

Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto



Yhteenveto vuoden 2003
toiminnasta



Kansikuvassa kuparikapselin halkaistu aihio, jonka kiderakenne on näkyvissä.

TIIVISTELMÄ

Tämä raportti on ydinenergialain ja -asetuksen tarkoittama selvitys Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätehuollosta. Se sisältää selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2003, katsauksen ydinjätealan viestinnästä ja selvityksen varautumisesta ydinjätehuollon tuleviin kustannuksiin.

Kauppa- ja teollisuusministeriö muutti käytetyn polttoaineen loppusijoituksen aikataulua siten, että rakentamislupahakemuksen edellyttämä aineisto pitää uuden aikataulun mukaan olla valmiina vuoden 2012 loppuun mennessä. Samalla ministeriö asetti uuden välitavoitteen vuoden 2009, jolloin on esitettävä tilannekatsaus rakennuslupahakemuksaineistosta. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelu etenee pääpiirteissään vuonna 2000 julkaistun, loppusijoituslaitoksen rakentamista edeltävän vaiheen ohjelman mukaisesti. Kertomusvuonna laadittiin ensimmäinen tutkimus-, kehitys- ja teknisen suunnittelutyön 3-vuotisohjelma "TKS-2003", jossa esitettiin myös katsaus viimeisen 3–4 vuoden työn tuloksiin.

Olkiluodon kallioperätutkimusten pääpaino oli maanalaisen tutkimustilan, ONKALOn sisäänmenoalueen ja ajotunnelin linjauksen tutkimuksissa. Olkiluodon kallioperän rakenteiden ja perustilan tutkimuksia jatkettiin monipuolisesti eri menetelmillä ja samalla valmistauduttiin ONKALOn rakentamisen ja käytön aikaiseen monitorointiin.

Pitkäaikaisturvallisuuden arvioinnissa kansainvälisten yhteishankkeiden osuus on säilynyt suurena.

Useat teknisten päästöesteiden toimintakykyä selvittäneet EU:n 5. puiteohjelman hankkeet ovat loppuraportointivaiheessa. Kallioperän osalta on selvitetty kulkeutumista ja pidätyksilmiöitä ja niiden mallinnusta. Biosfääritutkimuksissa mallintamisen kehittäminen jatkui.

Kertomusvuonna valmistui ensimmäinen Olkiluodon infrastruktuurin ja ympäristöolosuhteet huomioon ottava koko loppusijoituslaitoksen laitoskuvaus. Kuvauksessa on otettu alustavasti huomioon myös Olkiluodon kolmannen laitosyksikön (OL3) vaikutus loppusijoitukseen.

Loppusijoituskapselin suunnittelussa on yhdenmukaistettu Posivan ja SKB:n suunnitelmia ja aloitettu OL3:n polttoaineelle sopivan kapselin luonnostelu. Kapselin valmistustekniikan keskeisimpänä kehityskohteena oli edelleen kuparivaipan lieriöosan valmistus yhdestä kappaleesta usealla vaihtoehdoisella menetelmällä. Kapselin sulkemistekniikan kehitystyössä päästiin sopimukseen, jonka avulla tulevat koeohjelmat voidaan pääosin toteuttaa Suomessa. Kapselointilaitoksen keskeisten laitteistojen yksityiskohtainen suunnittelu jatkui. Kapselin kuljetuksen osalta selvitettiin hissien putoamisonnettomuuden seurauksia.

Loppusijoitustilojen suunnittelussa painopisteet olivat matalan pH:n injektointiaineen, vaakasijoitusratkaisun ja täyttöratkaisujen kehittämisessä sekä loppusijoitustilojen ja ONKALOn suunnittelun koordinoimisissa.

ONKALOn pääpiirustustasoinen suunnitelma sekä neljä muuta ONKALOn toteutukseen liittyvää raport-

tia toimitettiin Säteilyturvakeskuksen arvioitavaksi. Eurajoen kunta myönsi ONKALOLle rakennuslain mukaisen rakennusluvan 12.8.2003 ja ensimmäisen tunneliurakan tarjouspyynnöt lähetettiin louhintaurakoitsijoille marraskuussa. Maanpäälliset aluetyöt aloitettiin vuoden lopulla.

Kansainvälisessä yhteistyössä merkittävimmät hankkeet on toteutettu yhtäältä SKB:n kanssa vuonna 2001 solmittujen kattavien sopimusten puitteissa ja toisaalta EU:n viidennen puiteohjelman piirissä. Kolme EU:n kuudennen puiteohjelman tutkimushanketta eteni sopimusvaiheeseen. Yhdysvaltain energiaministeriön, DOE:n, kanssa solmittiin periaatesopimus yhteistyöstä.

Voimalaitosjätteiden osalta jatkettiin vakiintuneita seuranta- ja pitkäaikaistutkimuksia ja käytännön toimenpiteitä.

Voimalaitosjätteitä oli Olkiluodon voimalaitoksella kertynyt vuoden 2003 loppuun mennessä 4335 m³ ja Loviisassa 2685 m³. Olkiluodon jätteistä 3918 m³ on loppusijoitettu VLJ-luolaan. Loviisan jätteistä 1180 m³ on sijoitettu Hästholmenin VLJ-luolaan.

Voimalaitosten käytöstäpoistosuunnitelmat saatettiin ajan tasalle vuoden loppuun mennessä.

Olkiluodon ja Loviisan voimaloiden ydinjätehuollon tutkimusohjelman kokonaiskustannukset olivat 13,1 miljoonaa euroa. Tutkimusohjelma toteutui pääosin suunnitelmien mukaisesti.

SISÄLTÖ

	sivu
TIIVISTELMÄ	1
JOHDANTO	5
KÄYTETYN POLTTOAINEEN HUOLTO	6
• <i>TOIMINTAPERIAATE JA AIKATAULU</i>	<i>6</i>
• <i>NYKYTILANNE VARASTOINNISSA</i>	<i>6</i>
• <i>LOPPUSIJOITUSHANKE</i>	<i>7</i>
• <i>PITKÄAIKAISTURVALLISUUDEN ARVIOINTI</i>	<i>10</i>
• <i>LOPPUSIJOITUSTEKNIikka</i>	<i>14</i>
• <i>ONKALON SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN</i>	<i>21</i>
• <i>KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ</i>	<i>22</i>
VOIMALAITOSJÄTTEIDEN HUOLTO	24
• <i>OLKILUODON VOIMALAITOS</i>	<i>24</i>
• <i>LOVIISAN VOIMALAITOS</i>	<i>26</i>
• <i>YHTEISET SELVITYKSET</i>	<i>28</i>
KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET	29
• <i>OLKILUODON VOIMALAITOS</i>	<i>29</i>
• <i>LOVIISAN VOIMALAITOS</i>	<i>29</i>
• <i>YHTEISET SELVITYKSET</i>	<i>30</i>
RAPORTOINTI, VIESTINTÄ, YHTEYDENPITO	31
YHTEISTYÖKUMPPANIT	32
LAADUN JA YMPÄRISTÖN HALLINTA	33
KUSTANNUKSET	34
RAPORTTILUETTELO 2003	35

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 ydinenergialain mukaisesti huolehdittava kaikista tuottamiensa ydinjätteiden huoltoon kuuluvista toimenpiteistä ja niiden asianmukaisesta valmistelusta sekä vastattava niiden kustannuksista.

Ydinenergialain mukaan kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) päättää niistä periaatteista, joita ydinjätehuollossa on noudatettava. Nämä periaatteet KTM on esittänyt päätöksissään 19.3.1991, 26.9.1995 ja

23.10.2003 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 huolehtii yhtiöiden yhdessä omistama Posiva Oy.

Posiva huolehtii myös vuosittain tehtävien Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätehuollon toimintasuunnitelmien ja -kertomusten laatimisesta. Käsillä on vuoden 2003 toimintakertomus, joka sisältää ydinenergialain ja -asetuksen mukaisen selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2003, 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 2003 OL1:n käyttökerroin oli 97,0% 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 2003 Lo1:n käyttökerroin oli 92,4% ja Lo2:n 87,9%. 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

Ydinenergialain 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. Päätöksessään 23.10.2003 KTM muutti käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelujen aikataulua siten, että loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa varten tarvittavat alustavat selvitykset ja suunnitelmat on esitettävä vuonna 2009. Lopulliset selvitykset ja suunnitelmat on varauduttava esittämään vuoden 2012 loppuun mennessä aiemman 2010 sijasta. Loppusijoituksen aloittamista koskeva aikataulutavoite säilytettiin ennallaan vuodessa 2020. Tätä ennen käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosalueilla.

Joulukuussa 2000 valtioneuvosto teki periaatepäätöksen käytetyn polttoaineen loppusijoituksesta Eurajoen Olkiluotoon. Eduskunta vahvisti

päätöksen lähes yksimielisesti toukokuussa 2001. Loppusijoituslaitos, joka koostuu kapselointilaitoksesta ja loppusijoitustiloista, rakennetaan 2010-luvulla. Periaatepäätöksen mukaan loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa on haettava viimeistään vuonna 2016.

Suomeen rakennettavasta uudesta ydinvoimalaitosyksiköstä tehtiin periaatepäätös vuonna 2002. Samassa yhteydessä tehtiin periaatepäätös käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamisesta laajennettuna siten, että myös uuden laitosyksikön käytetty polttoaine voidaan sijoittaa sinne. Uuden laitosyksikön jätehuoltovelvoite alkaa vasta laitoksen käynnistyttyä vuosikymmenen loppupuolella.

NYKYTILANNE VARASTOINNISSA

Olkiluodon käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosyksiköillä ja voimalaitosalueella olevassa käytetyn polttoaineen väli-

varastossa (KPA-varasto). Vuoden 2003 aikana saatettiin loppuun uusien polttoainetelineiden asennus KPA-varaston altaissa. Telineiden uusimisen myötä varastointikapasiteetti kasvoi 4536:sta 7146:een positioon. KPA-varastoon mahtuu laitosyksiköiden noin 30 vuoden toiminnasta kertyvä polttoainemäärä. Varastoa voidaan tarvittaessa laajentaa.

Kertomusvuonna Olkiluoto 1:llä vaihdettiin polttoainetta 24. kerran ja Olkiluoto 2:lla 22. kerran. Vuoden loppussa käytettyä polttoainetta oli varastoituna yhteensä 5786 nippua vastaten 983 tonnia tuoretta uraania. KPA-varastossa oli 4428 nippua, Olkiluoto 1:n vesialtaissa 746 nippua ja Olkiluoto 2:lla vastaavasti 612 nippua.

Loviisan polttoaineen paluukuljetukset Venäjälle päättyivät vuoden 1996 lopussa ydinenergialakiin tehdyn muutoksen johdosta. Loviisan varastointikapasiteettia on sen jälkeen lisätty niin, että kapasiteetti riittää nykyisillä telineillä vuoteen 2010. Kapasiteettia on tulevaisuudessa mahdollista lisätä merkittävästi käytämällä tiheitä telineitä.



Vuoden 2003 lopussa Loviisan voimalaitoksella oli yhteensä 2755 käytettyä polttoainepippua, mikä vastaa noin 330 tonnia tuoretta uraania (arvioitu käytön jälkeisestä uraanimäärästä noin 314 tonnia). Polttoainepiipusta oli Lo1:llä 240 kpl ja Lo2:lla 221 kpl. Käytetyn polttoaineen varastoissa 1 ja 2 oli 450 ja 1844 nippua vastaavasti.

LOPPUSIJOITUS- HANKE

Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelu on jatkunut periaatepäätöksen mukaisesti. Hankkeen aikataulua on tarkennettu kauppa- ja teollisuusministeriön lokakuussa 2003 tekemällä päätöksellä siten, että loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa varten tarvittavien selvitysten ja suunnitelmien tulee olla valmiita vuoden 2012 loppuun mennessä ja alustavat versiot niistä on esitettävä jo vuonna 2009. Pääpiirteissään hanke etenee kuitenkin edelleen vuonna 2000 julkaistun, loppusijoituslaitoksen rakentamista edeltävän vaiheen ohjelman mukaisesti (raportti POSIVA 2000-14).

Ohjelman mukaisesti vuoden toimintaa on leimannut valmistautuminen maanalaisen tutkimustilan, ONKALON rakentamisen aloittamiseen vuoden 2004 keskivaiheilla. Suunnittelussa on edetty lopullisten toteutussuunnitelmien laatimiseen ja urakkakyselyihin. Pääpiirustustasoinen suunnitelma on myös raportoitu Säteilyturvakeskukselle. Samalla arvioitavaksi on toimitettu neljä muuta ONKALON toteutukseen liittyvää raporttia, joiden aiheena on

- Olkiluodon perustilan kuvaus
- maanalaisten tutkimusten ohjelma
- monitorointisuunnitelma
- arvio ONKALON aiheuttamista häiriöistä loppusijoitus-tilojen lähiympäristöön.

Vuoden lopulla valmistui myös ensimmäinen tutkimus-, kehitys- ja teknisen suunnittelutyön 3-vuotisohjelma "TKS-2003". Seuraavien

vuosien toimintaohjelman lisäksi raporttiin sisältyy laajahko katsaus viimeisten 3–4 vuoden työn tuloksiin. Kolmivuotisohjelman tarkoitus on vahvistaa keskipitkän aikavälin toiminnansuunnittelua ja toisaalta lisätä suunnittelun läpinäkyvyyttä ulkopuolista arviointia silmälläpitäen.

Olkiluodon kallioperätutkimukset

ONKALON sisäänmenoalueen tutkimukset

ONKALON sisäänmenoalueelle kairattiin viisi uutta, syvää tutkimusreikää (KR24–KR28). Rei'illä selvitetiin ONKALON alueen kallioperän rakenteita ja niiden merkitystä ONKALON ajotunnelin asemoinnissa.

Tutkimusalueelle kairattiin lisäksi neljä matalaa kallioreikää (PP36–PP39) ja asennettiin kuusi pohjaveden havaintoputkea (PVP11–PVP16).

Reikä KR24 kairattiin suunnittelun ilmanvaihtokuilun keskipisteeseen. Koska reikä haluttiin pitää kuiluprofiilin (halk. 6 m) sisällä, jouduttiin käyttämään ohjattua kairausta. Tutkimusreiässä tehtiin myös jännitustilamittauksia irtikairausmenetelmällä Swedpower AB:n uusitulla Borre-anturilla. Mittauksia pystyttiin tekemään suunnitellusta 3–4 tasosta poiketen vain kahdella mittaustasolla laiteongelmista ja kairanreiässä huuhTELUSTA huolimatta esiintyneestä kairaussoijasta ja kivenpalasista johtuen. Lisäksi irtikairatuissa sydännäytteissä todettiin viitteitä vaurioista, minkä johdosta mittaukset päätettiin lopulta keskeyttää. Kaikkiaan syvyysvälillä 288–390 m yritettiin tehdä 16 mittausta, joista ainoastaan kolmea mittaustulosta voidaan pitää suhteellisen onnistuneena.

