tarkasteltu häiriövyöhykkeen vaikutusta radionuklidien kulkeutumiseen.

Olkiluodon tutkimustunnelissa Posivan ja SKB:n välisenä yhteistyönä suoritettavalla in-situ murto-kokeella tutkitaan kiven murtumisen numeerisen mallinnuksen ja todellisten kiveen syntyvien murtumien yhteensopivuutta. Koetta on valmisteltu vuoden 2000 aikana ja se on suunniteltu tehtäväksi 2001. Tarkastelujaksolla on selvitetty gneissimäisen tonaliitin mekaanisia ominaisuuksia, kehitetty koetekniikkaa ja mallinnettu koe sekä numeerisesti että perinteisin menetelmin. Lisäksi koe simuloitiin käyttäen partikkelimekaanista mallinnusmenetelmää.

# VOIMALAITOSJÄTTEIDEN HUOLTO

Runsasaktiivisen käytetyn polttoaineen lisäksi Olkiluodon ja Loviisan voimalaitoksilla kertyy käytön aikana keski- ja vähäaktiivisia ydinjätteitä, joita ovat käytetyt reaktorin sisäosat (esim. säätösauvat ja sydäninstrumentit) ja voimalaitosjätteet (esim. ioninvaihtohartsit ja huoltojäte). Käytettyjen reaktorin sisäosien huoltoa käsitellään luvussa "Käytöstäpoistosiselvytykset" ja voimalaitosjätteiden huoltoa tässä luvussa.

## OLKILUODON VOIMALAITOS

### Toimintaperiaate ja aikataulu

Voimalaitosjätteistä pääosa pakataan heti käsittelyä, varastointia ja loppusijoitusta varten. Prosessivesien puhdistukseen käytetyt keskiaktiiviset ioninvaihtohartsit kiinteytetään bitumiin ja seos valetaan terästyynnyreihin. Osa vähäaktiivisista jätteistä (kokoonpuristuva sekalainen huoltojäte) tiivistetään terästyynnyreihin hydraulisella puristimella ja osa (metalliromu ja suodatinsauvat) pakataan sellaisenaan teräs- ja betonilaatikoihin sekä terästyynnyreihin. Kokoonpuristuvaa jätettä sisältävät tynnyrit kompaktoidaan siten, että tynnyreiden lopullinen korkeus on

noin puolet alkuperäisestä korkeudesta ja halkaisija ei muutu. Myös metalliromua voidaan kompaktoida ennen pakkaamista. Sekalaiset nestemäiset jätteet ja lietteet kiinteytetään sekoittamalla jätettä ja sideainetta toisiinsa tynnyrissä, joka jää kiinteystuotteen pakkaukseksi.

Voimalaitosjätteitä varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosyksiköillä, keskiaktiivisen jätteen välivarastossa (KAJ-varastossa), vähäaktiivisen jätteen välivarastossa (MAJ-varastossa), aidatulla varastointialueella sekä vähän myös KPA-varastossa Olkiluodon voimalaitosalueella.

Voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen (VLJ-luolan) nykyisiin jäteosiin loppusijoitetaan voimalaitoksen käytön aikana kertyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet. Hyvin vähäaktiiviset jätteet vapautetaan valvonnasta ja viedään Olkiluodon voimalaitosalueella sijaitsevalle kaatopaikalle tai luovutetaan muualle esim. käsiteltäväksi uusiokäyttöä varten.

### Nykytilanne varastoinnissa ja loppusijoituksessa

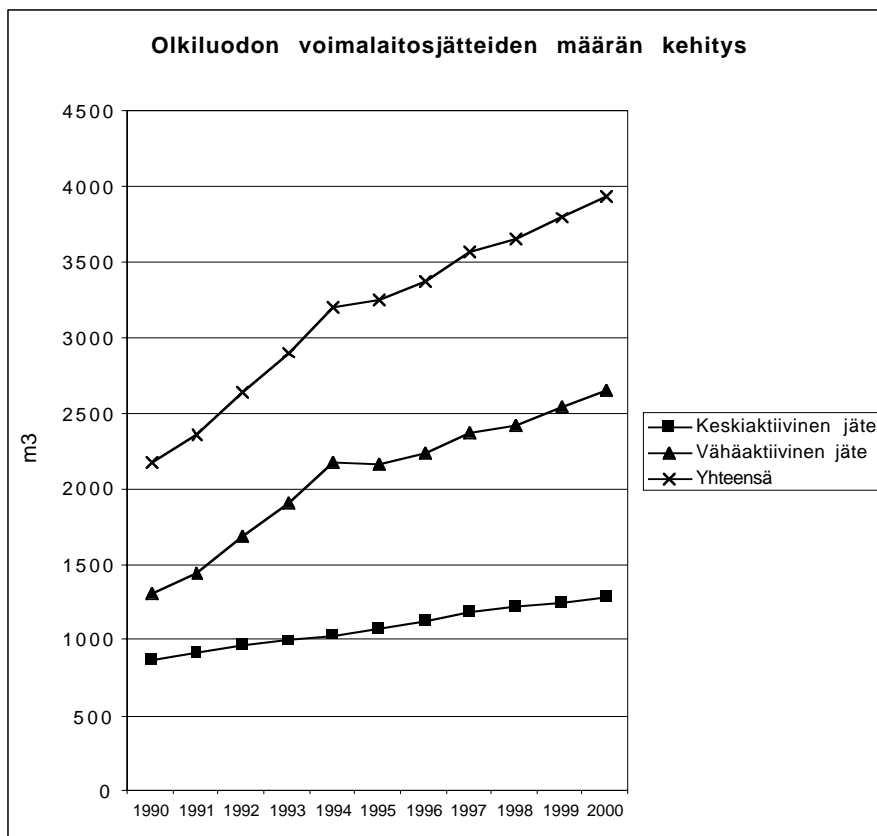
Vuoden 2000 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää alla olevasta taulukosta. Jätteet on pakattu tynnyreihin (à 200 l tai kompaktoituina noin 100 l), teräslaatikoihin (à 1,3 tai 1,4 m<sup>3</sup>) ja betonilaatikoihin (à 5,2

m<sup>3</sup> netto). Lisäksi TVO:lla oli Studsvik Energiteknik AB:n varastossa Studsvikissa 5 tynnyriä koepoltossa muodostunutta vähäaktiivista tuhkaa. Tynnyreitä ja laatikoita varastoidaan tarvittaessa laitosisyksiköiden varastotiloissa ja KAJ-varastossa ennen loppusijoitusta VLJ-luolaan. Tynnyrit ja teräslaatikot sijoitetaan ennen VLJ-luolaan vientiä isoihin (à 5,2 m<sup>3</sup> netto) ja pieniin (à 3,9 m<sup>3</sup> netto) betonilaatikoihin siten, että isoon betonilaatikkoon sijoitetaan 16 tynnyriä tai 7 tynnyriä ja 2 teräslaatikkoa ja pieneen betonilaatikkoon 12 tynnyriä. Kompaktoituja tynnyreitä sijoitetaan betonilaatikoihin vastaavasti kaksinkertainen määrä.

KAJ-varastossa ja sen viereen rakennetulla aidatulla varastointialueella säilytetään suuria kontaminoituneita metallikomponentteja. Käytettyjä ilmastointisuodattimia ja muita pakkaamattomia voimalaitosjätteitä varastoidaan lisäksi laitosisyksiköillä. Pakkaamattomissa oli mukana myös bitumoimattomat hartsit sekä jäteöljy. Osa metalliromusta pakataan VLJ-luolassa käytettäviin betonilaatikoihin. Osa pakkaamattomista jätteistä on tarkoitus myöhemmin vapauttaa valvonnasta uusiokäyttöä tai kaatopaikalle vientiä varten. Esimerkiksi hyvin vähäaktiivinen jäteöljy, jota oli vuoden 2000 lopussa yhteensä 4 m<sup>3</sup>, voitaneen vapauttaa myöhemmin valvonnasta uu-

### Olkiluodon voimalaitoksen voimalaitosjätteet

	Kokonaisjättemäärä		KAJ-siilo (kpl)	VLJ-luolassa	
	(kpl)	(m <sup>3</sup> )		MAJ-siilo (kpl)	Yhteensä (m <sup>3</sup> )
Bitumoitu jäte	6449	1290	6243		1249
Muu voimalaitosjäte					
- tynnyreissä	5701	1028		5410	976
- teräslaatikoissa	452	628	2	444	620
- betonilaatikoissa	135	702		135	702
- pakkaamaton		294			
<b>Yhteensä</b>		<b>3942</b>			<b>3547</b>



siokäyttöä varten.

Voimalaitosyksiköiden jäterakennuksiin mahtuu nykyisin noin 1000 tynnyriä kumpaankin. MAJ-varastossa varastoidaan enimmäkseen vain hyvin vähäaktiivisia huoltojättesäkkejä ja romua, jotka on tarkoitettu vapauttaa valvonnasta. KAJ-varastoon voidaan sijoittaa tynnyreitä, laatikoita ja suurikokoisia kontaminoituneita metallikomponentteja noin 6000 tynnyriä vastaava määrä. VLJ-luolan keskiaktiivisten jätteiden siilon kapasiteetti tynnyreinä (200 l) on 17 360 tynnyriä ja vähäaktiivisten jätteiden siilon 24 800 tynnyriä eli yhteensä noin 8400 m<sup>3</sup> tynnyreihin pakattuja voimalaitosjätteitä, joka vastaa Olkiluodon kahden laitossyksikön 40 vuoden käytöstä kertyvää jätemäärää. Alueen kallioperään voidaan tarpeen vaatiessa rakentaa lisää loppusijoitustiloja VLJ-luolan laajenuksena.

Säteilyturvakeskuksen hallussa olevat ns. pienjätteet varastoidaan erillisen sopimuksen nojalla Olkiluodon VLJ-luolaan. Pienjätteet koostuvat lähinnä sairaaloissa, tutkimuslaitoksissa ja teollisuuslaitoksissa

sa käytetyistä radioaktiivisista aineista. Tähän mennessä on VLJ-luolaan kertynyt 36 m<sup>3</sup> pienjätettä.

### ***Voimalaitosjätteisiin liittyvät tutkimukset***

Vähäaktiivisen huoltojätteen mikrobiologista hajoamista tutkitaan suuren mittakaavan kokeessa VLJ-luolan louhintatunnelissa. Hanke oli osa EC:n ydinfissioturvallisuusohjelman PROGRESS-projektia vuosina 1997-1999. Tutkimuksella tarkennetaan huoltojätteessä muodostuvan kaasun määrääarviota ja parannetaan tietämystä koko hajoamistapahtumasta VLJ-luolan sulkemisen jälkeisessä tilanteessa. Lisäksi työssä seurataan aktiivisuuden siirtymistä jätetyynyreistä ympäröivään veteen. Kahdenkymmenen kuutiometrin suuruudessa terästankissa on yksi VLJ-luolan betonilaatikko kompaktointua huoltojätettä sisältävien tynnyreineen. Koe on käynnistetty elokuussa 1997. Tynnyreissä aluksi olleen ilman poistuttua on kaasunkehitys ollut vähäistä verrattuna tur-

vallisuusanalyysissä käytettyyn arvoon. Kumulatiivinen kaasunkehitys v. 2000 lokakuun loppuun mennessä oli yhteensä n. 1400 litraa. Vesikemian, mikrobi- ja kaasuanalyyysien mukaan koeolosuhteet ovat selvästi anaerobiset. Anaerobisten bakteerien määrä on kasvussa, veden sulfidi- ja rautapitoisuudet ovat myös voimakkaasti kasvaneet ja metaani on dominoiva kaasu. Mitatut kemianparametrit ja mikrobit osoittavat selvästi, että säiliön pohjalla ja tynnyrien kansitasolla vallitsevat varsin erilaiset kemialliset ja mikrobiologiset olosuhteet.

Kuvatun kokeen täydentämiseksi VTT:n Bio- ja elintarviketekniikassa tutkittiin kaasunkehitystä pienessä mittakaavassa vuosina 1997-1999. Kokeen tavoitteena oli selvittää aineenvaihduntakaasujen aiheuttaman paineen vaikutusta mikrobitoimintaan. Kokeen aikana ei muodostunut merkittäviä määriä biokaasuja ja rasvahappojen määrä pysyi alhaisena. Erona todelliseen tilanteeseen oli pienen mittakaavan kokeen homogeeniset olosuhteet, sillä jäte sijaitsi paineastioissa tasaisesti jakautuneena betonimurskeen kera.

Alustavat kemian parametrien mittaukset ovat osoittaneet jätteestä vapautuneen radioaktiivisuuden (Co-60, Cs-137, Cs-134) jakautuneen epätasaisesti koetankissa; aktiivisuus pohjalta otetussa näytteessä on suurempi kuin pinnalta otetussa. Vuonna 2000 saatettiin loppuun esiselvitys aktiivisuuksien fysikaalis-kemiallisista esiintymismuodoista säiliössä. Jätteistä vapautunut radioaktiivisuus oli tankin pohjatasolta otetuissa näytteissä suurempi kuin tynnyreiden kansitasojen näytteissä. Pohjalta otetuissa näytteissä kaikki aktiivisuus oli liuenneessa muodossa.

### ***VLJ-luolan käytön aikaiset tutkimukset***

VLJ-luolan kallio tilojen käytön aikainen seuranta (kalliomekaniik-

ka, hydrogeologia, pohjavesikemia, luolan ilma) jatkui vuonna 2000 aiemmin laaditun tutkimus- ja seurantaohjelman mukaisesti.

Olkiluodon VLJ-luolan alueen pohjavesikemiaa on seurattu 1980-luvulta lähtien. Luolan kolmelta pohjavesiasemalta on rakentamisen ja käytön aikana otettu vesinäytteitä analysoitavaksi. VLJ-luolan monitorointiohjelman mukaisesti näytteenottoa on edeltänyt veden pH:n, sähkönjohtavuuden, redox-potentiaalilin (Eh), liuennun hapen ja lämpötilan seuranta.

Vuonna 2000 suoritettiin kenttämittaukset kaikilta kolmelta pohjavesiasemalta PVA1-PVA3. Tulosten perusteella kaikissa mittauspisteissä vallitsevat pelkistävät ja lie-

västi emäksiset olosuhteet.