Ajotunnelin yläpuolella olevalle kalliolle tehtiin tutkimuskaivanto TK7 tunnelin linjaa seuraten. Tutkimuskaivannolla varmistettiin ajotunnelin alkuosan pintakallion sekä erityisesti rakenteen RH24 ominaisuudet. Lisäksi kaivannossa tehtiin maatut-

kaluotaus. Ennen kaivannon tekoa ajotunnelin linjalle porattiin lyhyitä porakonereikiä noin 10 metrin välein kalliopinnan aseman (maapeitteen paksuuden) ja laadun varmistamiseksi. Loppuvuodesta kairattiin ensimmäinen pilottireikä ONKALON ajotunnelin profiiliin. Reikä valmistui vuoden 2004 alussa.

Tiedon hankinta kallioperän rakenteesta ja perustilasta sekä valmistautuminen monitorointiin

Olkiluodon kallioperän deformaatiovaiheiden sekä rakenteiden selvittämiseksi keskeiselle tutkimusalueelle paljastettiin noin 600 m pitkä tutkimuskaivanto TK4. Lisäksi ONKALON sisäänmenopaikan läheisyydessä kahden uuden syvän kairanreiän yhteyteen tehtiin lyhyet reikien suuntaiset tutkimuskaivannot. Tutkimuskaivannosta ja kairanreiästä yhdessä saadaan tietoa, miten pintakallion paikallisia rakenteita voidaan tulkita. Käsitystä kallioperän suurista rakenteista hankittiin geologisella kartoituksella pohjois-eteläsuuntaisella profiililla keskeisellä tutkimusalueella.

Geofysikaalisissa tutkimuksissa pääpaino oli entistä enemmän vanhojen ja uusien mittaustulosten tulkinnoissa ja geologisessa mallintamisessa. Syksyllä 2002 tehtyjen sähköisten vastusluotausten ja sähkömagneettisten Gefinex 400S-mittausten tulosten tulkintojen avulla saatiin lisäinformaatiota mm. rakenteiden R20A, R20B ja R21 jatkuvuudesta. Vanhojen VSP-tulosten uudelleenmallinnuksella varmennettiin eräiden magneettisesta maanpintamittaustulosta havaittujen rakenteellisten piirteiden (lähes pystyasentoiset rakenteet) olemassaoloa.

Latauspotentiaalimittausten avulla voitiin seurata ONKALON lähi-alueella sähköä johtavien vyöhykkeiden (ja rakenteiden) jatkuvuutta eri reikien välillä ja rei'istä maanpinnalle. ONKALON ympäristössä tehtiin myöskin walk-away VSP- ja seismisiä crosshole-luotauksia geo-

logisen rakennekuvan tarkistamiseksi.

Kairanreikien TV-kuvauksia täydennettiin siten, että viimeisin kuvattu reikä vuoden 2003 lopussa on KR24. Normaaleja geofysikaalisia reikämittauksia tehtiin reikissä KR23–KR28.

Kallion vedenjohtavuusaineistoa on tarkistettu ja täydennetty virtausero- ja HTU- (Hydraulic Test Unit) mittauksin. Peruserämittauslaitteet on ollut mitata uudet reiät systemaattisesti virtausmittarilla joko rakohakutyypistä, jolloin on saatu alustava käsitys vedenjohtavuudesta reiän eri kohdissa, tai täydellisenä virtausmittauksena, jolloin reiän vedenjohtavuus ja virtausolosuhteet on voitu määrittää kattavasti. Niiden lisäksi on virtausmittauksilla pyritty selvittämään syvällä kalliossa olevia, huonosti vettäjohtavia kohtia. Mittausten tavoitteena on ollut löytää vesinäytteen ottoon soveltuvia, voimakkaan suolaisuuden omaavia vyöhykkeitä tai rakoja. Virtausmittarilla on myös tarkennettu ja täydennetty hydraulisen korkeuden arvoja etenkin sellaisissa reikäosuuksissa, joissa aikaisemmat tulokset ovat olleet rikkonaisuudesta tai muista teknisistä syistä johtuen puutteellisia tai epävarmoja. Vedenjohtavuuden mittaukset HTU-laitteella ovat kohdistuneet ensisijaisesti loppusijoitusvyvydellä ja sen lähistöllä (300–700 m) olevan, huonosti vettä johtavan, kallion karakterisointiin.

Seurantamittauksia on jatkettu. Aiemmin aloitettuja mittauksia ovat muun muassa pohjaveden painekorkeuden mittaaminen, lumen ja roudan paksuuden mittaaminen, lämpötilan ja sadannan seuranta sekä pohjavesikemian mittaukset. Uusia perustilaa täydentäviä seurantamittauksia ovat mm. pölyn määrän ja maaperään suotautuvan veden määrän mittaaminen. Maaperän vedenläpäisevyyttä tutkittiin myös koekuoppien avulla, joista otettiin maa-ainesnäytteitä. Näytteistä analysoitiin vedenläpäisevyys, kemiaa, humus- ja vesipitoisuus sekä raekoostumus.

Pintahydrologian osalta pohjaveden pinnankorkeuden pitkäaikaisia

seurantamittauksia on jatkettu entisessä laajuudessa. Pintavalunnan systemaattiset mittaukset neljällä mitapadolla aloitettiin keväällä.

Kallioperän pienten liikkeiden mittausjärjestelmä, ns. GPS-verkko koostuu yhdestä kiinteästä asemasta ja yhdeksästä paikallisasemasta. Verkkoa laajennettiin kahdella Olkiluodonsalmen pohjoispuolelle sijoitettulla asemalla. Olkiluodon saarella sijaitseva asema GPS10 sijaitsee ydinvoimalalaitosyksikön rakennusalueella ja joudutaan näin ollen lopettamaan. Tämän vuoksi Otpähän rakennettiin uusi asema, joka tulee korvaamaan v. 2004 mittauksissa vanhan. Syksyn mittaukset tehtiin molemmilla asemilla.

Myös mikroseismisen asemaverkoston laajentaminen käynnistettiin. Nykyinen kuuden aseman verkosto on suunniteltu ONKALOn aikaisempaan sijaintisuunnitelmaan pohjautuen.

Hydrogeologisen aineiston tulkinnaa on tehty mm. analysoimalla yksittäisten, vettäjohtavien rakojen ominaisuuksia yhdistämällä tiedot virtausmittausten rakohakutuloksista, optisista reikäkuvauksista ja kairausnäytteistä. Pohjaveden suolaisuuden jakautumista analysoitiin vesinäytteiden ja virtausmittaustulosten perusteella. Vuonna 2002 reikien KR14–KR18 välillä tehdyn vuorovaikutuskokeen tuloksia tulkittiin sekä analyttisin menetelmin että numeerisilla virtausmalleilla.

Virtausmallinnuksen päätavoite oli arvioida ONKALOn vaikutusta pohjaveden pinnankorkeuteen ja suolaisen pohjaveden jakaumaan. Keskeisenä työkaluna näissä arvioinneissa oli tietokoneohjelmisto FEFTRA, jota on kehitetty vapaan pinnan ongelmien käsittelyyn soveltuvaksi. ONKALOn vaikutuksia koskevat keskeiset johtopäätökset perustuivat muutamaan laskentatapaukseen, joista yhdessä oletettiin, että ONKALOn vuotavan veden määrää ei pienennetä minkäänlaisilla teknisillä toimenpiteillä. Laskentatapauksiin sisältyi myös toisena ääritapauksena erittäin onnistunutta tiivistystä vastaa-

va tapaus. Tulosten mukaan ilman minkäänlaista tiivistystä ONKALOn vuotavan veden määrä asettuu tasolle noin 100 l/min, jolloin pohjaveden pinnan alenema olisi enimmillään noin 300 m. Erittäin onnistunutta tiivistystä vastaavassa tapauksessa ONKALOn vuotaisi noin 20 l/min pohjaveden pinnan aleneman ollessa noin 30 m. Tulosten mukaan suolaista pohjavettä (tapauksesta riippuen pitoisuudeltaan 40–55 g/l saakka) virtaisi ONKALOn.

Pohjavesikemian tutkimukset

Olkiluodon hydrogeokemiallinen kuvaus päivitettiin vuosina 1999–2002 kootulla pohjavesikemian tulosaineistolla. Kuvaus tarkentui erityisesti maakerroksen ja kallion yläosan pohjavesien osalta sekä syvien pohjavesien suolaisuusjakauman ja liuenneiden kaasujen osalta. Kuvaus edustaa Olkiluodon tämänhetkistä perustilaa ennen ONKALOn rakentamisen aloittamista. Vuoden 2003 aikana Olkiluodossa esiintyvien pohjavesityyppien jakautumista kuvattiin ensimmäistä kertaa myös 3D-mallin avulla.

Pohjavesikemian tutkimukset keskittyivät edelleen suolaisuuden alueellisen jakauman, liuenneiden kaasujen määrittämisen ja tutkimusalueen perustilan tutkimuksiin, koska tavoitteena on, että hydrogeokemiallinen perustilan kuvaus päivitetään vielä kertaalleen ennen ONKALOn rakentamisen aloittamista kootulla ns. häiriintymättömän tilan tulosaineistolla. Pohjavesinäytteenottoja suoritettiin syvistä kairanreikistä yhteensä 27 kappaletta. Näistä kymmenen vesinäytteenottokohdetta valittiin siten, että niiden tulokset palvelevat ensisijaisesti vuonna 2004 käynnistävän ONKALOn monitorointiohjelman yksityiskohtaista suunnittelua. Näytteenottokohteiden valinnassa huomioitiin kuitenkin myös se, että tulokset ovat käytettävissä Olkiluodon hydrogeokemiallisen perustilan kuvauksen tarkastukseen ja viimeistelyyn. Kaasunäytteitä otettiin yhteensä neljätoista. Tulokset

raportoidaan ensimmäistä kertaa englanninkielisinä alkuvuodesta 2004.

Matalista kalliorei'istä ja maaperään asennetuista siiviläputkista suoritettiin vesinäytteenottoja alkukesällä ja syksyllä. Kesällä näytteitä otettiin yhteensä 14 näytepisteestä. Syksyn näytteenotot keskittyivät pääasiassa loppusyksyllä kairattujen matalien kallioreikien ja asennettujen siiviläputkien vesinäytteenottoihin. Vesinäytteenotoilla pyrittiin vielä selvittämään vuodenaikavaihteluita sekä uusien näytepisteiden osalta hankkimaan häiriintymättömän tilan vesinäytteitä ennen ONKALOn rakentamisen aloittamista. Tulokset raportoidaan niin ikään englanninkielisinä alkuvuoden 2004 aikana.

Hästholmenin kairanreikään KR1 vuonna 2000 asennetun monitulppalaitteiston kunto tarkastettiin syksyllä 2003 ja samassa yhteydessä mitattiin näytteenottovälien pohjaveden pH- ja sähkönjohtavuusarvot. Tulosten perusteella arvioidaan vesinäytteenottojen tarvetta vuonna 2004.

Ympäristötutkimukset

Olkiluodon ympäristötutkimuksista laadittiin ensimmäinen eri osa-alueet kattava yhteenveto perustilaraporttiin. Tulevat ympäristötutkimukset määriteltiin monitorointiohjelmaa varten. Muutosten tulkitsemisen avuksi teetettiin selvitys ilmastomuutosennusteista Olkiluodon alueelle.

Vuonna 2002 aloitettua useampi-vuotista metsäekosysteemien peruskartoitusta jatkettiin kasvillisuuskuviollaisella metsäninventoinnilla, jonka tuloksena saadaan arvioitua mm. puuston laji-, ikä- ja kokojakaama mahdollisten muutosten seuranta varten ja biosfäärin mallinnuksen lähtötiedoiksi. Seuraavan vuoden metsätutkimuksia varten maastoon merkittiin valmiiksi säännöllinen havaintopisteverkosto.

Sadannan jatkuva pitkäaikaisseuranta aloitettiin perustamalla kahdeksan havaintoalaa, joilla seurataan sateen määrää ja koostumusta metsikön sisällä ja aukeilla paikoilla. Sadantaseurannan tarkoituksena on

selvittää latvuston vaikutusta sateeseen sekä myöhemmässä vaiheessa seurata pintalouhinta- ja murskaustöistä aiheutuvan pölyn leviämistä. Yhdelle näistä intensiivihavaintoaloista perustettiin myös lysimetriverkosto, jonka avulla saadaan tietoa maaperän pintakerroksissa liikkuvan veden määrästä ja laadusta. Näiden lisäksi säännöllisiä lumi- ja routahavaintoja jatkettiin entiseen tapaan ja lysimetrien yhteyteen perustettiin kaksi uutta routahavaintopistettä.

Teollisuuden Voima Oy:n keräämät säätilan, meriekosysteemien sekä ympäristön radioaktiivisuuden seurantatiedot kuluneelta vuodelta talletettiin myös Posivan arkistoon käyttöä ja myöhemmin monitorointiohjelman mukaisesti tapahtuvaa raportointia varten. Niinikään vesinäytteenottoja pohjavesiputkista ja matalista kalliorei'istä jatkettiin.

Laitte- ja menetelmäkehitys

Virtauseromittauslaitteistoihin asennetut absoluuttipaineanturit testattiin ja otettiin käyttöön. Antureiden todettiin olevan suuntariippuvaisia, joten reikäantureihin asennettiin myös magnetometrit, jolloin suuntariippuvuuden aiheuttama poikkeama voidaan ottaa huomioon tuloksissa. Kaikkiin virtauseromittauslaitteistoihin valmistettiin uudet anturikorit. Vanhemman eromittauslaitteiston tietokone uusittiin vastamaan paremmin kehittyneen mittausohjelman vaatimuksia. Myös virtausohjaimet vaihdettiin vanhaan eromittauslaitteistoon. Mittauslaitteistoa tullaan käyttämään mahdollisesti myös ONKALOn louhinnan yhteydessä tunneliperään joka kolmannen louhintakatkon jälkeen porattavien tunnustelureikien vedenjohtavuusmittauksissa. Tämän vuoksi käynnistettiin selvitys uuden hieman kevyemmän laiteversion rakentamisesta ONKALOKäyttöön.

Uusi poikkivirtausmittauslaitteisto saatiin valmiiksi vuoden 2003 lopussa, mutta sen testaus siirtyy vuodelle 2004. Mittauslaitteiston elektroniikka on nyt vastaava kuin eromittaus-

laitteistoissa. Lisäksi laitteeseen on asennettu magnetometri, jolloin laitteiston suunta kairanreiässä voidaan tarkasti määrittää. Laite sisältää myös single-point -pistevastusmittausominaisuuden. Poikkivirtausmittarin virtausohjaimen rakenne on uusittu, ja siten vikaantumisherät magneettiventtiilit on voitu poistaa. Virtausohjain on nyt kaksisektorinen entisen neljäsektorisen sijaan. Uuden poikkivirtausmittauslaitteiston rakentamisessa on otettu myös huomioon sen mahdollinen käyttö luolamittauksissa (mm. korkea hydrostaattinen paine).

HTU-laitteistoon lisättiin single-point -pistevastusmittausominaisuus, jonka avulla mittauksen syvyyskalibrointi helpottuu. Toiminto on samanlainen kuin virtauseromittauslaitteistoissa ja siten laitteilla saadut tulokset ovat paremmin vertailukelpoisia mittaussyvyyden suhteen. Testeissä laitteen todettiin toimivan odotusten mukaisesti.

Kallion termisten ominaisuuksien in situ -mittaamiseen tarkoitettua laitteen, ns. TERO-laitteen kehitystyötä jatkettiin prototyyppilaitteiston rakentamisella. Laitetta testattiin GTK:n koereiässä ja se todettiin teknisesti toimivaksi. Joitain pieniä "lastentautteja" joudutaan kuitenkin korjaamaan ennen kenttätestejä. Mittauksen tulokintaohjelmiston laatimisen käynnistäminen on myöhästynyt ja se aloitetaan v. 2004.

SKB:n kanssa yhteistyönä tehtävää irtikairaukseen perustuvan jännitystilamittauksen kehitystyötä voitiin hyödyntää KR24:n mittauksien laadunvarmistuksessa. Kehitystyötä on jatkettu Olkiluodon kallion anisotropiatarkastelulla: Laboratoriomääritysten (kimmomoduli ja puristusmurtolujuus) mukaan kiillegneissin anisotropia-aste on 1,4.

Syvien pohjavesien näytteenotto-laitteistojen, ns. PAVE-laitteistojen kunnostustyöt saatiin päätökseen, joten laitteistoja on nyt kaikkiaan neljä kappaletta. Käytössä oli kolme laitteistoa, minkä vuoksi valmistettiin myös uusi kolmas moottoroitu letkukela. Se helpottaa ja nopeuttaa lait-

teistojen asentamista kairanreikään. PAVE-laitteistoihin valmistettiin kaksi uutta isoaa 500 ml:n näytesäiliötä, mutta niiden testit siirtyvät vuoden 2004 puolelle.

Monitulppalaitteistojen mittausletkuihin asennettavia hoikkapumppuja valmistettiin vuoden aikana kolme kappaletta. Pumppujen rakennetta yksinkertaistettiin samassa yhteydessä, jolloin valmistaminenkin hieman helpottui. Pumput otettiin käyttöön kesällä ja ne ovat toimineet hyvin.

Veteen liuenneiden kaasujen määrittämisä varten hankittiin massaspektrometrilaitteisto, jolla kaasujen analysoiminen sekä vesi- että kaasufaasista on mahdollista erilaisia näytteen-syöttötapoja käyttämällä. Syksyn aikana analyysimenetelmän kehityksessä keskityttiin lähinnä kaasufaasista tapahtuvaan kaasujen analysointiin. Menetelmäkehityksen ensimmäisen vaiheen tulokset raportoidaan helmikuussa 2004.

ONKALOSSA käytettäväksi soveltuvien tutkimuslaitteiden ja mittausten menetelmien selvitystyö on aloitettu ja joidenkin laitteiden osalta on käynnistetty kehitystyötä. Tällaisia ovat mm. reikävideokuvaus, vuoto-vesien mittapadot sekä pohjavesiasemien instrumentointi. Selvitystyö tulppauslaitteistojen välitankojen materiaalin muuttamisesta teräksestä hiilikuituun on myös aloitettu.

PITKÄAIKAIS- TURVALLISUUDEN ARVIOINTI

Teknisten päästöesteiden toimintakykytutkimukset

Toimintakykyanalyysien tavoitteena on tutkia teknisten päästöesteiden toimintaa ja sovittaa loppusijoitusratkaisun yksityiskohdat Olkiluodon oloihin. Tuotettua tausta-aineistoa ja lähtötietoja käytetään sekä vuonna 2006 STUKille esitettävään turvallisuusanalyysiä koskevaan väliarvioon että loppusijoitusjärjestelmän suunnitteluun ja vaatimusten hal-

lintaan. Tutkimuksia tehdään paljolti kansainvälisenä yhteistyönä Äspön ja Grimselin kalliolaboratorioissa sekä EU-hankkeissa. Erityisesti Olkiluodon olosuhteista riippuvia toimintakykyyn vaikuttavia ilmiöitä tullaan aikanaan tutkimaan ONKALOSSA.

SKB:n ja Posivan yhteishanke kuparin korroosiosta suolaisessa pohjavesiympäristössä on jatkunut käsitellen sekä kokeellisia tutkimuksia että teoreettisia selvityksiä. Korroosiotutkimuksia on tehty Kanadassa, Ruotsissa ja Suomessa. Koeolosuhteet on pyritty saamaan loppusijoitusolosuhteita mahdollisimman hyvin vastaaviksi. Bentoniitin kyvyllä vastustaa ja hidastaa korroosion kannalta epäedullisten olosuhteiden välittymistä kalliosta kapselin pinnalle on tärkeä merkitys mahdollisen korroosioprosessin kannalta. Tutkimusta bentoniitissa vallitsevista redox-olosuhteista ja bentoniitin redox-olosuhteisiin vaikuttavista komponenteista sekä niiden mittaamisesta onkin jatkettu.

Prototype repository

EU:n "Prototype Repository" -projektissa testataan ja demonstroidaan KBS-3 -loppusijoitusratkaisua rakentamalla täyden mittakaavan pitkäaikaiskoe suljetulle loppusijoitustunnelle. Posiva ja VTT osallistuvat päästöesteiden konseptuaalisen ja matemaattisen mallinnuksen kehittämiseen. Vuonna 2003 on mallinnettu puskuri- ja täyteaineen huokosveden muutoksia.

Paisuntapaine

Bentoniitille on ominaista, että suolaisessa vedessä sen paisuntapaine ja paisuntakapasiteetti pienenevät. Riittävän paisuntapaineen varmentamiseksi on bentoniitti alunperin kompaktoitava kyllin tiheäksi. Vuosien 2000–2003 aikana on Posivan ja SKB:n yhteistyönä tutkittu kokeellisesti paisuntapainetta bentoniitin tiheyden, liuoksen ionivahvuuden ja ionimuodon funktiona sekä tulkittu tuloksia teoreettisten mallien pohjalta. Posivan tehtävänä on ollut selvittää

bentoniitin huokosvesikemian merkitystä paisuntapaineen selittäjänä. Valmistumassa olevan yhteenvedon perusteella arvioidaan mallinnuksen kehittämisen ja kokeellisen tutkimuksen jatkotarve.

Uraanin vapautumismekanismit

EU:n hankkeessa "Rates and mechanisms of radioactive release and retention inside a waste disposal canister (IN CAN PROCESSES)" tutkitaan kapselin sisäisiä ilmiöitä radionuklidien mahdollisessa vapautumisessa käytetystä polttoaineesta. Polttoaineen rapautumisnopeutta on tutkittu sekä hapettavissa olosuhteissa että raudan puskuroimissa pelkistävissä olosuhteissa. Alfa-radiolyysin vaikutusta tutkittiin Suomessa ²³³U-seostetulla UO₂:lla, jolla simuloitiin polttoaineen alfa-aktiivisuutta 3000 ja 10 000 vuotta loppusijoituksen jälkeen. Joitakin indikaatioita alfa-radiolyysin aiheuttamasta liukenemisen kasvusta havaittiin lyhytaikaisissa kokeissa bikarbonaattivesissä pelkistävissä olosuhteissa. Kemiallisten ja sähkökemiallisten mittausten perusteella uranyyli-karbonaattikompleksien pelkistyminen tapahtuu myös korrodoivaa rautaa sisältävässä liuoksessa, ts. pelkistymisen ei tarvitse välttämättä tapahtua raudan/rautaoksidin pintaan tapahtuvan sorption kautta. (Työstä on julkaistu useita SKB-TR raportteja ja vastaavat Posiva-raportit ovat tulossa).

Vuonna 2003 on tutkittu yhteistyössä SKB:n kanssa uraanin vapautumismekanismia mm. gadoliniumilla seostetusta uraanidioksidista, joka oli hapetettu kontrolloidusti ennalta määrättylle hapetusasteelle UO_{2,3}. Tällä simuloitiin käytetyn polttoaineen uraanin (UO₂) hapettumista kuutiomaiseen U₄O_{9+x} muotoon. Havaittu kuutiomaisen oksidin hila-parametrin kasvu liukenemisreaktion aikana hapettomassa bikarbonaattivedessä viittaa selektiiviseen kuusi-arvoisen uraanin liukenemiseen kiinteästä faasista. Työstä on julkaistu Posiva-raportti.

FEBEX

Posiva osallistuu FEBEX II -hankkeeseen tutkimalla in-situ kokeen näytteistä betonin aiheuttamia kemiallisia vaikutuksia bentoniitissa näiden materiaalien rajapinnan läheisyydessä. In-situ-kokeen näytteet on otettu keväällä 2002 ja tulokset on raportoitu keväällä 2003. Viiden koevuoden jälkeen betonin vaikutuksia oli havaittavissa bentoniitissa yli 10 cm:n etäisyydellä rajapinnasta.

CROP

Posiva osallistuu EU:n "Cluster Repository Project – A Basis for Evaluating and Developing Concepts of Final Repositories for High-level Radioactive Waste (CROP)" hankkeeseen, johon EU-maiden lisäksi osallistuvat Japani, Kanada ja Yhdysvallat. Hankkeen loppupuolella koottiin tietoja ja kokemuksia teknisten vapautumisesteiden toimintakykyanalyseista. CROPin työkokous pidettiin syksyllä 2003 Olkiluodossa.

LASGIT

Vuonna 2003 SKB ja Posiva käynnistivät yhdessä LASGIT-projektin. Tässä projektissa tutkitaan täydennittävää kokeella kaasun kulkeutumista puristetun bentoniitin lävitse. Kokeesta saatavat tulokset parantavat kaasunkulkeutumisprosessin ymmärtämistä ja tekevät mahdolliseksi kulkeutumismallien testaamisen suuressa mittakaavassa. Kokeen asennustyöt saatetaan valmiiksi vuoden 2004 alkupuolella.

LOT

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 kor-

roosiota ja kaasun kulkeutumista. Kokeet tehdään noin puolen kilometrin syvyydellä, tunnelin pohjaan poratuissa, halkaisijaltaan 30 cm:n ja syvyydeltään 4 metrin mittaisissa rei'issä. Viidessä eri reiässä tehtävät kokeet aloitettiin vuonna 1999 ja niiden kestoksi on suunniteltu 1, 5 ja 20 vuotta. Vuonna 2003 raportoitiin kemiallisten tutkimusten tulokset (Posiva työraportti 2003-32), jotka saatiin analysoimalla ensimmäisen koe-reiän näytteet. Bentoniitinäytteistä puristettiin huokosvesiä, joista määritettiin pH, Eh, S(-II), Fe²⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ ja HCO₃⁻. Samoin määritettiin bentoniitin vaihtuvat kationit ja vesipitoisuus. Bentoniitin vaihtuvan kalsiumin pitoisuus oli kasvanut alkuperäiseen MX-80 bentoniittiin verrattuna. Tämä oli yhdenmukaista huokosvedessä havaittujen alhaisten kalsiumpitoisuuksien kanssa. Lisäaineiden vaikutukset vaihtuviin kationeihin jäivät enimmäkseen normaalin hajonnan puitteisiin.

BENIPA

Viidenteen puiteohjelmaan kuulunut EU-hanke "Bentonite barriers in integrated performance assessment (BENIPA)" on saatettu päätökseen vuonna 2003. VTT Prosessit vastasi Posivan tukemana kiteisen kallion osalta FEP-tietokannan ja datan koamisesta. PC-tietokoneella toimivan kaupallisen PORFLOW mallin käytöstä radionuklidien kulkeutumis-analyysiin KBS-3V ja KBS-3H loppusijoitusrei'issä ja sen vertaamisesta REPCOM malliin laadittiin työraportti. EU:n komissio julkaisee BENIPA hankkeen loppuraportin.

ECOCLAY

Posiva osallistui vuosina 2000–2003 ECOCLAY II (Effects of Cement on Clay Barrier Performance Phase II) EU-hankkeeseen, jossa tutkittiin bentoniitin ja sementin välistä vuorovaikutusta sekä savi- että kiteisessä kallioperäympäristössä. Suomessa

tehtävässä osuudessa tutkittiin erityisesti pohjaveden suolaisuuden ja korkean pH:n vaikutusta kompaktoidusta bentoniitista ja murskeesta koostuvassa systeemissä. Bentoniitin ja murskeen muuntumista sekä merkkiaineiden (Na, Ca) sorptiota ja kulkeutumista seurattiin ionivahvuuden ja pH:n funktiona. ECOCLAY II:n loppuraportti valmistuu alkuvuonna 2004.

NEAn EBS-hanke

NEAn "Engineering barrier systems" -hanke käsittää sarjan workshop-kokouksia, jotka on suunniteltu pidettäväksi vuosittain. Ensimmäinen kokous, jota edelsi kysely teknisten vapautumisesteiden toimintavaatimuksista ja niiden käsittelystä turvallisuusanalyseissa, järjestettiin Oxfordissa v. 2002. Kokouksessa sovittiin tulevien kokousten aihepiirit.

Posiva isännöi sarjassaan toisen kokouksen. Sen aiheena olivat teknisiä päästöesteitä koskevat suunnittelu- ja toimintavaatimukset. Kokous pidettiin Turussa 27.–29.8.2003. Kokouksessa todettiin, että loppusijoitusjärjestelmän suunnittelu, rakentaminen ja käyttö on monimutkainen hanke, jossa on huomioitava useilta tahoilta asetetut vaatimukset. Vaatimusten hallintaan on olemassa työkaluja, joita voidaan soveltaa loppusijoitushankkeeseen työn systematisoinnin apuna ja varmistamaan, että vaatimukset tulevat riittävällä tavalla täytetyiksi suunnittelussa. Vaatimusten hallinta ja turvallisuusanalyysisystematiikka täydentävät toisiaan. Ne käyttävät osin samaa lähtötietoa sekä menetelmiä (esim. viranomaisvaatimukset, paikkaa koskevat tiedot, iteroivat työmenetelmät, muutoksenhallinta) ja niillä on samanlaisia tarpeita (jäljitettävyyden, laadunvarmistus, vuorovaikutus). Aktiivinen vuorovaikutus todettiin tärkeäksi tekijäksi ydinjätehuoltoratkaisu-vaihtoehtoja puntaroidessa ja suunnitteluratkaisuja kehitettäessä.