Sinkkipinnoitteen korroosiokeotutkimuksen tavoitteena on saada tietoa sinkittyjen kallion lujituspulttien korroosionkestosta Olkiluodon VLJ-luolan olosuhteissa sillä oletuksella, että kalliopultteja suojaavan sementtilaastin oletetaan täysin menettäneen suojausominaisuutensa.

Sinkityn teräksen korroosioikäyttyymistä VLJ-luolaan poratussa kairanreiässä tutkittiin vuonna 1998 aloitetulla kokeella. Näytteet sinkityistä teräslevyistä otettiin vuonna 1999 ja 2000. Sinkkipinnoitteen syöymistä tapahtui jo ensimmäisen koevuoden aikana, ja toisen koevuoden jälkeen sinkkipinnoite oli lähes kaikista tutkituista levyistä liennut pois. Sinkki ei pystynyt suojaamaan

terästä katodisesti, vaan myös teräksen korroosio on alkanut. Syöpyminen johtuu vesianalyysien ja v. 2000 suoritettujen kenttämittausten mukaan kairanreiässä olevasta sinkille aggressiivisesta happipitoisesta vedestä sekä mahdollisesti myös pohjaveden melko neutraalista pH-arvosta. Kairanreikään asennettiin kesällä 2000 betonisyylintereitä, joiden avulla pyritään säätämään pohjaveden pH:ta emäksisemmäksi ja näin ollen jäljittelemään lujituspulttien todellista ympäristöä käyttötilanteessa. Kesällä 2000 asennettiin myös reikään sinkkilevyjä, joista jatkossa pystyttäen sinkkipinnoitettuja levyjä paremmin määrittämään sinkin syöymisnopeus kyseisissä olosuhteissa.

Vuonna 1999 laaditussa Olkiluodon VLJ-luolan kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelmassa on määritelty tarve suorittaa tarkentavia ja täydentäviä vedenjohtavuuden mittauksia sekä pohjaveden virtausmittauksia VLJ-luolan alueella. Vuonna 1999 aloitetut mittaukset valmistuivat toimintakertomusvuonna. Kallion vedenjohtavuusprofiili mitattiin Posivan eromittauslaitteistolla tutkimusrei'issä YD5-YD7 ja YD13. Poikkivirtausmittauksia tehtiin rei'issä YD6 ja YD7. Mittausten perusteella laadittiin rei'ille YD5-YD7 tulppaus suunnitelmat monitulppalaitteistojen uudelleen asentamiseksi reikiin. Asennustyöt tehdään vuonna 2001, jonka jälkeen rei'issä voidaan jatkaa hydrologisia seurantamittauksia.

## **LOVIISAN VOIMALAITOS**

### ***Toimintaperiaate ja aikataulu***

Keski- ja vähäaktiivinen voimalaitosjäte käsitellään ja varastoidaan voimalaitoksella. Käytetyt ioninvaihtohartsit ja haihdutusjätteet varastoidaan toistaiseksi kiinteyttämättä säiliövarastossa. Hyvän varastotilanteen



*Sinkittyjen teräslevyjen näytteenotto käynnissä VLJ-luolassa elokuussa 2000.*

takia kiinteytyslaitoksen rakentamiseen ei vielä ole ollut tarvetta.

Vuoden 1997 lopulla aloitettiin sementointiin perustuvan kiinteytyslaitoksen alustavan turvallisuusselostuksen (PSAR) laadinta. Suunnitelman mukaan kiinteytyslaitoksen rakentaminen voidaan aloittaa STUKin hyväksytyä alustavan turvallisuusselostuksen. Alustava turvallisuusselostus toimitettiin 3.1.2000 hyväksyttäväksi.

Fortum on panostanut voimakkaasti uusien käsittelymenetelmien kehittämiseen. Tämän tuloksena on otettu käyttöön menetelmä, jolla kesium voidaan erottaa haihdutusjätteestä hyvin pieneen jätetilavuuteen. Haihdutusjäte saadaan kesiumin erotuksella niin puhtaaksi, että aiempaa suurempi osa nesteestä voidaan vapauttaa valvonnasta kasvattamatta kuitenkaan vuosittaisia aktiivisuuspäästöjä.

Voimalaitoksen huolto- ja korjaustoissa syntyvä kuiva huoltojäte pakataan 200 litran terästynnyreihin. Puristuva jäte prässätään tynnyreihin jätepuristimella, jolloin yhteen tynnyriin saadaan mahtumaan 3–4 kertaa enemmän jätettä kuin ilman tiivistystä.

Loviisan voimalaitoksen käytöstä kertyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet loppusijoitetaan laitosalueen kallioperään rakennettuihin tiloihin. Loppusijoitustila otettiin väli-varastokäyttöön keväällä 1997. Käyttölupa loppusijoitustilalle saatiin keväällä 1998 ja tila on käytössä huoltojätteiden loppusijoitustilana vuoden 1999 kesästä alkaen.

## Nykytilanne varastoinnissa

Vuoden 2000 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää alla olevasta taulukosta.

### Loppusijoitustila

Loviisan voimalaitoksella syntyvä keski- ja vähäaktiivinen voimalaitosjäte loppusijoitetaan Hästholmenin saaren kallioperään rakennettuihin tiloihin. Fortum on tutkinut voimalaitosalueen kallioperän soveltuvuutta jätteiden loppusijoitukseen jo 1980-luvun alusta lähtien. Loppusijoituslaitoksen alustava turvallisuusseloste valmistui vuonna 1986. Säteilyturvakeskus hyväksyi turvallisuusselosteen ja antoi voimalaitoksen käyttölupaehdojen mukaisen luvan loppusijoituslaitoksen rakentamiselle vuonna 1988. Rakentamisen valmistelut aloitettiin vuonna 1992 ja rakennustyöt aloitettiin helmikuussa 1993.

Keväällä 1993 aloitettu louhintatyö saatiin päätökseen aikataulun mukaisesti joulukuussa 1995. Rakennus- ja asennustyöt aloitettiin marraskuussa 1995 ja asennustyöt valmistuivat aikataulun mukaan vuoden 1996 lopussa, jolloin myös loppusijoitustilan käyttölupahakemus jätettiin. Loppusijoitustila otettiin väli-varastokäyttöön keväällä 1997 ja loppusijoituskäyttöön kesällä 1999.

Loppusijoituslaitos muodostuu noin 1100 m pitkistä ajotunnelista ja noin 110 m:n syvyyteen rakennettavista tunneli- ja hallitiloista sekä por-

ras- ja ilmastointikuiluista. Laitos toteutetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä rakennusvaiheessa louhittiin kaikki tilat ja kulkuyhteydet valmiiksi. Huoltojätteelle louhittiin kaksi loppusijoitustunnelia sekä kiinteytetylle jätteelle loppusijoitushalli. Valmiiksi saakka rakennettiin tässä vaiheessa vain yksi huoltojätetunneli ja koko loppusijoituslaitosta palvelevat järjestelmät. Toisessa rakennusvaiheessa tehdään toisen huoltojätetunnelin ja kiinteytettyjen jätteiden tilan rakennus- ja asennustyöt. Toisen vaiheen toteutusajankohta määräytyy kiinteytyslaitoksen rakennusaikataulun perusteella.

Käytönaikaisista tutkimuksista on laadittu erilliset tutkimusohjelmat sekä ajotunnelin että hallitilojen osalta.