NF-PRO

Vuoden 2003 aikana Posiva osallistui VTT Prosessien ja 44 muun organisaation kanssa EU:n 6. puiteohjelmaan kuuluvan IP hankkeen "Understanding and physical and numerical modelling of the key processes in the near-field, and their coupling, for different host rocks and repository strategies" (NF-PRO) tutkimusohjelman ja hakemuksen valmisteluun. Hanke käsittää kuusi osaprojektia, joista neljään VTT ja Posiva osallistuvat aktiivisesti. Omina erityisaiheina ovat alfa-aktiivisuudella seostetun UO₂:n liukeneminen, bentoniitin huokosveden kemian kehittyminen (erityisesti pH, Eh ja suolaisuus), raudan ja kuparin korroosiotuotteet bentoniitissa, bentoniitin THM-käyttäytyminen KBS-3V ratkaisussa sekä kaikkien osailmiöiden integroitu tarkastelu turvallisuusanalyysin kannalta. Hanke käynnistyy vuoden 2004 alusta ja kestää vuoden 2007 loppuun.

Kallioperän toiminta vapautumisestaan

Kallioperässä kulkeutumisen ja pidentymisen mallinnustapoja ja konsepteja käsittävä EU-projekti RETROCK on järjestänyt vuonna 2003 kansainvälisen asiantuntijaseminaarin, jossa arvioitiin projektin siihenastisia saavutuksia ja linjattiin tulevaa työtä. Workshopin yhteenveto tullaan julkaisemaan EU:n komission toimesta.

Kulkeutumisilmiöiden tutkimuksia yhdessä muiden jätehuolto-organisaatioiden kanssa on jatkettu Äspön kalliolaboratoriossa. TRUE Block Scale kokeita on jatkettu jatkoprojektissa, jossa pidättyvimpien merkkiaineiden mittausta on jatkettu läpitu- lokäyrien häntien tarkemmaksi määrittämiseksi. Samalla on myös lisätty mallinnustyötä aikaisempien ja uusien tulosten tulkitsemiseksi. Mallintamisen yhteishankkeessa nk. Task Force -ryhmässä on otettu kulkeutumisreit- tin heterogeenisyyteen liittyviä lisätarkasteluja työkohteeksi. Heterogeenisyyden vaikutuksia turvallisuus-

analyysin kannalta on tarkasteltu eks- trapoloimalla tehtyjen kokeiden tu- loksia loppusijoitusolosuhteita vas- taavaan tilanteeseen. Näitä yhteis- työprojekteja kuvataan myöhemmin kohdassa Äspön kalliolaboratorio.

Sorptiokokeita on jatkettu sorp- tion teoreettisen ymmärtämisen lisää- miseksi ja mekanistisen mallinnuk- sen kehittämiseksi. Kesiumin eri pi- toisuuksilla on havaittu epälineaaria vaikutuksia merkkiainekesiumin pidättymiseen. Näytteen altistaminen kesiumille ennen pidättymiskoetta on voinut vähentää pidättymistä huo- mattavasti, mutta joissain tapauksis- sa on kivessä tapahtunut voimakas muutos, jonka seurauksena pidätty- minen on voimistunut.

Rakokulkeutumisen tarkastelua laboratorioon tuodussa luonnonraos- sa tehtävien kokeiden avulla on jat- kettu mm. selvittämällä raon veden- johtavuutta ja virtauskanavien sijain- tia. Alustavia radionuklidien kulkeu- tumiskokeita on tehty pidättymät- tömillä merkkiaineilla (^{99m}Tc, uranii- ni) ja heikosti pidättyvällä natriumilla.

Europiumin ja amerikumiumin sorp- tiomekanismien määrittämiseksi on jatkettu tutkimuksia niiden pidätty- misestä kaoliniittin. Posiva on osal- listunut vuonna 2003 edelleen NEA:n Sorptioforumin II-vaiheen ja TDB (Thermodynamic Data Base) työn kolmannen vaiheen työhön.

Keskenään yhteensopivien ja johdonmukaisten mallinnustapojen tarkastelu aloitettiin sorptio- ja migraa- tiomallintajien sekä kokeellisten migraatiotutkijoiden yhdessä muodosta- massa kulkeutumishankkeessa (KULKE). Hankkeeseen kuuluivat sekä lähi- että kaukoalueen kokeel- liset tutkimukset ja mallinnustavat. Osa KULKE-tutkimuksista saa tu- levaisuudessa rahoituksensa valtion ydinjäterahastosta osana kansallista ydinjätetutkimusohjelmaa (KYT). Osa tutkimuksista on ehdotettu otet- tavaksi mukaan EU:n 6. puiteohjel- man FUNMIG-hankkeeseen sen valmisteluvaiheessa. Hanke voisi käynnistyä aikaisintaan vuoden 2005 alussa. Ennen hankkeen käynnis- tymistä hankkeita jatketaan Posivan rahoituksella.

Olkiluodon tutkimusalueen vallit- sevien virtausolojen ja hydrogeoke- miallisten olosuhteiden mahdollisia ONKALOon vuotavien vesien ai- heuttamia muutoksia on tarkasteltu mallintamalla sekä koko aluetta että yksityiskohtaisesti oletettua virtaus- kanavaa. Työt ovat osa ONKALOn aiheuttaman häiriön arvioreporttia ja yksityiskohtaisempi raportointi kum- mastakin työstä valmistuu vuoden 2004 alkupuolella.

Biosfääritutkimukset

Biosfääritutkimusten suuntaviivat täs- mennettiin kolmivuotistutkimusohjel- massa (TKS-2003) sekä monitoroin- tiohjelmassa. Pitkäaikaisturvalli- suuden arvioinninkin kannalta mer- kittävä eri biosfääritutkimuksen alat kokoava yhteenveto laadittiin osaksi perustilaraporttia.

Kuivalla maalla sijaitsevien mah- dollisesti kontaminoitunutta pohja- vettä saavien ekosysteemien mal- linkehittämishanke edistyi erityisesti SKB:n toukokuussa 2003 järjestä- mässä asiantuntijaseminaarissa.

Ensimmäinen versio Matlab-/Si- mulink -laskentaympäristöön räätä- löidystä monipuolisesta ja joustavasta biosfäärimallinnustyökalusta (BIOMAT) teetettiin yhteistyössä SKB:n kanssa, ja kehitystyötä ollaan jatkamassa vuonna 2004.

Posivan osittain rahoittaman ydinjätehuolto-organisaatioiden biosfäärimallintamisen avainkysy- mysten selvittämiseen keskittyvän BIOPROTA-hankkeen toinen toi- mintavuosi alkoi syksyllä 2003. Jo ensimmäisen vuoden aikana tuotettiin lukuisa määrä työmateriaalia kes- keisistä osa-alueista.

Posiva jatkoi muiden kansain- välisten biosfäärimallintamiseen liittyvien projektien etenemisen seu- raamista (esim. BioMoSA, BIOCLIM, FASSET). Posivan edus- taja osallistui myös lokakuussa IAEA:n Tukholmassa järjestämään konferenssiin, jossa pohdittiin ympä- ristön säteilysuojelun toteuttamisen edellytyksiä ja käytännön ratkaisu- mahdollisuuksia.



Metsän intensiivihavaintoalalle pystytettyjä lumenkeräimiä, joiden avulla tutkitaan mm. latvuston vaikutusta maahan satavan veden ja lumen kemialliseen koostumukseen.



Metsäntutkimuslaitoksen Leena Hamberg inventoimassa aluskasvillisuuden lajien peittävyysosuuksia siirrettävän nuutukehikon avulla. Kuva: Maija Salemaa.

Turvallisuusanalyysi

ONKALOn aiheuttamien häiriöiden arviointityö on saatettu loppuun ja siinä on otettu huomioon myös hydrologiset ja geokemialliset häiriöt tehtyjen erillistarkastelujen puitteisissa. Häiriöiden arviointiraportti on toimitettu STUKille ja kansainvälisen arviointiryhmän jäsenille ensin luonnoksena elokuussa ja lopullisena versiona loppusyksystä arvioitavaksi ennen ONKALOn rakentamisen aloittamista. Myös muiden STUKille esitettävien raporttien laadintaan ja kommentointiin on osallistuttu turvallisuusarvioinnin näkökulmasta.

VTT Prosessit on osallistunut turvallisuusanalyysin asiantuntijana pohjaveden hallintaprojektiin, joka on tuottanut pohjaveden hallinnan periaatteita sekä vuotovesien ja toisaalta niiden rajoittamistoimien vaikutuksia tarkastelevan työraportin sekä koko hankkeen loppuraportin.

Turvallisuusanalyysin asiantuntijat ovat myös osallistuneet tutkimus, kehitys- ja teknisen suunnittelutyön uuden kolmivuotishojelman laadintaan sekä vuoden 2006 väliarviota varten tarvittavan aineiston suunnitteluun.

Turvallisuusanalyysin eräänä valmistelevana vaiheena SR 97:n Prosessiraportti on lokalisoitu vastaamaan Posivan suunnitelmia ja Olkiluodon olosuhteita. Prosessiraportissa on otettu myös huomioon täydentävänä seikkana suomalaiset tutkimustulokset. Raportti valmistuu painokuntoon helmikuussa 2004.

Turvallisuusanalyysia erityisesti koskeva yhteistyö ja tiedonvaihto on käsittänyt muun muassa osallistumisen OECD/NEA:n työhön. OECD/NEA:ssa Posiva on osallistunut "Integration Group for Safety Case (IGSC)" -ryhmän työhön. Vuoden 2003 aikana järjestettiin IGSC:n toimesta mm. kansainvälisen AMIGO projektin "Approaches and Methods for Integrating Geological Information in the Safety Case" ensimmäinen kokous.

Vuoden 2003 aikana toteutettiin SKB:n kanssa yhteistyössä Basic design

vaihe kapselin vaakasijoituksesta. Tätä periaateratkaisua kutsutaan nimellä KBS-3H erotukseksi ratkaisusta, missä kapseli sijoitetaan pystyasentoon (KBS-3V). Kyseessä olisi asennustekniikaltaan uudentyypinen ratkaisu, jossa rei'itettyihin teräslieriöihin pakatut kapselit ja bentoniittilohkot asennettaisiin noin 200 metriä pitkiin vaakasuuntaisiin sijoitusreikiin. Työtä tehdään useammissa vaiheissa. Monivuotisen kehitysohjelman tavoitteena on saattaa KBS-3H ratkaisu teknisesti KBS-3V ratkaisun tasolle ja demonstroida sijoitusreikien poraus sekä kapselin ja bentoniittilohkon asennus pitkiin vaakasuuntaisiin reikiin. Suomessa tehtävässä työssä tavoitteena on KBS-3H konseptin Safety Casen laatiminen v. 2007 Olkiluoto esimerkkipaikkana.

LOPPUSIJOITUS- TEKNIikka

Yleistä

Vuoden 2003 aikana vietiin esisuunnitelmavaihe loppuun ja koottiin loppusijoituslaitosta koskevat suunnitelmat yhtenäiseen muotoon laitostuvaukseksi (Posiva työraportti 2003-64). Laitostuvaus on ensimmäinen laitossuunnitelma, jossa on huomioitu Olkiluodon infrastruktuuri. Laitoksen suunnittelussa otettiin alustavasti huomioon myös v. 2003 aikana varmistunut OL3 laitoksen vaikutukset loppusijoitukseen. Vuoden 2003 aikana kehitettiin laitoksen suunnittelujärjestelmää ottamalla käyttöön numerointi- ja nimeämisytematiikka tuleville järjestelmille.

Suunnittelussa on seurattu loppusijoitusjärjestelmälle hyvin merkityksellisten tekijöiden kehittymistä. Tällaisia ovat mm. uraanipolttoaineen palama ja sen seurauksena aiheutuvat säteily- ja jälkilämpöominaisuudet. Nämä saatettiin vuoden aikana ajan tasalle ja ne otettiin huomioon loppusijoitusjärjestelmän kehittämisessä ja laitoksen suunnittelussa.

Suunnitteluvaatimuksia koskevan hallintajärjestelmän kehittämistä on jatkettu. Käytännön esimerkkinä ovat toimineet ONKALOLle määritellyt vaatimukset. Hallintajärjestelmää on kehitetty yhdessä VTT:n koordinoimassa projektissa.

Seuraavassa on kuvattu lähemmin kapselointiin ja loppusijoitus-tiloihin liittyvää kehitys- ja suunnittelutyötä.

Kapselin suunnittelu

Kapselisuunnitelman tarkastelua ja vertailua SKB:n kanssa on jatkettu. Tarkastelun pohjalta kuparivaipan ja sisäosan suunnitelmien yksityiskohtia on hieman muutettu ja muutokset on kirjattu muistioon. BWR-polttoaineelle tarkoitetut kapselit ovat SKB:n ja Posivan suunnitelmissa nyt käytännöllisesti katsoen samanlaisia.

Uuden ydinvoimalaitoksen kapselisuunnitelmaa on luonnosteltu neuvotellun laitostyyppin pohjalta, mutta laitostyyppin varmistuttua EPR-laitokseksi vuoden 2003 lopussa kapseli suunnitellaan yksityiskohtaisemmin vuoden 2004 aikana. Suurimmat muutokset aiheutuvat siitä, että polttoainepippu on pidempi kuin OL1-2-laitosten niput ja että PWR-nippu on muutoinkin suurempi, joten nippuja voidaan sijoittaa merkittävästi vähemmän, alustavien laskelmien mukaan enintään 4 kappaletta yhteen kapseliin. Uuden kapselin suunnitelmasta ja aikaisempien kapseleiden päivitetystä suunnitelmista laaditaan raportti.

Kapselin on arvioitu joutuvan loppusijoitusvyödyssä alttiiksi enintään n. 45 MPa:n paineelle, johon on huomioitu mahdollisen tulevan jääkauden aikana muodostuva kolmen kilometrin paksuinen jääkerros. Kapselin mekaanista lujuutta on määritetty kokeellisesti ja tämän lisäksi SKB on käynnistänyt projektin, jonka tarkoituksena on osoittaa todennäköisyyslaskentaan perustuvien menetelmien avulla, että kapselin rikkoutumisen todennäköisyys on alhainen.

Kapselin valmistusteknisiä hyväksymiskriteereitä on pohdittu yh-

dessä SKB:n kanssa, mutta ehdotuksen laatiminen on lykkääntynyt vuoteen 2004.

Kapselin valmistustekniikka

Kapselin valmistustekniikan keskeisimpänä kehityskohteena on edelleen ollut kuparivaipan lieriöosan valmistus yhdestä kappaleesta useammalla vaihtoehtoisella valmistusmenetelmällä. Valmistusmenetelmiä on kehitetty sekä Posivan ja Outokumpu Poricopperin TEKES-tuotekehityshankkeen puitteissa että yhteistyössä SKB:n kanssa. TEKES-tuotekehityshankkeen oli alun perin suunniteltu päättyvän vuoden 2003 lopussa, mutta hanketta on viivästyksistä johtuen jatkettu vuoden 2004 kesäkuun loppuun asti.

Kuparikapselin vaippamateriaalin kehitystyötä on jatkettu yhdessä Outokumpu Poricopperin kanssa. Aihion valuprosessia on kehitetty, jotta saadaan pidempi, spesifikaation täyttävä aihio. Valuprosessissa sulan syöttöä kokilliin on muutettu, millä happipitoisuus on saatu riittävän alhaiseksi myös valun aloituksessa. Fosforin mikroseostusta on kehitetty siten, että fosforipitoisuus on koko aihion mitalta spesifikaation mukainen. Sulan jähmettyminen on saatu valun aloituksessa paremmin hallintaan, jolloin aihion aloituspään keskustarepeämää on saatu vähennetyksi ja siten materiaalihävikkiä pienennetyksi. Myös aihion pinnanlaatu on valuprosessin paremman hallinnan myötä saatu paremmaksi, jolloin aihion ympäryspinnan koneistustarve on vähentynyt. Näytteenottoa aihioista on muutettu, millä edelleen on päästy pienempään materiaalihävikkiin. Outokumpu Poricopperin valulaitteiston ja -prosessin muutostöiden jälkeen on yhdessä SKB:n kanssa tilattu kahdeksan valuaihiota kolmea eri kapselinvalmistusprosessia, pisto ja veto -menetelmää, pursotusta ja taontaa varten ja ahiot täyttivät spesifikaation koostumuksen ja painon osalta, mutta salittavien repeämien tai muiden vir-

heiden ja pinnanlaadun osalta spesifikaatiota ei ole vielä olemassa.

Saumattoman, integroidulla pohjalla varustetun kuparivaipan valmistuskokeita pisto ja veto -menetelmällä on jatkettu Vallourec & Mannesmann Tubes putkitehtaalla Saksassa. Vuoden 2003 aikana tällä menetelmällä on valmistettu yksi kapseli ja toisen kapselin ensimmäiset muokkausvaiheet on tehty. Vallourec & Mannesmannin asettama tutkimusryhmä oli suunnitellut muutoksia muokkausprosessiin, jotta pohjan raerakenne saataisiin hienommaksi. Ensimmäisen kapselin kuumamuokkausprosessia oli muutettu edellisen, vuonna 2002 toteutetun kokeen jälkeen siten, että muokkauksen lopussa kapselin pohjaa muokattiin umpinaista laippaa vasten. Pohjan rikkovat tutkimukset kuitenkin paljastivat, että pohjan keskikohdassa on edelleen muita alueita karkeampi raerakenne, mikä osoitti pohjan muokkausasteen jääneen liian pieneksi. Tutkimusryhmä jatkoi kehitystyötä suunnittelemalla muutoksia kuumamuokkauksen viimeisiin vaiheisiin pohjan muokkausasteen suurentamiseksi. Kapseli muokattiin näiden muutosten jälkeen ja sen tutkimukset valmistuvat vuoden 2004 alkupuolella, jolloin voidaan jatkaa toisen kapselin muokkausta. Valmistuskokeet on suunniteltu ja toteutettu yhteistyössä SKB:n kanssa.

Yhteishankkeena SKB:n kanssa toteutettuja kuparivaipan ja -kansien taontakokeita on jatkettu Scana Steel Components AB:lla Ruotsissa. Vuonna 2002 taotun, vajaapituiseksi jääneen putken taontaa jatkettiin uusilla, paremmin putken muotoa vastaavilla taontatyökaluilla. Putki saavutti nyt täyden pituuden, mutta sen päissä havaittiin halkeamia. Vuoden 2003 aikana on samoilla uusilla työkaluilla taottu yksi uusi putki. Tämän putken mitat ja raerakenne vastasivat vaippaputkelle spesifioituja vaatimuksia. Putken sisähalkaisija sen sijaan on kasvanut muokkauksen aikana liian suureksi ja putken muoto ei ole aivan tasainen. Menetelmän kehittämiseksi edelleen on putken muokkauksen viimeistä vaihetta var-

ten tilattu uusi työkalu. Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) Tukholmassa on osallistunut kuparikansien valmistusprosessin kehitystyöhön, jonka tavoitteena on ollut mm. kannen raerakenteen hienontaminen ja prosessin saannin parantaminen. Kuparikansia on taottu jo sarjatuotantomaisesti, niiden raerakenne on saatu kauttaaltaan spesifikaation mukaiseksi ja materiaalihävikkiä on pystytty pienentämään.

SKB on jatkanut edelleen kuparivaipan pursotusmenetelmän kehitystyötä Wyman & Gordonilla Skotlannissa. Vuoden 2003 aikana on pursotettu kolme putkea, yksi 40 mm:n ja kaksi 50 mm:n seinämäpaksuudella. Kaikki putket täyttivät niille asetetut vaatimukset.

Kapselin eri valmistusmenetelmien vertailu ja niiden kustannusarvioiden laadinta on aloitettu yhdessä SKB:n kanssa. Kustannusvertailu saadaan valmiiksi vuoden 2004 alkupuolella.

Metso Paper Oy:n Rautpohjan valimossa on toteutettu kapselin pallografiittirautaisen sisäosan valukoe. Valukoe suunniteltiin yhdessä SKB:n kanssa, joka samanaikaisesti teetti vastaavanlaiset valukokeet Ruotsissa kolmessa eri valimossa. Posivan aiempaan valukokeeseen (v. 1998) verrattuna sisäosasta jätettiin pois kevenysreiät ja pohja valettiin integroituna. Valukokeissa oli yhteneväiset tavoitteet ja laatuvaatimukset. Yhtenä kokeiden tavoitteena oli saavuttaa paremmat valun sitkeys- ja lujuusominaisuudet. Valmistuskokeen tulokset täyttivät vaatimukset kaikilta muilta osin paitsi materiaalin mekaanisten ominaisuuksien ja valurakenteen osalta. Vetolujuus-, murtolujuus- ja murtovenymäärät jäivät vaatimusten alapuolelle, minkä todettiin metallografisten tutkimusten perusteella johtuvan vääränlaisesta valurakenteesta. Grafiitti ei ollut palloutunut vaatimusten mukaisesti, mikä ilmeisesti johtui valuprosessissa tapahtuneesta häiriöstä tai virheestä. Kaikilta osin vaatimukset täyttävän sisäosan valmistamiseksi on suunniteltu toteutettavan uusi valukoe.

Kapselin sulkemis- ja tarkastustekniikka

Posiva on jatkanut kapselin kuparikkannan sulkemiseen tarkoitettua korkeavakuumi-elektronisuihkuhitsausmenetelmän (EBW) kehittämistä toteuttamalla uudelleen vuoden 2002 hitsauskoeohjelman, joka epäonnistui mm. laitteisto-ongelmien ja kansien liitospintoihin liittyvien ongelmien vuoksi. Edellisessä koeohjelmassa käytetty hitsauslaitteisto oli siirretty ISF:lle Aacheniin, joten uudet kokeet toteutettiin siellä. Hitsausparametrien verifiointiksi tehtiin aluksi kaksi levykoesarjaa, joista jälkimmäinen onnistui paremmin muutettujen hitsausparametrien ansiosta. Tämän jälkeen tehtiin kaksi kannen hitsausta. Kannen ja putken liitospinnan välykset oli mitoitettu lähes olemattomiksi, jolloin kummallakin kertaa putkea jouduttiin esilämmittämään n. 70°C, jotta kansi saatiin asennettua paikoilleen. Hitsauksissa jouduttiin käyttämään eri työskentelyetäisyyttä kuin aikaisemmissa levyhitsauskokeissa, mutta uusia, ns. fokuskokeita ei kuitenkaan tehty. Molemmille putkille tehtiin SKB:n kapselilaboratoriossa radiograafinen tarkastus, jonka perusteella hitsit olivat erittäin huokoisia koko hitsin alueelta. Kokeiden tulosten käsittely ja raportointi on meneillään.

Elektronisuihkuhitsausmenetelmän kehittämisohjelman aikana on todettu, että koeohjelmien toteuttaminen ulkomailla ja jatkuvasti vaihtuvalla laitteistolla on melko työlästä ja hidasta. Posivalle on Patria Aviation Oy:n kanssa solmimansa yhteistyösopimuksen myötä tarjoutunut tilaisuus toteuttaa hitsauskoeohjelmat Linnavuonna Patria Aviationin käyttämällä elektronisuihkuhitsauslaitteistolla. Vuoden 2004 aikana laitteisto modifioidaan tarkoitukseen soveltuvaksi, mm. laitteiston hitsausteho nostetaan 50 kW:n arvoon. Posiva pääsee toteuttamaan seuraavaa koeohjelmaansa heti laitteiston ollessa käyttövalmis, arviolta syksyllä 2004.

Posiva on lisännyt resurssejaan

kapselointitekniikan sulkemis- ja tarkastustekniikan osa-alueilla yhteistyön tiivistämiseksi SKB:n kanssa ja entistä aktiivisemmän osallistumisen mahdollistamiseksi SKB:n EBW- ja FSW-projekteihin (FSW on kitkatappihitsausmenetelmä). SKB:n tavoitteena on valita kapselointiin käytettävä sulkemismenetelmä ja osoittaa sen toimivuus vuoden 2005 alkupuolella, minkä johdosta SKB:n sulkemistekniikan kehitysohjelma etenee kiivasta vauhtia. Oskarshamniin SKB:n kapselilaboratorioon on asennettu ja otettu käyttöön The Welding Institute (TWI) kehittämä ja ESAB:n toimittama uusi FSW-laitteisto. Edelleen kapselilaboratorion EB-hitsauslaitteistoa on modifioitu.

Posiva on osallistunut edelleen kotimaiseen, TKK:n ja VTT:n toteuttamaan TEKES/EU-hankkeeseen kotimaisen FSW-osaamisen ja -resurssien lisäämiseksi. Projekti jatkuu vuoden 2004 syksyyn asti.

Posivan TKK:lla teettämät kapearailo-TIG-hitsauskokeet ja niiden raportointi on saatu valmiiksi. TKK:n laitteistolla pystyttiin kohtuullisella esilämmityksellä hitsaamaan 15 mm paksua kuparilevyä, mutta 50 mm paksun levyn hitsaaminen ei esilämmityksestä huolimatta onnistunut ollenkaan. Näin paksun materiaalin hitsaaminen kapearailo-TIG-laitteistolla vaatisi laskelmien mukaan arviolta 500–700°C:een esilämmityksen, mikä ei voi käytännössä tulla kyseeseen käytetyn ydinpolttoaineen kapseloinnissa.

Tarkastustekniikan saralla tarkastusmenetelmien tulosten käsittelyn kehittämistyötä on alustettu teettämällä Posivan ja SKB:n tähänastisen kapselin tarkastustekniikan kehitystyön arviointi ja sen pohjalta kehitystyön jatkosuunnitelma. Kotimaisen tarkastustekniikan osaamis- ja laitteistoverkoston luomiseksi on selvitetty mahdollisia yhteistyökumppaneita.

EB-hitsauskokeiden tuloksia on tarkastettu Inspecta Oy:ssä ns. phased array ultraäänimenetelmällä ja SKB:n kapselilaboratoriossa sekä ultraääni- että läpivalaisumenetelmällä.

Rikkovilla menetelmillä on varmistettu, että SKB:n NDT-menetelmillä saadut tulokset ovat erotuskyvyltään hyvin tarkkoja. Samoilta koekappaleille Inspectan tekemien vertailutarkastusten erotuskyky tai tulosten tulkinta ei ensi yrittämällä saavuttanut samaa tasoa, mutta jatkoselvitäksin ja -tulkinnoin heidänkin tarkastustulosten erotuskyky on parantunut.

SKB:n FSW:lla hitsattujen kappaleiden tarkastusmenetelmien ja -laitteistojen kehitystyö on käynnistynyt Ruotsissa. Posivan on tarkoitus jatkossa osallistua myös niihin.

Posiva on osallistunut SKB:n kehitysohjelmaan, jonka tavoitteena on laatia alustava ehdotus kapselin koko tuotantoketjun päteväittämissuunnitelmista. Ehdotus luo pohjaa viranomaisilla hyväksyttävälle ja sertifioitavalle laatujärjestelmälle, jonka Posiva aikanaan laatii tarkastus- ja valvontamenetelmistä, joita käytetään apuna kapseleiden valmistuksen tai sulkemisen hyväksymisessä. SKB on lykännyt ehdotuksen esittämistä vuoden 2004 alkuun.

Kuparikapselin valmistuksessa muoto- ja mittatarkkuuden tarkastamista varten on KTH:lla Tukholmassa kehitetty lasermittaukseen perustuva laitteisto, jonka SKB on tilannut kapselilaboratorioonsa Oskarshamniin. Posiva on osallistunut laitteen kehitystyöhön.

Kapselointilaitoksen suunnittelu ja kapselin kuljetus

Olkiluodon loppusijoituslaitoksen laitospaikkajärjestelyistä vuonna 2020 on laadittu kuvaus. Kuvauksessa on otettu huomioon tuolloin ONKALOn myötä rakennetut tilat.

Kapselointilaitoksen keskeisimpien laitteistojen yksityiskohtaista suunnittelua on jatkettu. Siirtovaunu, jolla kapselia kuljetetaan kapselointilaitoksen kapselin siirtokäytävässä työvaiheesta toiseen, nostetaan työasemille ja pystytään jopa pyörittämään hitsauksen ja tarkastuksen



Paloturvallisuuden varmistaminen on yksi kapselinkuljetusajoneuvon suunnittelun lähtökohdista.

aikana, on suunniteltu. Lisäksi vihivaunu, jolla kapseli siirretään siirtovaunusta puskurivarastoon ja puskurivarastosta edelleen hissiin ja hissistä loppusijoitustilan lastausasemaan, on suunniteltu yksityiskohtaisesti. Vihivaunun on suunniteltu toimivan siten, että kapselia ei tarvitse nostaa muutamaa senttimetriä enempää ja se kulkee niin hitaasti, että kapseli ei kaadu vaikka vihivaunu pysähtyisi yhtäkkiä tai törmäisi esteeseen. Nostojen välttämisen myötä puskurivaraston korkeus on voitu puolittaa, jolloin säteilysuojaolosuhteet ovat aiempaa paremmat, kun ylhäältä avoimia labyrinttisuoja ei tarvita. Myöskään puskurivaraston siltanosturia ei enää tarvita.

Kapselitarraimesta on tehty suunnitelma kapselin nostamiseen sen kannesta. Samassa yhteydessä on suunniteltu tarrainlaite, jolla kapselia voidaan nostaa lieriöpinnasta siinä tapauksessa, että kanteen ei voida tarttua.