### Kesiumin erotuslaitos

Kesiumin erotuslaitoksella on vuoden 2000 loppuun mennessä puhdistettu yhteensä yli 900 m<sup>3</sup> haihdutusjätettä 14:llä ioninvaihtokolonnila, joiden kunkin tilavuus oli 8 l. Kesiumin tehokas erottaminen haihdutusjätteestä on voimalaitoksella jo normaali käyttötoimi.

### Kiinteytysmenetelmien tutkimukset

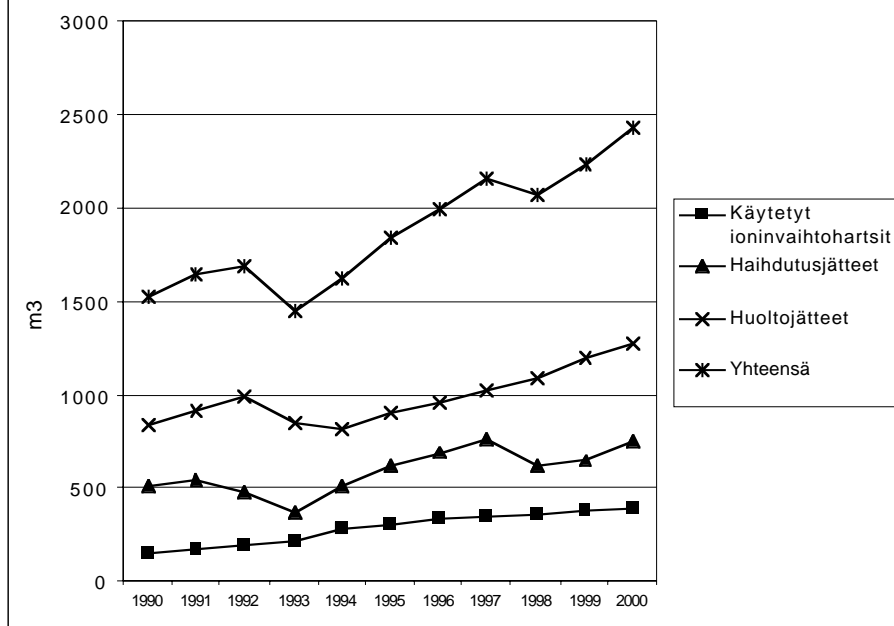
Loviisan märkien voimalaitosjätteiden peruskäsittelymenetelmäksi on valittu sementtikiinteytys. Kertomusvuoden aikana jatkettiin pohja-

#### Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjätteet

	Kokonaisjättemäärä		Osuus varastokapasiteetista	Aktiivisuus
	Laitoksella/ varastorakennuksissa (m <sup>3</sup> )	Loppusijoitustilassa (m <sup>3</sup> )		
Käytetyt ioninvaihtohartsit	398		(%) 47	(GBq) 18850
Haihdutusjätteet	760		73	530
Huoltojätteet	547	728		230
<b>Yhteensä</b>	<b>1705</b>	<b>728</b>		<b>19610</b>



Loviisan voimalaitosjätteiden määrän kehitys



sakkojen kiinteytysreseptien tarkistusta uusilla rakennussementeillä sekä aloitettiin vastaavat kokeet myös ioninvaihtohartsin kiinteytystuotteelle, jonka kiinteytysreseptiin kuuluva vesijohtovesi korvattiin haihdutusjätteellä. Lisäksi saatiin koetuloksia pitkäaikaissäilytyksessä olevista loppusijoitusastioista sekä kiinteytystuotekappaleista, joista vanhimmat ovat jo yli 17 vuoden ikäisiä.

Eurooppalaisen sementtistandardin voimaantulon sekä samanaikaisesti tapahtuneen ainoan kotimaisen sementtivalmistajan toteuttaman sementtiklinkkerin polttoprosessin, jauhatuksen ja raaka-ainepohjan muutostyön myötä kotimaiset rakennussementtityypit ovat merkittävästi muuttuneet. Kertomusvuoden aikana saatiin päätökseen kartoitus näiden uusien sementtien soveltavuudesta haihdutusjätteen ja ylivuotosäiliön pohjasakoille kehitettyihin kiinteytysresepteihin. Materiaalikoeket, esikoeket ja varsinaiset kiinteytyskokeet käsittäneen kehitystyön myötä on em. jätteiden kiinteytyskoostumukset saatu tarkistettua siten, että tuoreen ja kovettuneen lopputuotteen ominaisuudet vastaavat asetettuja tavoitteita. Kertomusvuoden aikana aloitettiin vastaavanlai-

nen kartoitustyö myös ioninvaihtohartsin kiinteytyskoostumuksille, joissa massan notkeuden säätöön käytettävä vesijohtovesi korvattiin haihdutusjätteellä, sekä turvallisuusanalyysien vaatimien materiaaliominaisuuksien testaukset uusille pohjasakkojen kiinteytysresepteille. Nämä viimeksi mainitut koesarjat jatkuvat vuoden 2001 puolelle.

Puolimittakaavaisiin loppusijoitusastioihin vuonna 1987 kiinteytetyn aktiivisen ioninvaihtohartsin säilytyskoe jatkui. Jätepakkaukset ovat olleet pohjavesisäilytyksessä Loviisan voimalaitoksella jo 12 vuotta ja ovat odotusten mukaisesti edelleen hyväkuntoisia. Astioiden betonipinnoissa ei ole havaittu rakenteellista vaurioitumista ja säilytysveden koostumus on ollut suhteellisen vakaa. Säilytysveden aktiivisuusmittauksissa ei myöskään ole havaittu merkkejä nuklidien vapautumisesta betoniastioiden sisältämästä kiinteytystuotteesta.

### ***VLJ-luolan käytönaikaiset tutkimukset***

VLJ-luolan käytönaikaisia tutkimuksia jatkettiin vuonna 2000 seu-

rantaohjelman mukaisesti. Ohjelman tavoitteena on selvittää ja seurata loppusijoitustilojen ja sen lähiympäristön pohjaveden ja kallioperän ominaisuuksissa ja käyttäytymisessä tapahtuvia muutoksia pitkällä aikavälillä.

Seurantaohjelma on sisältänyt maanpinnalla olevien tutkimusreikien pohjavesipintojen seurantaan kerran viikossa, kesästä 2000 lähtien kerran kuukaudessa. Tällöin myös Hästholmenilla olevat Posivan syvät kairanreiät otettiin mukaan seurantaan. Makean ja ns. suolaisen pohjaveden sijainti mitattiin rei'issä neljästi kuluneen vuoden aikana. Loppusijoitustiloissa on mitattu pohjaveden johtokykyä, painetta ja vuotoveden määrää kerran kuukaudessa, paineen ja vuotovesimäärän osalta myös jatkuvasti. Mittaukset ovat keskittyneet vuotovesialtaisiin ja varta vasten rakennettuun viiteen pohjavesiasemaan. Pohjavesiasemista otettiin loppuvuodesta vesinäytteet kemiallisia analyysejä varten. Kallioperäseuranta on tehty pääosin automatisoidulla kalliomekaanisella mittausjärjestelmällä.