Loppusijoituslaitoksen suunnittelussa varaudutaan normaalin käyttötoiminnan lisäksi myös käyttöhäiriöihin ja onnettomuustilanteisiin. Normaalkäytön työvaiheet ja niiden kes-

tot on kuvattu annoslaskentaa varten ja jotta voidaan identifioida ja kuvata riskialttiit työvaiheet, joissa voi syntyä käyttöhäiriöitä tai jotka voivat johtaa onnettomuuteen. Aiemmin, vuonna 1999, Kuhmon Romuvaaraan laadittu kuvaus on päivitetty ottaen huomioon loppusijoituslaitoksen sijoittaminen Olkiluotoon ja loppusijoituslaitoksen suunnitelmien kehittyminen.

Loppusijoitukseen valmis kapseli nykyisessä laitossuunnitelmassa on suunniteltu kuljetettavan maan alle n. 500 m syvyydellä olevaan loppusijoitustilaan hissillä kuilua pitkin. Hissin putoamisonnettomuuden seurauksia on selvitetty kapselin kuiluvaimenninkokeiden avulla. Kokeiden mukaan kymmenien metrienkään paksuinen vesipatja kuilun pohjalla ei hidasta kapselin putoamisnopeutta riittävästi, mutta 20 metrin paksuisen LECA-sorapatjan arvioitiin soveltuvan hyvin vaimentimeksi ja kapselin säilyvän ehjänä kaikissa tilanteissa, kunhan LECA-sorapatja ei kellu veden pinnalla.

Suljettu kapseli voidaan vaihtoehtoisesti kuljettaa loppusijoitustilaan vinoajotunnelia pitkin kapselin kul-

jetusajoneuvolla. Tällöin kapseli on oltava suljettuna B(U)-tyyppisen, törmäyssuojilla varustetun kuljetussäiliön sisään. Kuljetusajoneuvo voi olla esim. samantyyppinen ajoneuvo kuin alhaalla loppusijoitustiloissa käytettävä kapselin siirto- ja asennusajoneuvo. Kuljetus- ja säteilysuojasäiliöiden sisällä olevan loppusijoituskapselin kuumenemista tunnelissa sattuvassa ajoneuvopalossa on simuloitu. Tutkimuksen mukaan kuljetussäiliössä tai asennusajoneuvon säteilysuojan sisällä oleva loppusijoituskapseli ja sen sisällä oleva ydinpoltoaine eivät saavuta niin korkeaa lämpötilaa mahdollisen ajoneuvopalon aikana, että ne vaurioituisivat.

Polttoainekuljetukset

Vuoden 2003 aikana on tarkistettu maantie-, rautatie- ja merikuljetusvaihtoehdot Loviisan käytetyn polttoaineen kuljettamiseksi Olkiluotoon. Kuljetustavan, reittien ja kuljetussäiliöiden tarkastelun lisäksi on päivitetty tarkastelu vaadittavista luvista. Tällä kertaa pääpaino on ollut merikuljetusriskien tarkastelussa. Tutkimuksessa on arvioitu Loviisan ydinvoi-

malaitokselta Olkiluotoon suunnitellulle loppusijoituslaitokselle tapahtuvien KPA-kuljetusten liikenteellisesti sekä säteilystä aiheutuvia riskejä. Tarkastellut reitit ovat maantie-, rautatie tai merireittejä tai näiden yhdistelmiä tarvittavan liityntäliikenteen takia. Tutkimuksessa on laskettu normaalikuljetuksista kuljetushenkilöstölle ja väestölle sekä mahdollisista häiriö- ja onnettomuustilanteista väestölle aiheutuvat säteilyannokset. KPA-kuljetuksiin liittyvä säteilystä aiheutuva riski on pienempi kuin kuljetusten tavanomainen riski. Tavanomaiset maksimaaliset vuotuiset riskit KPA-kuljetuksen perustapauksen mukaisella liikennesuoritteella ovat 4×10^{-5} (maanteitse), 2×10^{-4} (junalla) ja 9×10^{-5} (laivalla).

Ydinmateriaalivalvonta

Ydinmateriaalivalvonnan järjestämisestä koko loppusijoituslaitoksen alueella on laadittu alustava tekninen suunnitelma. Ydinmateriaalivalvonnan kansainvälistä kehitystä on seurattu mm. osallistumalla alan kokouksiin, esim. STUK:in koolle kutsuman Expert's Group Meeting'in järjestelyihin Olkiluodossa ja Raumalla.

Loppusijoitustilojen suunnittelun lähtötiedot ja rakentamismenetelmät

Suunnittelun lähtötiedot ovat suurelta osin rakentamisvaiheen aikana tarvittavia tietoja, joita hyödynnetään ONKALOn ja loppusijoitustilojen suunnittelutyössä. Lähtötietoja tarvitaan mm. kalliotilojen asemointia sekä louhinta-, lujitus- ja tiivistystöiden suunnittelua ja toteuttamista varten. Tämä tehtäväkokonaisuus jakaantuu kallionrakentamiseen liittyvään kehitystyöhön ja varsinaisten loppusijoitustilojen suunnitteluun liittyvään työhön.

Loppusijoitustilojen tähänastiset kalliomekaaniset tarkastelut on tehty olettaen kiville yksinkertaisia materiaalimalleja, jotka perustuvat kiven

jatkuvaan, homogeeniseen, isotrooppiseen, lineaariseen ja elastiseen käyttäytymiseen. Olkiluodon alueen kivilajeista merkittävä osa on suuntautunutta ja kiven muodonmuutos- ja lujuusominaisuudet ovat anisotrooppisia eli erilaisia eri suuntiin. Vuoden 2003 aikana selvitettiin menetelmiä ja tapoja kiven anisotrooppisen käyttäytymisen ottamiseksi suunnittelussa huomioon. Lisäksi selvitettiin kiven mekaanisen anisotrooppisuuden kuvaamista FLAC-mallinnusohjelmalla.

Vuonna 2003 analysoitiin oletetulla loppusijoitussyvyydellä havaitun rakoilun vaikutusta tunnelien suuntaukseen ja pulttistarpeeseen. Työ tehtiin sekä lohkoteoriaan perustuvalta laskentaohjelmalla KBTunnel että epäjatkuvalta 3DEC-elementtiohjelmalla, jolla tarkemmin arvioitiin rakoilun vaikutusta huomioimalla mm. loppusijoitussyvyydellä vallitseva kallion jännitystilä. Työstä valmistui vuonna 2003 Posiva-työraportti ja työn tulokset esitettiin kansainvälisessä SARA2003 -konferenssissa kesällä 2003.

Posiva osallistuu SKB:n APSE-projektiin (Äspö Pillar Stability Experiment), jossa kahden täysimittakaavaisen ja eri tavalla paineistetun sijoitusreiän välinen kallio Pilarin murtetaan. Tavoitteena on todentaa malleilla kuvattu kallion käyttäytyminen täydessä mittakaavassa ja erityisesti selvittää täytön tukipaineen vaikutus murtumiseen. Tavoitteena on myös saada louhinnan aikaista tilojen monitorointia varten käytännön kokemusta kiven rikkoutumisesta ja sen havaitsemisesta mittalaittein. Vuoden 2003 aikana osallistuttiin murtokokeen toteutussuunnitteluun ja mallinnettiin koetta lämpömekaanisin analyysein sekä FLAC3D-ohjelmalla että partikkelimekaniikkaan pohjautuvalla kytketyllä FLAC2D/PFC2D-ohjelmalla. PFC2D (Particle Flow Code) menetelmällä simuloitiin rakojen syntymistä ja kasvua murtuma-alueilla. Alustavat FLAC3D-analyysit raportoitiin vuonna 2003 ilmestyneessä SKB:n IPR-raporttisarjassa. Itse murtokoe on käynnistynyt vuoden

2003 lopussa ensimmäisen loppusijoitusreiän teolla.

Sekä poraamalla ja räjäyttämällä että mekaanisesti tapahtuva louhinta aiheuttaa loppusijoitustilojen ympärille vyöhykkeen, jossa kivi on vaurioitunut rakoilemalla. Tämän johdosta vyöhykkeen ominaisuudet poikkeavat ehjän kallion ominaisuuksista. Vaurion laatuun ja määrään voidaan vaikuttaa merkittävästi louhinta- ja rakentamismenetelmien valinnalla ja louhinnan suunnittelulla. Vuoden 2003 aikana on selvitetty louhinnan aiheuttaman vauriovyöhykkeen (Excavation Damaged Zone – EDZ) kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia ominaisuuksia sekä sen merkitystä loppusijoitustilojen toiminnalle. Selvityksessä on tutkittu sekä Ruotsin Äspössä sijaitsevasta kalliolaboratoriosta, että Olkiluodon tutkimustunnelista otettuja kivilähteitä. Selvitysten tuloksia on esitelty muun muassa Kalmarissa pidetyssä MRS 2003 (Material Research Society) ja Luxembourgiassa pidetyssä CLUSTER konferenssissa "Impact of the EDZ on the performance of radioactive waste geological repositories".

Vuodesta 1999 vuoteen 2003 oli käynnissä Vuotovesien hallinta -projekti, jonka avulla selvitettiin parhaat menetelmät ja tekniikat Olkiluodon kallioerän tiivistämiseksi ONKALOn rakentamisvaihetta ajatellen ja loppusijoitustilojen suunnittelua varten. Projektin puitteissa laadittiin Olkiluodon kallioerän vesivuoto- ja injektointivuosarvot ONKALOLle ja loppusijoitustiloille. Olkiluotokohtaiset pohjavedenhallinnan periaateratkaisut ja häiriöiden kuvaus valmistuivat vuoden 2003 loppupuolella. Osana projektia testattiin sementtipohjaisten injektointiaineiden ominaisuuksia.

Posivan, SKB:n ja NUMOn välisenä yhteistyönä kehitetään matalan pH:n tuottavia injektointiaineita. Kehitystyössä tutkitaan sementin, kuonan, lentotuhkan ja silikan käyttöä yhdessä lisäaineiden kanssa. Tiiviin lopputuloksen varmistamiseksi tavoitteena on kehittää tunkeutuvuudeltaan sementtiä parempia injektointiaineita. Tunkeutuvuudeltaan

parhaimpien aineiden kehittämisessä keskitytään silika solin ja periklaasin pitkäaikaisturvallisuuden ja käytettävyyden arviointiin. Projektin yhteydessä tullaan tekemään kenttäkokeita Suomessa ja Ruotsissa.

Loppusijoituksen periaateratkaisujen kehittäminen

Posivalla ja SKB:llä on käynnissä monivuotinen (2002–2007) yhteistyö loppusijoituskapselin vaakasijoituksesta. Tätä periaateratkaisua kutsutaan nimellä KBS-3H erotukseksi ratkaisusta, missä kapseli sijoitetaan pystyasentoon (KBS-3V). Kyseessä on asennustekniikaltaan uudentyypinen ratkaisu, jossa rei'itettyihin teräslieriöihin pakatut kapselit ja bentoniittilohkot asennettaisiin noin 200–300 metriä pitkiin vaakasuuhtaisiin sijoitusreikiin. Tässä ratkaisussa joudutaan kalliota louhimaan merkittävästi vähemmän kuin pystyreikäratkaisussa. Työtä tehdään useammasa vaiheessa. Monivuotisen kehitysohjelman tavoitteena on saattaa KBS-3H -ratkaisu teknisesti KBS-3V -ratkaisun tasolle ja demonstroida sijoitusreikien poraus sekä kapselien ja bentoniittilohkon asennus pitkiin vaakasuuhtaisiin reikiin.

Vuoden 2003 aikana tehtiin KBS-3H -ratkaisun perussuunnittelu vuonna 2002 valmistuneen esiselvityksen pohjalta. Perussuunnittelun keskeisimpiä suunnittelukohteita olivat sijoitustunneleiden poraustekniikan kehittäminen, bentoniitti-/kapselipakkauksen asennuslaitteen suunnittelu sekä pakkausten väliin kaavaillun bentoniittitulpan toiminnan arviointi.

Liittyen puskuribentoniitin ominaisuuksien selvittämiseen on vuonna 2003 lähinnä osallistuttu kansainväliseen yhteistyöhön. Näitä projekteja on kuvattu tarkemmin kappaleissa Äspön kalliolaboratorio ja teknisten päästöesteiden toimintakykytutkimukset. Puskuribentoniittien laadunvarmistusta varten selvitettiin GTK:lla miten eri mineralogiset tut-

kimusmenetelmät sopivat paisuvahilaisten saviin määrityksiin. Erilaisen bentoniittiesiintymien ja kaupallisten bentoniittien mineralogiaa selvitettiin samassa yhteydessä.

Loppusijoitustilojen täyttöö ja sulkemista koskevat suunnitelmat päivitettiin vuoden 2003 aikana esisuunnittelua varten. SKB:n ja Posivan yhteisen loppusijoitustilojen pitkän tähtäimen täyttöohjelman ensimmäinen vaihe käynnistettiin. Vuoden aikana laadittiin kuvaukset eri täyttövaihtoehdoista ja arvioitiin niiden toimivuus pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. OECD/NEA:n järjestämässä workshopissa esiteltiin syksyllä loppusijoitustilojen täytölle asetettuja vaatimuksia.

Tunnelintäytössä on suunniteltu voitavan käyttää eurooppalaisia Ca-Mg-bentoniitteja ja Posiva osallistuu mm. tšekkiläisen RAWRA:n kanssa yhteistyöhön, jossa karakterisoidaan montmorillonitiirikkaita savikerrostumia Tšekeissä. Vuonna 2003 selvitettiin Roklan ja Strancen bentoniittien geoteknisiä ominaisuuksia.

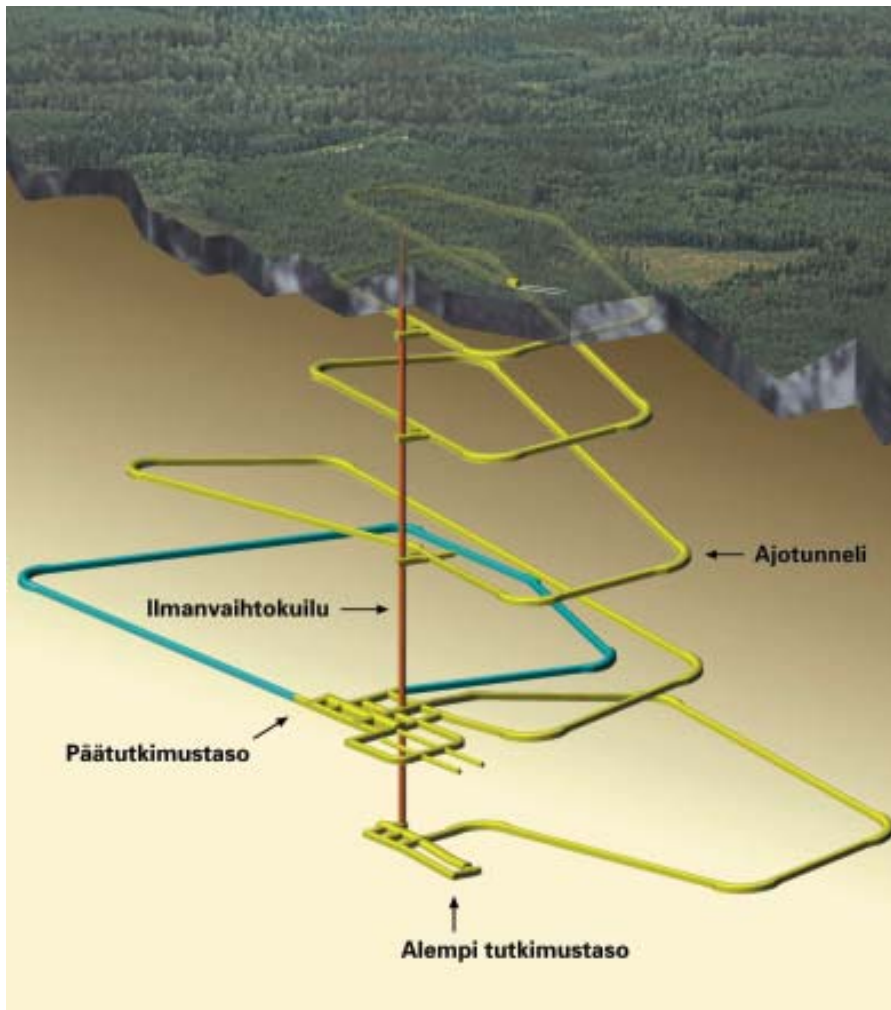
Suomen Ympäristökeskus koordinoi projektia, jossa selvitetään suolansuojausmateriaalien toimivuutta lähinnä tien- ja ympäristörakentamisen tarpeisiin. Tutkimuksessa oli mukana myös Friedland-savi vertailumateriaalina. Vuonna 2003 työstiin projektin loppuraporttia.

Loppusijoitustilojen teknisten suunnitelmien laatiminen

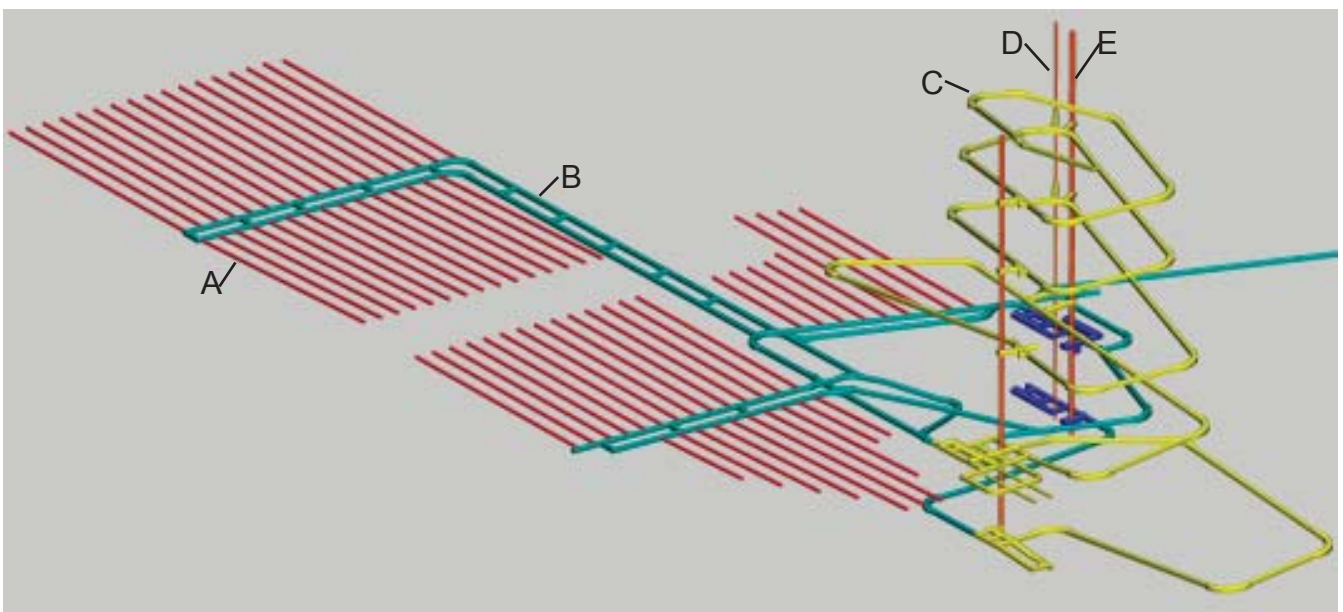
Loppusijoitustilojen esisuunnittelun ensimmäinen vaihe valmistui vuonna 2003. Esisuunnitelmaraportissa on käsitelty loppusijoitustilojen suunnitteluratkaisu, asemointi Olkiluodon kallioperään, tilojen vaiheittainen toteuttaminen, rakentaminen, käyttö ja sulkeminen. Käyttövaiheen toiminoista on suunniteltu ja raportoitu myös ydinmateriaalivalvonta, säteily-suojelu sekä normaalikäytön lisäksi toiminta häiriö- ja onnettomuustilanteissa.

Kapselin siirtotekniikkaan liittyen on siirto- ja asennusajoneuvolle laadittu uudet suunnitelmat, tutkittu siirtoajoneuvon mahdollisen palon vaikutuksia loppusijoitustilassa tai ajotunnelissa sekä kehitetty kapselikuilun pohjalle tehtävää vaimenninta. Loppusijoitustilojen asemoinnille Olkiluodon kallioperässä on laadittu esimerkkejä. Osalle esimerkeistä on laadittu kuvaus miten tilojen rakentaminen ja sulkeminen voisi edetä vaiheittain tilojen pitkän käyttöjakson aikana. Loppusijoitustiloista on laadittu suunnitelmaselostus ja tilojen yleisimmät tekniset rakenteet on dokumentoitu. Myös tiloihin sulkemisen jälkeen jäävät vieraat materiaalit on arvioitu. Loppusijoitustilojen järjestelmistä ja käyttövaiheen toiminnasta on laadittu erilliset kuvaukset. Loppusijoitustilojen suunnitelmiin vaikuttavat oleellisesti kapselien lämmöntuotto ja maksimilämpötilalle asetettavat rajoitukset. Tiloille on laadittu lämpötekniset analyysit, joissa on hyödynnetty tuorein tieto mm. kallioperän lämmönjohtavuusmitauksista.

Loppusijoitustilat voidaan rakentaa yhteen tai useaan kerrokseen. Esisuunnitelmassa on esitetty vaihtoehdot yhteen ja kahteen kerrokseen sijoitetuista tiloista. Loppusijoitustilojen suunnitelmat on esitetty asemoituna Olkiluodon kallioperään. Loppusijoitustilojen kokonaislouhintatilavuus on noin 1,3–1,4 milj. m³. Koska tiloja louhitaan ja täytetään vaiheittain tilojen käyttöjakson aikana, on kerrallaan avoinna oleva tilavuus noin 0,5 milj. m³. Tilojen ja maanpinnan välisinä yhteyksinä toimivat 1:10 kaltevuuteen rakennettava ajotunneli sekä pystykuilut. Loppusijoitustilojen keskustunnelit toteutetaan ns. rinnakkaistunneliperiaatteella, jossa kaksi rinnakkaista keskustunnelia on yhdistetty toisiinsa määrävällein sijaitsevin yhdystunnelin. Rinnakkaistunneliperiaate parantaa tilojen paloturvallisuutta ja tarjoaa joustavan mahdollisuuden täyttää ja sulkea sijoitustunneleita vaiheittain tilojen käyttöjakson aikana.



ONKALOLle myönnettiin rakennuslain mukainen rakennuslupa 12.8.2003.



Loppusijoitustilojen periaate 1-kerrosvaihtoehdossa noin 30 vuoden loppusijoitustoiminnan jälkeen.
 A = Sijoitustunnelit, B = Keskustunneli, C = Ajotunneli, D = Henkilökuilu, E = Kapselikuilu ja F = IV-kuilu.

ONKALON SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

Maanalaisten tutkimustilojen suunnittelu

Ennen kuin loppusijoitustilojen rakentamisesta päätetään tehdään Olkiluodossa täydentäviä kallioperätutkimuksia tilojen toteutussuunnittelua varten. Tutkimusta ja suunnittelua varten rakennetaan maanalainen tutkimustila eli ONKALO. Rakentaminen on suunniteltu aloitettavaksi vuoden 2004 aikana.

ONKALOn tulee mahdollistaa varmentavat tutkimukset kallioperän pitkäaikaisturvallisuuden kannalta tärkeitä ominaisuuksia vaarantamatta. Lisäksi ONKALO tulee myöhemmin voida liittää osaksi loppusijoituslaitoksen maanalaisia tiloja.

ONKALOn esisuunnitteluvaiheessa vuonna 2001 käyttöturvallisuudeltaan toteutuskelpoisiksi vaihtoehtoisiksi todettiin vähintään kaksi erillistä maanpintayhteyttä sisältävät vaihtoehdot. Luonnossuunnittelu-

vaiheessa vuonna 2002 edelleen kehitettiin kaksi vaihtoehtoista luonnossuunnitelmaa: kuiluvaihtoehto ja ajotunnelivaihtoehto. Vertailun jälkeen ajotunnelivaihtoehto valittiin ONKALOn jatkokehittelyn pohjaksi mm. paremman joustavuuden, tutkimusten toteutettavuuden ja työskentelyolosuhteiden vuoksi.

Pääpiirustusvaihe päättyi rakennuslupahakemuksen jättöön Eurajoen kunnalle 20.5.2003. Tämä pääpiirteittäinen toteutussuunnitelma-aineisto toimitettiin STUKille arviointia varten. Lupa-aineistossa ONKALOn sijainniksi varmistui Korvensuon altaan eteläpuoli.

Rakennusluvan myöntämisen (12.8.2003) jälkeen aloitettiin toteutussuunnitteluvaihe. Ensimmäisen tunneliurakan tarjouspyyntöä varten laadittiin suunnitelmat ja hankinta-asiakirjat, joiden pohjalta tilat, massat ja laatu määriteltiin urakkatarjouksen antamista varten. Ensimmäinen tunneliurakka sisältää ajotunnelin louhinnan ja rakenteet (tasolle -417 m) lähelle päätutkimustasoa sekä kuilun nousuporauksen tasolle -287 m. Tarjouspyynnöt lähetettiin louhintaura-koitsijoille 21.11.2003.

Maanpäällinen rakentaminen

Maanpäällisen aluesuunnittelun tavoitteena on varata riittävät alueet ja väylät käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen sekä sen toteuttamista valmistelevien toimintojen tarpeeseen. Vuosina 2003–2004 aluesuunnittelukohteet liittyvät ensi sijassa ONKALOn rakentamiseen.

Vuonna 2003 aluesuunnittelu keskittyi ONKALOn alueen yleislayoutin (tiet, työmaa-alueet), kunnallistekniikan LVS-runkolinjojen sekä tutkimuksen tarpeisiin rakennettavan tutkimushallin suunnitteluun. Kunnallistekniikan kanavan maarakennustyöt aloitettiin v. 2003 lopussa. Tutkimushallille myönnettiin rakennuslupa 9.12.2003.

Vuonna 2004 aluesuunnittelu ja -rakentaminen keskittyvät ONKALOn tunnelilouhinnan vaatimien tilojen ja rakennelmien toteuttamiseen.

KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ

Merkittävä osa Posivan tutkimus-, kehitys- ja teknisestä suunnittelutyöstä tehdään kahden- tai monenkeskisissä kansainvälisissä yhteishankkeissa. Kapselointi- ja loppusijoitustekniikan kehittämisessä toimitaan yhteistyössä erityisesti Ruotsin SKB:n kanssa ja tästä suuri osa on toteutettu Äspön kalliolaboratoriossa (ks. seuraava luku) ja Oskarshamnin kapselilaboratoriossa. Pitkäaikaisturvallisuuden arviointia tukeva tutkimus tapahtuu nykyisin pitkälti Euroopan komission puiteohjelmissa, joista kuudes on juuri alkamassa. Lisäksi Posivalla on laajat yhteydet muiden maiden ydinjäteohjelmiin joko kansainvälisten organisaatioiden (OECD/NEA, EDRAM) tai kahdenkeskisten sopimusten välityksellä. Uusi kahdenkeskinen periaatesopimus yhteistyöstä allekirjoitettiin Yhdysvaltain energiaministeriön (DOE) kanssa.

Komission viidennen puiteohjelman piiriin on kuulunut joukko yhteiselvityksiä, joissa on muodostettu yhteistä kantaa tai toimintatapaa ydinjätehuollon tulevaisuuden haasteiden kohtaamiseksi. NET.EXCEL-selvityksessä ydinjätehuollon toteutusorganisaatiot ovat arvioineet loppusijoitustutkimuksen nykytilaa, tutkimusten priorisointia ja tulevaisuuden verkottumismahdollisuuksien testostamista. Raportti selvityksestä valmistuu vuoden 2004 alkupuolella. Toinen vastaavanlainen ryhmä on pohtinut loppusijoituksen pitkäaikaismonitorointia, sen teknisiä mahdollisuuksia ja toteutustapoja nykyisen tietämyksen valossa. Tämäkin raportti valmistuu vuoden 2004 alkupuolella.

Posiva on myös tukenut kansain-

välisen seminaarien ja konferenssien järjestämistä osallistumalla niiden valmisteluun ja toteutukseen. Jo aiemmin mainitun OECD/NEAn teknisiä päästöesteitä selvittäneen työkokouksen lisäksi Posiva tuki EC:n Luxembourgissa järjestämää EDZ-kokousta ja osallistui vuoden 2004 alkupuolella pidettävän riskien ja epävarmuuksien käsittelyä tutkivan OECD/NEA-seminaarin valmisteluun.

Äspön kalliolaboratorio

SKB:n ja Posivan yhteistyöpuitteissa on toimittu paljolti edellisvuosien tapaan. Tämän lisäksi on vuoden aikana käynnistynyt tai suunniteltu useita yhteistyöhankkeita, jotka eivät suoranaisesti kuulu ÄSPÖ yhteistyöhön, mutta joissa Äspön kalliolaboratoriota tai ONKALOA voidaan hyödyntää demonstraatioiden tekemiseen jatkossa. Tällaisia yhteishankkeita on mm. KBS-3H kehitystyö, matalan pH:n sementin kehitystyö ja täyttötekniikan yhteistyöprojekti (edellämainituista projekteista lisää mm. loppusijoitustekniikan yhteydessä).