Vuoden 2000 havaintojen mukaan pohjaveden pinta seuraa melko tarkasti meriveden korkeusvaihteluja. Rakennusaikana pohjaveden pinta laski joitakin metrejä tilojen lähialueella, mutta tilojen valmistuksen jälkeen on ollut havaittavissa selvää kohoamista, mikä jatkui myös kuluneena vuonna. Makean ja suolaisen veden rajapinta vastaavasti on lievässä laskussa ollen tilojen alueella noin tasovälillä -10...-80 m eli selvästi tilojen yläpuolella.

Vuotovesien johtokyky mittaukset osoittavat, että vesi on edellisvuotista suolaisempaa johtokyvyn vaihdellussa tilojen eri osissa välillä 1000-1500 mS/m.

Pohjaveden painearvoissa näkyy selvästi merenpinnan korkeusvaihteluiden vaikutus. Paine vaihtelee viidellä eri pohjavesiasemalla välillä 1...11 bar.

Vuotovesien määrämittauksia tehtiin yhteensä seitsemässä pistees-

sä eri puolilla loppusijoitustiloja. Louhintojen valmistuttua vuonna 1996 oli kokonaisvuoto suurimmillaan noin 300 l/min, mistä se on tasaisesti laskenut ollen vuoden 2000 lopussa noin 120 l/min. Vuotomäärästä noin puolet tulee ajotunnelista ja puolet muista tiloista. Huoltojäte-tilat ovat mittaustulosten perusteella käytännössä kuivia.

Pohjavesiasemien vedet ovat ns. suolaisia Na-Cl- ja Na-Ca-Cl-vesiä tai osin makeampia ns. välikerroksen Na-Ca-Cl/Na-Cl-vesiä. Vedet ovat lievästi pelkistäviä ja emäksisiä.

Kalliomekaanisten mittausten tulokset osoittavat hyvin stabiileja olosuhteita. Kalliotilojen katoissa ja seinissä tapahtuneet siirtymät ovat edellisvuosien tapaan erittäin pieniä, alle 0,1 mm:n luokkaa.

### ***Voimalaitosjätteen loppusijoituksen turvallisuusselvitykset***

Kertomusvuoden aikana täydennettiin loppusijoitustilalle tehtyä kaasunmuodostumistarkastelua toisaalta arvioimalla loppusijoitustilan olosuhteita kaasunmuodostuksen kannalta ja toisaalta analysoimalla sen mahdollisia vaikutuksia lähialuehallinnukseen. Tarkastelun perusteella kaasukysymys ei vaikuta kriittiseltä Loviisan loppusijoitustilan kannalta, mutta asiaa koskevan tutkimuksen seuranta on tarkoitus jatkaa. Tämän lisäksi tehtiin lyhyt arvio teknisistä valmiuksista loppusijoitustilan toisen käyttövaiheen käyttöönottoa varten tehtävien turvallisuusselvitysten tekemiseen.

## ***YHTEISET SELVITYKSET***

TVO:n ja Fortumin yhteishankkeenä tutkitaan betonin pitkäaikaissäilyvyyttä loppusijoitusolosuhteissa Olkiluodon VLJ-luolassa ja Fortum Teknologian betonilaboratoriossa. Tutkimushanke koskee sekä voimalaitosjäte- että käytöstäpoisto-jätehuoltoa. Tässä kertomuksessa tutkimus käsitellään käytöstäpoistonselvityksissä (sivu 23).

# KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET

## **OLKILUODON VOIMALAITOS**

Olkiluodon voimalaitoksella ker-  
tyy käytön aikana keski- ja vähäak-  
tiivisia ydinjätteitä, joita ovat käyte-  
tetyt reaktorin sisäosat (esim. säätö-  
sauvat, sydäninstrumentit ja sydän-  
ritilät, moderaattoritankin kannet  
sekä höyrynerottimet). Koska ne lop-  
pusijoitetaan käytöstäpoiston yhtey-  
dessä, asiaa käsitellään tässä koh-  
dassa.

Vuoden 2000 loppuun mennessä  
Olkiluodon voimalaitoksella oli ker-  
tynyt säätösauvoja 229 kpl, sydän-  
instrumentteja 196 kpl ja sydänriti-  
löitä 2 kpl sekä 2 kpl moderaattori-  
tankin kansia höyrynerottimiseen.  
Käytettyjä reaktorin sisäosia säilyte-  
tään laitosyksiköiden vesialtaissa.

Olkiluodon voimalaitoksen käy-  
töstäpoiston suunnitelma saatetaan  
ajan tasalle viiden vuoden välein.  
Viimeksi ajan tasalle saatettu suun-  
nitelma esitettiin 1998. Purkusuun-  
nitelmien mukaan voimalaitosyksi-  
köiden reaktoripaineastiat paloitel-  
laan käytöstäpoiston yhteydessä.  
Suunnitelmassa on myös esitetty  
vaihtoehto, jossa reaktoripaineastiat  
irrotetaan ja loppusijoitetaan koko-  
naisina. Suunnitelma perustuu voi-  
malaitosten noin 40 vuoden käyt-  
töön ja noin 30 vuoden valvottuun  
säilytykseen ennen purkua. Lopulli-  
nen käytöstäpoistosuunnitelma laa-  
ditaan hyvissä ajoin ennen voimalai-  
tosyksiköiden käytön päättymistä.  
Käytöstäpoistosta syntyvät keski- ja  
vähäaktiiviset jätteet sekä voimalai-  
toksen käytön aikana kertyneet käy-  
tetyt reaktorin sisäosat loppusijoite-  
taan VLJ-luolan laajennusosaan ny-  
kyisen suunnitelman mukaan.

Vuoden 2000 aikana on tehty  
lisäselvityksiä koskien reaktoripai-  
neastioiden purkamista kokonaise-  
na.

Voimalaitoksen purkujätteen

aktiivisuusinventaarin kehittämisek-  
si jatkettiin aktiivisuusmittauksia lai-  
toksen eri järjestelmistä. Aktiivisuus-  
mittaus- ja tallennusohjelma otettiin  
käyttöön raportointivuonna.

Kertomusvuonna tarkistettiin  
kontaminoituneen käytöstäpoistojät-  
teen aktiivisuusmäärät ja säteily-  
tasot. Tulokset ovat samankaltaiset  
kuin aikaisemmin tehdyissä selvi-  
tyksissä. Aktivoituneen käytöstäpois-  
tojätteen aktiivisuusmäärien selvit-  
tämiseksi tehtiin valmistelevia tutki-  
muksia.

Pitkäaikaiset hiiliteräksen kor-  
roosiokokeet VLJ-luolan louhinta-  
tunnelissa käynnistyivät loppuvuo-  
desta 1998. Kokeet toteutetaan yh-  
dessä betonitutkimuksen kanssa sit-  
ten, että hiiliteräspalat on sijoitettu  
osittain samoihin koereikiin betonien  
kanssa. Laboratoriokokeet betoni-  
vesi- ja kalliopohjavesiympäristössä  
käynnistyivät keväällä 1998. Hiilite-  
räsnäytteiden korroosionopeus mää-  
ritetään painohäviöstä ja vetykaasun  
volymetrinen mittauksen avulla.

Purkujättemetallien turvallisuus-  
analyysin kannalta tärkeän nikkelin  
(Ni-59) liukoisuutta on tutkittu vuo-  
sina 1999-2000 tarkastelemalla liu-  
koisuuteen vaikuttavien keskeisten  
parametrien, kuten raudan ja sulfidin  
vaikutusta betoni- ja pohjavesiymp-  
äristössä.

## **LOVIISAN VOIMALAITOS**

Loviisan voimalaitoksella ker-  
tyy käytön aikana keski- ja vähäak-  
tiivisia ydinjätteitä, jotka loppusijoit-  
etaan vasta käytöstäpoiston yhtey-  
dessä. Tällaisia ovat esimerkiksi käy-  
tetyt absorbaattorit, neutronivuo-  
anturit, säätösauvojen välitangot ja  
fissiokammiot.

Vuoden 2000 loppuun mennessä  
Loviisan voimalaitoksella oli käy-  
tettyjä absorbaattoreita 185 kpl, neut-

ronivuoantureita 154 kpl, välitanko-  
ja 128 kpl ja fissiokammioita 8 kpl.  
Näistä absorbaattorit ja fissiokam-  
miot on varastoitu tarkoitusta varten  
tehtyihin kanaviin käytetyn polttoai-  
neen varastossa. Neutronivuoanturit  
ja välitangot ovat varastoituina reaktori-  
hallsissa sijaitsevilla vastaavissa  
kanavissa. Lisäksi reaktorihallin  
kanavissa on varastoituna 31 purkil-  
lista materiaalinäyteketjuja ja muuta  
vastaavaa.

Vuonna 1987 Fortum teki Loviis-  
an voimalaitoksen käytöstäpoisto-  
suunnitelman ja käytöstäpoiston kus-  
tannusarvion. Käytöstäpoistosuunni-  
telmat saatettiin ajan tasalle vuonna  
1993. Suunnitelman lähtökohtana oli  
voimalaitoksen 30 vuoden käyttö,  
joka vastaa laitoksen alunperin suun-  
niteltua käyttöikää. Ydinvoimalai-  
toksen käyttöikää on kuitenkin mah-  
dollista pidentää teknisillä toimenpi-  
teillä. Vuoden 1998 lopussa valmistui  
uusi selvitys, jossa tarkasteltiin sekä  
muuttuneen käytetyn polttoaineen  
huollon että voimalaitoksen moder-  
nisoitihankkeen vaikutuksia käytös-  
täpoiston suunnitelmiin ja aikatau-  
luihin. Myös voimalaitoksen käyttö-  
ikää on suunniteltu pidennettäväksi  
noin 45 vuoteen ja tämä otettiin tar-  
kastelussa huomioon. Uuden käy-  
töstäpoistosuunnitelman lähtökohta-  
na on purkaa välittömästi käytön  
päättymisen jälkeen ne aktiiviset osat,  
joita ei tarvita muun Hästholmenille  
jäävän ydinteknisen toiminnan (käy-  
tetyt polttoaineen varastointi, mär-  
kien jätteiden kiinteytys sekä vähä-  
ja keskiaktiivisten jätteiden loppu-  
sijoitus) jatkamiseksi.

Suunnitelmat tarkistetaan viiden  
vuoden välein. Kertomusvuoden ai-  
kana jatkettiin varautumista seuraavaan  
käytöstäpoistosuunnitelman  
päivitykseen, joka on tarkoitus tehdä  
vuonna 2003. Kertomusvuoden ai-  
kana tarkennettiin käytöstäpoisto-  
suunnitelmaan kuuluvien kontami-  
noituneiden laitteiden määräärvioita



tämänhetkisen kontaminaatiotilanteen perusteella sekä tarkasteltiin tilasuunnittelun ja pitkäaikaisturvallisuuden näkökulmasta voimalaitosjätteen loppusijoitustilasta mahdollisesti tyhjäksi jäävien osien (tilavausten) käyttöä purkujätteen loppusijoitukseen. Tämän lisäksi seurattiin ulkomailla käynnissä olevista käytöstäpoistoprojekteista (mm. Greifswald) saatuja kokemuksia, sekä osallistuttiin IAEA:n VVER-440-laitosten käytöstäpoistokustannusten selvitystyöhön, jonka lopputuloksena IAEA julkaisee TECDOC-raportin vuonna 2001 tai 2002.

Päätös käytöstäpoistosta tai käytön jatkamisesta on tarkoituksenmukaista tehdä vasta suunnitellun käyttöön loppuvaiheessa. Samoin lopullinen kannanotto siihen, puretaanko laitos välittömästi tai viivästetysti, on syytä tehdä vasta laitoksen käytön päättyessä ennen käytöstäpoiston alkamista.

## ***YHTEISET SELVITYKSET***

Betonin pitkäaikaissäilyvyyttä loppusijoitusolosuhteissa tutkitaan TVO:n ja Fortumin yhteishankkeena Olkiluodon VLJ-luolan louhintatunnelissa käyttötilanteen olosuhteissa sekä Fortum Teknologian betoni-laboratoriossa valvotuissa laboratorio-olosuhteissa. Tutkimusta koordinoi Posiva. Tuloksia käytetään voimalaitos- ja purkujätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyseissä.

Tutkimuksessa pyritään realistisesti arvioimaan betonin pitkäaikaiskäyttäytymistä ja rapautumista käyttöolosuhteita vastaavissa kalliopohjavesiympäristöissä. Tavoitteena on selvittää nykyaikaisen betonimateriaalitekniikan keinoin suunniteltujen, koostumukseltaan erilaisten betonien säilyvyyttä ja käyttöikää todellisissa loppusijoitusolosuhteissa ja kiihdytetyissä laboratorio-olosuhteissa. Erityisesti pyritään selvittämään val-

litseivissä olosuhteissa parhaiten säilyvät betonikoostumukset, joilla pystytään täyttämään asetetut käyttöikävaatimukset.

Vuonna 1997 saatiin päätökseen koeohjelman suunnittelu, laboratorio- ja kenttäkokeiden koejärjestelyt sekä aloitettiin materiaalikokeet. Vuonna 1998 valmistettiin koekappaleet ja aloitettiin pitkäaikaiskokeet laboratoriossa ja Olkiluodon VLJ-luolassa.

Vuosien 1999 - 2000 aikana on suoritettu vesikemian määrääkäs-analyysit koekappaleiden säilytysliuoksille ja kairausreikien pohjavedelle sekä aggressiivisten aineosien tunkeutumasyvyyden määrääkäs-analyysit koekappaleille. Yhteenve-to laboratorio- ja kenttäolosuhteissa suoritettavan ohjelman kokeellisen osuuden käynnistämisestä, vuoden 2000 loppuun mennessä kertyneistä koetuloksista sekä jatkotoimenpiteistä seuraavalle viisivuotiskaudelle on esitetty Posivan julkaisemassa raportissa.

# RAPORTOINTI, YHTEYDENPITO

Vuonna 2000 julkaistiin 15 POSIVA-raporttia. Luettelo raporteista on liitteenä. Lisäksi valmistui yhtiökohtaisia työraportteja tutkimusten tuloksista.

Kotimaassa on jatkettu kiinteää yhteistyötä niiden tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja konsulttiyritysten kanssa, jotka osallistuvat ydinjätealan tutkimuksiin. Kertomusvuoden aikana informoitiin valvovia viranomaisia kauppa- ja teollisuusministeriössä ja Säteilyturvakeskuksessa ydinjätehuollon toimenpiteistä ja tutkimusten edistymisestä.

Kotimaassa pidettiin esitelmää sekä asiantuntija-että yleisötilaisuuksissa. Voimayhtiöiden ja Posivan edustajia osallistui asiantuntijoina

julkisrahoitteisten ydinjätetutkimusten johtoryhmän ja yhteistyöryhmän työskentelyyn.

Pohjoismaissa ydinjätetutkimusta harjoittavien muiden organisaatioiden kanssa on jatkunut kiinteä yhteistyö suoran yhteydenpidon ja erilaisten yhteistyöryhmien puitteissa. Muun muassa osallistuttiin pohjoismaisen yhteistyöjärjestön NKS:n ydinjätetutkimusten koordinointiin.

Ydinjätealan kansainvälisiä tutkimushankkeita on seurattu osallistumalla konferensseihin ja yhteistyöhankkeisiin. Tiivistä yhteistyötä on tehty mm. Äspö-kalliolaboratorioprojektissa.

Eri maiden tutkimusohjelmien edistymistä on seurattu. Ydinjätealan

kansainvälisissä kokouksissa on pidetty esitelmää Suomen ydinjätehuolto-ohjelmasta ja tutkimusten tuloksista. OECD/NEA:n asiantuntijatyöryhmissä on osallistuttu mm. sijoituspaikka- ja turvallisuustutkimuksia koskevaan keskusteluun ja arviointiin.

Posivan ja Eurajoen välistä yhteistyötä jatkettiin samalla periaatteella kuin aiemmin. Muiden tutkimuskuntien ja Posivan välisten yhteistyö- tai seurantaryhmien toiminta lopetettiin Olkiluodon tultua valituksi sijoituspaikkaehdokkaaksi.

Muiden kuin Olkiluodossa toimivan paikallistoimiston toiminta lopetettiin.

**YDINJÄTEHUOLTOTOIMINTAAN VUONNA 2000  
OSALLISTUNEET TUTKIMUSLAITOKSET,  
KORKEAKOULUT JA KONSULTIT**

*AEA Technology (Iso-Britannia)*  
*AECL (Kanada)*  
*ALARA Engineering AB (Ruotsi)*  
*Astrock Oy*  
*Clay Technology Lund HB (Ruotsi)*  
*Diskurssi Oy*  
*Electrowatt Engineering Ltd (Sveitsi)*  
*Enterpris Ltd (Iso-Britannia)*  
*Fintact Oy*  
*Fortum Power and Heat Oy*  
*Loviisan voimalaitos*  
*Teknologia*  
*Fortum Engineering Oy*  
*GEA Consulting (Ruotsi)*  
*Geodeettinen laitos*  
*Geologian tutkimuskeskus (GTK)*  
*Etelä-Suomen aluetoimisto*  
*Geofysiikan osasto*  
*Isotooppilaboratorio*  
*Ydinjätteiden sijoitustutkimukset*  
*Geopros Oy*  
*Golder Associates Inc. (USA)*  
*Golder Grundtechnik Kb (Ruotsi)*  
*Gridpoint Finland Oy*  
*Göteborgs Universitet (Ruotsi)*  
*Allmän & Marin mikrobiologi*  
*Oy Helium Gas Research HGR Ltd*  
*Helsingin yliopisto*  
*Kemian laitos*  
*Insinööritoimisto Saanio & Riekkola Oy*  
*Itasca Consulting Group Inc. (USA)*  
*Kaisaniemen Dynamo Oy*

*Kemakta Konsult AB (Ruotsi)*  
*Kivitieto Oy*  
*Konsultointi Ruotsalainen*  
*Lapela Oy*  
*Libenter Oy*  
*Monitor Scientific (USA)*  
*Outokumpu Mining Oy*  
*Outokumpu Poricopper Oy*  
*PRG-Tec Oy*  
*Prismarit Oy*  
*QuantiSci (Ruotsi, Iso-Britannia, Espanja)*  
*Quintessa Ltd (Iso-Britannia)*  
*Rock Engineering Consultants (Iso-Britannia)*  
*Rollcon Oy*  
*Safram Oy*  
*Streamflow AB (Ruotsi)*  
*Suomen Gallup Oy*  
*Suomen Malmi Oy*  
*Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) (Ruotsi)*  
*TVO Nuclear Services Oy*  
*University of Aberdeen (Skotlanti)*  
*University of Waterloo (Kanada)*  
*UPC-ETMC (Espanja)*  
*Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT)*  
*Bio- ja elintarviketekniikka*  
*Energia*  
*Kemiantekniikka*  
*Valmistustekniikka*  
*Yhdyskuntatekniikka*  
*Vibrometric Oy*  
*Viestintä-Paprico Oy*

# VIESTINTÄ

Posivan viestintä painottui toimintavuonna periaatepäätösprosessia tukevan informaation jakamiseen. Samalla päättäjiä aktivoitiin hankkimaan tietoa tulevan päätöksenteon pohjaksi.

Periaatepäätöksen hyväksymiselle on Suomessa kansalaisten laaja tuki. Posivan alkuvuodesta teettämän mielipidetiedustelun mukaan 78% suomalaisista on sitä mieltä, että periaatepäätöshakemus olisi hyväksyttävä. Kysely osoitettiin yli tuhannelle 15 vuotta täyttäneelle suomalaiselle.

Myös Ruotsissa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen hyväksyttävyyden korkeata luokkaa. Posivan Olkiluodossa järjestämässä tiedotustilaisuudessa kerrottiin Ruotsin ydinjäteyhtiön SKB:n tekemästä

mielipidetiedustelusta, jonka mukaan 60 - 80% esitutkimuskuntien asukkaista hyväksyy loppusijoituksen omaan kotikuntaansa.

Loppusijoituksen periaatepäätöksen tarpeellisuus ja loppusijoituksen mallin ottaminen luonnosta olivat Posivan helmi-huhtikuussa julkaistun ilmoitussarjan keskeiset aiheet. Ilmoitussarjan avulla haluttiin kertoa kaikille kiinnostuneille, miksi valtioneuvoston olisi järkevää tehdä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen periaatepäätös.

Ilmoitussarjan teemaan liittyen tuotettiin Ajan Liittolaiset-esitys, joka sisältää periaatepäätöksen keskeiset perustelut sekä käsittelee loppusijoituksen luonnonanalogioita.

Ydinjätteen loppusijoitus oli Satakunnan museon Luontotalo Arkin

vierailevan näyttelyn aiheena. Maaliskuussa avattuun näyttelyyn tutustui viiden kuukauden aikana noin 11 500 vierasta.

Lokakuussa Posiva osallistui valtakunnallisille ympäristömessuille Helsingissä. Kaikkiaan messuilla kävi noin 7000 vierasta, joista 1700 tutustui Posivan loppusijoituskonttiin.

Posivan uudet Internet-sivut avattiin loka-marraskuun vaihteessa. Uudistuksen tarkoituksena oli lisätä sivujen käytettävyyttä, helpottaa tiedon hakemista sekä päivittää sivujen tietoja.

Posiva Tutkii -lehtiliite ilmestyi Eurajoen alueella ja päättäjäversioina kolme kertaa. Kuhmossa, Äänekoskella ja Loviisassa lehtiliite ilmestyi kaksi kertaa.



*Posiva esitteli käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta ympäristömessuilla lokakuussa Helsingissä.*

# KUSTANNUKSET

## *TUTKIMUKSET*

Ydinjätehuollon tutkimusohjelman kokonaiskustannukset olivat

noin 7,0 miljoonaa euroa (41,8 miljoonaa markkaa). Vuoden 2000 tutkimusohjelmassa kustannuksiksi arvioitiin noin 7,3 miljoonaa euroa (43,7 miljoonaa markkaa). Ohjelma

toteutui pääosin suunnitelmien mukaisesti.

Edellä esitettyihin kustannuksiin eivät sisälly Tekesin tukemat Posivan tutkimustoimeksiannot.

## YHTEENVETO TUTKIMUSTEN KUSTANNUKSISTA VUONNA 2000

Tutkimuskohde	Kustannukset	
	(milj. euroa)	(milj. mk)
Suunnittelu, koordinointi ja tiedotus sekä yleisselvitykset	0,8	4,9
Käytetyn polttoaineen huolto	5,8	34,6
Keski- ja vähäaktiivisen jätteen huolto	0,2	1,4
Käytöstäpoisto ja purkujäte	0,2	0,9
Yhteensä	7,0	41,8

## **VARAUTUMINEN YDINJÄTEHUOLLON KUSTANNUKSIIN**

Ydinjätehuoltoon tarvittavat varat kerätään erilliseen valtion ydinjätehuoltorahastoon. Rahastotavoite määrätään kunakin vuonna erikseen vahvistettavan ydinjätehuollon vastuumäärän perusteella. Ydinjätehuol-

lon vastuumäärä sisältää kaikkien kyseisen vuoden loppuun mennessä kertyneiden ydinjätteiden huoltoon tarvittavien toimenpiteiden tulevat kustannukset. Vastuumäärän ja rahastotavoitteen välinen erotus kateetaan vakuuksilla.

TVO:n ydinjätehuollon vuoden 2000 rahastotavoite oli 3706,0 miljoonaa markkaa (623,3 miljoonaa euroa) ja Fortumin rahastotavoite vastaavasti 2639,9 miljoonaa mark-

kaa (444,0 miljoonaa euroa).

TVO:n ydinjätehuollon vastuumääräksi vuoden 2000 lopussa vahvistettiin 663,0 miljoonaa euroa ja sen perusteella vuoden 2001 rahastotavoitteeksi 656,2 miljoonaa euroa. Fortumin ydinjätehuollon vastuumääräksi vahvistettiin 489,3 miljoonaa euroa ja vuoden 2001 rahastotavoitteeksi 485,6 miljoonaa euroa.

# RAPORTTILUETTELO 2000

## POSIVA 2000-01

Interpretation of the Hästhölmén *in situ* state of stress based on core damage observations

*Matti Hakala*

Gridpoint Finland Oy

January 2000

ISBN 951-652-087-1

## POSIVA 2000-02

Rock mechanics stability at Olkiluoto, Hästhölmén, Kivetty and Romuvaara

*Erik Johansson, Jari Rautakorpi*

Saanio & Riekkola Oy

February 2000

ISBN 951-652-088-X

## POSIVA 2000-03

Sorption and desorption of cesium on rapakivi granite and its minerals

*Tuula Huitti, Martti Hakanen*

Laboratory of Radiochemistry

Department of Chemistry

University of Helsinki

*Antero Lindberg*

Geological Survey of Finland

April 2000

ISBN 951-652-089-8

## POSIVA 2000-04

Porewater salinity and the development of swelling pressure in bentonite-based buffer and backfill materials

*David A. Dixon*

Atomic Energy of Canada Limited

June 2000

ISBN 951-652-090-1

## POSIVA 2000-05

In-situ failure test in the Research Tunnel at Olkiluoto

*Jorma Autio, Erik Johansson,*

*Timo Kirkkomäki*

Saanio & Riekkola Consulting Engineers

*Matti Hakala*

Gridpoint Finland Oy

*Esa Heikkilä*

Helsinki University of Technology

Laboratory of Rock Engineering

May 2000

ISBN 951-652-091-X

## POSIVA 2000-06

Regional distribution of microbes in groundwater from Hästhölmén, Kivetty, Olkiluoto and Romuvaara, Finland

*Shelley A. Haveman, Emma Larsdotter*

*Nilsson, Karsten Pedersen*

Göteborg University, Sweden

June 2000

ISBN 951-652-092-8

## POSIVA 2000-07

Site scale groundwater flow in Olkiluoto – Complementary simulations

*Jari Löfman*

VTT Energy

June 2000

ISBN 951-652-093-6

## POSIVA 2000-08

Engineering rock mass classification of the Olkiluoto investigation site

*Kari Äikäs (editor), Annika Hagros,*

*Erik Johansson, Hanna Malmund,*

*Ursula Sievänen, Pasi Tolppanen*

Saanio & Riekkola Consulting Engineers

*Henry Ahokas, Eero Heikkinen,*

*Petri Jääskeläinen, Paula Ruotsalainen,*

*Pauli Saksä*

Fintact Oy

June 2000

ISBN 951-652-094-4

## POSIVA 2000-09

A review of published literature on the effects of permafrost on the hydrogeochemistry of bedrock

*M. Gascoyne*

Gascoyne GeoProjects Inc., Canada

June 2000

ISBN 951-652-095-2

## POSIVA 2000-10

Modelling of the UO<sub>2</sub> dissolution mechanisms in synthetic groundwater – Experiments carried out under anaerobic and reducing conditions

*Esther Cera, Mireia Grivé, Jordi Bruno*

EnvirosQuantiSci, Spain

*Kaija Ollila*

VTT Chemical Technology

July 2000

ISBN 951-652-096-0

## POSIVA 2000-11

Groundwater salinity at Olkiluoto and its effects on a spent fuel repository

*Timo Vieno*

VTT Energy

June 2000

ISBN 951-652-097-9

## POSIVA 2000-12

Posiva groundwater flow measuring techniques

*Antti Öhberg*

Saanio & Riekkola Consulting Engineers

*Pekka Rouhiainen*

PRG-Tec Oy

August 2000

ISBN 951-652-098-7

## POSIVA 2000-13

Seismic activity parameters of the Finnish potential repository sites

*Jouni Saari*

Fortum Engineering Oy

October 2000

ISBN 951-652-099-5

## POSIVA 2000-14

Disposal of spent fuel in Olkiluoto bedrock – Programme for research, development and technical design for the pre-construction phase

*Posiva Oy*

December 2000

ISBN 951-652-100-2

## POSIVA 2000-15

The site selection process for a spent fuel repository in Finland – Summary report

*Tim McEwen*

EnvirosQuantiSci, Melton Mowbray, UK

*Timo Äikäs*

Posiva Oy

December 2000

ISBN 951-652-101-0





Teollisuuden Voima Oy  
27160 OLKILUOTO  
puh. (02) 83811

Fortum Power and Heat Oy  
PL 10  
00048 FORTUM  
puh. 010 4511



POSIVA OY, Töölönkatu 4, 00100 Helsinki  
puhelin (09) 2280 30, fax (09) 2280 3719  
<http://www.posiva.fi>