Olkiluodossa keskitytään pääasiassa kallioperäolosuhteiden tutkimukseen sekä paikkaspesifisten tai paikasta riippuvien tekijöiden arviointiin. Myös yleistä kallionrakennusmenetelmien kehitystä loppusijoitustiloja varten voidaan toteuttaa ONKALOSSA. Äspössä suoritetaan teknisiin päästöesteisiin ja loppusijoitustekniikkaan liittyvää yleistä toiminnan todentamista ja demonstrointia. Pitkäaikaisturvallisuuden arvioinnin taustana toimivia kenttäkokeita suoritetaan Äspössä liittyen kallioperän toimivuuteen luonnollisena päästöesteenä.

Äspön kalliolaboratorion kansainvälisen yhteistyön puitteissa tehtävät tutkimukset on ryhmitelty seuraavasti:

- tekniikkaan liittyvät tutkimukset
- geotieteisiin liittyvät tutkimukset
- luonnollisiin päästöesteisiin liittyvät tutkimukset
- tutkimuslaitoksen toimintaan liittyvät tutkimukset.

Äspön kalliolaboratoriossa käynnistettiin vuonna 2000 kolloidien stabiilisuutta ja liikkuvuutta tarkasteleva COLLOID-projekti. Vuoden 2003 aikana projektissa keskityttiin tutkimaan bentoniitin roolia kolloidien muodostumisessa. Tutkimukseen liittyvät kenttäkokeet suoritettiin sekä Äspön tutkimustunnelissa että Olkiluodon VLJ-luolassa. Kenttäkokeen aikana tutkittiin myös Olkiluodon pohjavesissä luonnontilassa esiintyvien kolloidien määrää ja laatua. Tutkimuksen tulokset raportoidaan vuonna 2004.

Posiva osallistui pohjaveden virtausta ja kulkeutumista selvittävän Task Force -ryhmän tehtäviin. Vuoden 2003 aikana suoritettuna Task 6 -tehtävän tarkoituksena oli yhdistää paikanarviointi- ja mallinnusprosessit liittyen nesteiden liikkumiseen rakenteissa kalliiossa mittakaavassa 50 metristä 100 metriin. Posivan kannalta on erittäin hyödyllistä selvittää paikkatutkimusten tulosten ja mallinnettujen kulkeutumisreitien yhteensopivuutta. Projektissa hyödynnetään aikaisempien työpakettien testituloksia mallintamalla kulkeutumista tietyissä rakoilusysteemeissä. Käytännön mallinnustyötä tehtiin VTT:llä.

Suuren mittakaavan (10–100 m) TRUE Block Scale -kokeessa päämääränä oli oppia ymmärtämään paremmin pohjaveden virtauksia ja

merkkiaineen kulkeutumista rakoverkostossa. Kokeen toisessa vaiheessa TRUE Block Scale continuation (TBS2) keskityttiin smektiittiä sisältävän rakenteen pidättämisen- ja sorptio-ominaisuuksien selvittämiseen. Kokeeseen kuuluu mallintamista ja merkkiainekokeita vuosien 2003 ja 2004 aikana.

Posiva osallistuu SKB:n Äspön kalliolaboratoriossa toteutettavaan "Prototype Repository" projektiin, joka on hyväksytty EU:n tutkimuspuiteohjelmaan vuosina 2000–2003. Projektissa testataan ja demonstroidaan KBS-3-loppusijoitusratkaisua rakentamalla täyden mittakaavan pitkäaikaiskoe suljetulle loppusijoitus-tunnelille. Vuoden 2001 aikana neljään täyden mittakaavan loppusijoitusreikään sijoitettiin lämmittimillä varustetut kapselimallit, jotka ympäröitiin kompaktoidulla bentoniitilla. Lisäksi tilat instrumentoitiin ja niihin rakennettiin myös näyttötoimijärjestelmät. Lopuksi tunneli täytettiin murskeen ja bentoniitin seoksella sekä suljettiin jyrkällä betonirakenteella. Vuoden 2003 aikana asennettiin toisen vaiheen tunnelinosaan kapselit kahteen bentoniitilla vuorattuun loppusijoitusreikään ja avoin tunneliosuus täytettiin murskeen ja bentoniitin sekoituksella.

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 metrin mittaisissa

rei'issä. Viidessä eri reiässä tehtävät kokeet aloitettiin vuonna 1999 ja niiden kestoksi on suunniteltu 1, 5 ja 20 vuotta.

Posivan ja SKB:n välisenä yhteistyönä käynnistettiin loppusijoitus-tilojen täyttööseen liittyvän projektin ensimmäinen vaihe. Ensimmäisen vaiheen tavoitteina oli kuvata yhdessä määritetyt täyttövaihtoehdot ja arvioida niiden toimivuus vaatimusten kannalta; valita jatkokehitystä varten sopivimmat vaihtoehdot ja arvioida kuinka paljon tutkimus- ja kehitystyötä tarvitaan ennen loppusijoitus-tilojen käyttöönottoa. Ensimmäinen vaihe koostui seuraavista työpaketeista: kuvaus vallitsevasta teknologisesta kehitystasosta, selvitys savi-materiaaleista osana täyttööä, alustavat suunnitelmat täyttötekniikan kehityksestä, täyttökonseptien kuvaus, tulpparakenteiden rooli loppusijoitus-tiloissa, täyttövaihtoehtojen arviointi ja jatko-ohjelman suunnittelu.

Posiva on osallistunut SKB:n APSE-projektiin (Äspö Pillar Stability Experiment), jossa on tarkoitus tehdä laajamittakaavainen, kahden loppusijoitusreiän välisen pilarin murtokoe.

Työn tavoitteina on

- testata mahdollisuuksia ennustaa kiteisen, kovan kallion lujuuskäyttäytymistä tunnelimittakaavassa ja voimakkaassa jännityskentässä käyttäen numeerisia mallinnusohjelmia FLAC3D ja PFC2D. Lisäksi on täysin uutena sovellettu kytkettyä ohjelmaa FLAC2D/PFC2D.
- saada käytännön kokemuksia kiven vaurioitumisen monitorimisesta käyttäen mm. akustisen emission (AE) mittauksia ja verrata mitattuja vasteita mallinnettuihin tulok-

siin. AE on hyvin mahdollinen ja kiinnostava menetelmä käytettäväksi myös ONKALON rakentamisen aikana.

- demonstroida ja edelleen kehittää mahdollisuuksia kontrolloida EDZ-vyöhykkeen kasvua. Kokeessa tullaan tutkimaan toisessa reiässä vallitsevan paineen vaikutusta rakojen etenemiseen.

Vuoden 2003 aikana osallistuttiin murtokokeen käytännön toteuttamiseen ja suunnitteluun. Lisäksi Posiva osallistui APSE-tunnelin louhinta-projektiin, jossa selvitettiin myös injektointivuuteen liittyviä asioita ja räjäytyskaavioiden vaikutusta louhintatulokseen. Murtokoe mallinnettiin tekemällä lämpömekaanisia analyysejä sekä FLAC3D-ohjelmalla että kytketyllä FLAC2D/PFC2D-ohjelmalla. Alustavat FLAC3D analyysit on raportoitu vuonna 2003 ilmestyneessä SKB:n IPR-raporttisarjassa. Yksityiskohtaisemmista analyyseistä raportti valmistuu vuoden 2004 alussa. Itse murtokoe on käynnistynyt vuoden 2003 lopussa.

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 "Käytöstäpoistosiselvitykset" 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 terästynnyreihin. Osa vähäaktiivisista jätteistä (kokoonpuristuva sekalainen huoltojäte) tiivistetään terästynnyreihin hydraulisella puristimella ja osa (metalliromu ja suodatinsauvat) pakataan sellaisenaan teräs- ja betonilaatikoihin sekä terästynnyreihin. Kokoonpuristuvaa jätettä sisältävät tynnyrit kompaktoidaan siten, että tynnyreiden lopullinen korkeus on noin puolet al-

kuperäisestä korkeudesta halkaisijan pysyessä muuttumattomana. Myös metalliromua voidaan kompaktoida ennen pakkaamista. Sekalaiset neste-mäiset jätteet ja lietteet kiinteytetään sekoittamalla jätettä ja sideainetta toisiinsa tynnyrissä, joka jää kiinteytystuotteen pakkaukseksi.

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

Voimalaitosjätteiden loppusijoitusluolan (VLJ-luolan) nykyisiin jätesiiiloihin 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

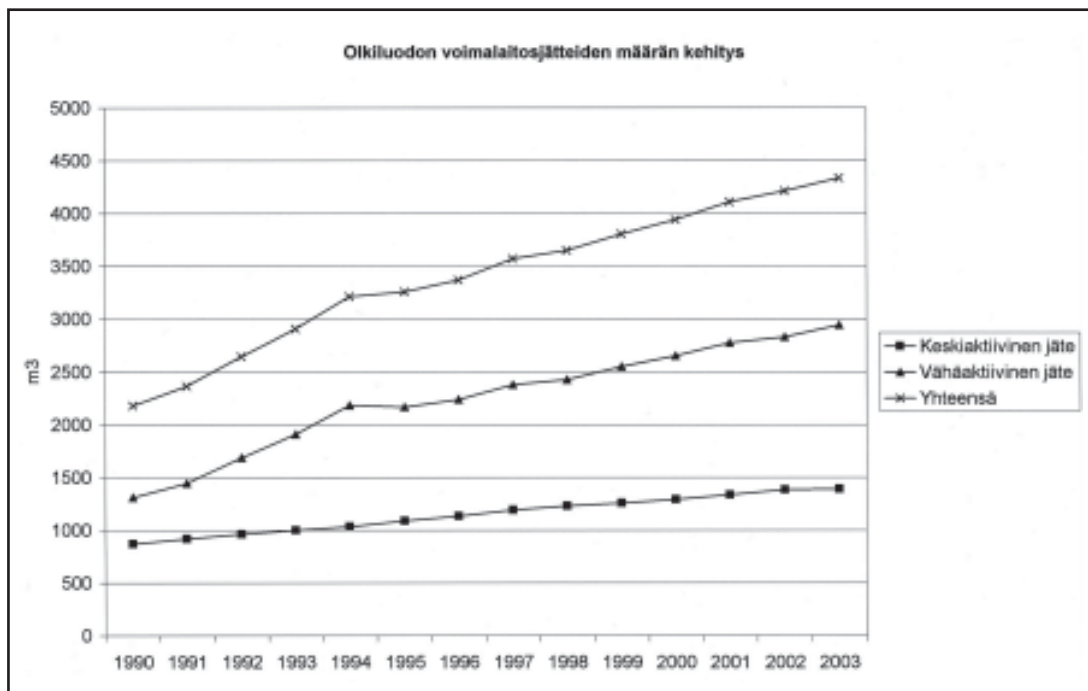
Vuoden 2003 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää alla olevasta taulukosta. Jätteet on pakattu tynnyreihin (à 200 l tai kompaktoituna noin 100 l), teräslaatikoihin (à 1,3 tai 1,4 m³) ja betonilaatikoihin (à 5,2 m³

netto). Lisäksi TVO:lla oli Studsvik Energiteknik AB:n varastossa Studsvikissa 5 tynnyriä koepoltossa muodostunutta vähäaktiivista tuhkaa. Tynnyreitä ja laatikoita varastoidaan tarvittaessa laitosyksiköiden varastotiloissa ja KAJ-varastossa ennen loppusijoitusta VLJ-luolaan. Tynnyrit ja teräslaatikot sijoitetaan ennen VLJ-luolaan vientiä isoihin (à 5,2 m³ netto) ja pieniin (à 3,9 m³ 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.

Suuria kontaminoituneita metallikomponentteja säilytetään KAJ-varastossa ja sen viereen rakennetulla aidatulla varastointialueella. Lisäksi pakkauksettomia voimalaitosjätteitä, kuten käytettyjä ilmastointisuodattimia ja bituimattomia hartseja, varastoidaan laitosyksiköillä ja jäteöljyä KPA-varastolla. Osa metalliromusta pakataan VLJ-luolassa käytettäviin betonilaatikoihin. Pakkaamattomista jätteistä osa on tarkoitus myöhemmin vapauttaa valvonnasta uusiokäyttöä tai kaatopaikalle vientiä varten. Esimerkiksi hyvin vähäaktiivinen jäteöljy, jota oli vuoden 2003 lopussa yhteensä 13 m³, voitaneen vapauttaa myöhemmin valvonnasta uusiokäyttöä varten.

Olkiluodon voimalaitoksen voimalaitosjätteet

	Kokonaisjättemäärä		VLJ-luolassa		
	(kpl)	(m ³)	KAJ-siilo (kpl)	MAJ-siilo (kpl)	Yhteensä (m ³)
Bitumoitu jäte	6953	1391	6703		1341
Muu voimalaitosjäte					
– tynnyreissä	6142	1092		5880	1041
– teräslaatikoissa	455	632	5	450	632
– betonilaatikoissa	174	904	2	172	904
– pakkaamaton		316			
Yhteensä		4335			3918



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 m³ tynnyreihin pakattuja voimalaitosjätteitä, joka vastaa Olkiluodon kahden laitosesikön 40 vuoden käytöstä kertyvää jätemäärää. Alueen kallioperään voidaan tarpeen vaatiessa rakentaa lisää loppusijoitustiloja VLJ-luolan laajennuksena. Säteilyturvakeskuksen hallussa olevat ns. pienjätteet varastoidaan erillisen sopimuksen nojalla Olkiluodon VLJ-luolaan. Pienjätteet koostuvat lähinnä sairaaloissa, tutkimuslaitoksissa ja teollisuuslaitoksissa käytetyistä radioaktiivisista aineista. Tähän mennessä on VLJ-luolaan kertynyt vajaa 42 m³ pienjätettä.

Voimalaitosjätteisiin liittyvät tutkimukset

Vähäaktiivisen huoltojätteen mikrobiologista hajoamista tutkitaan suuren mittakaavan kokeessa VLJ-luolan louhintatunnelissa. Hanke käynnistettiin EC:n ydinfisioturvallisuusohjelman PROGRESS-projektissa vuonna 1997. Tutkimuksella tarkennetaan huoltojätteessä muodostuvan kaasun määrääarviota ja parannetaan tietämystä koko hajoamistapahtumasta olosuhteissa, jotka vastaavat VLJ-luolan sulkemisen jälkeistä tilannetta. Lisäksi työssä seurataan aktiivisuuden siirtymistä jätetyynyreistä ympäröivään veteen. Kahdenkymmenen kuutiometrin suuruudessa terästankissa on yksi VLJ-luolan betonilattikko kompaktointua huoltojätettä sisältävine tynnyreineen. Tynnyreissä aluksi olleen ilman poistuttua on vapautuneen kaasun määrä ollut vähäistä verrattuna turvallisuusanalyysissä käytettyyn arvoon. Kuukausittainen kaasunkehitysnopeus on 50–100 dm³, kun VLJ-luolan FSAR-turvallisuusanalyysissä käytetty arvo oli kokeen mittakaavaan suhteutettuna noin 900 dm³/kuukaudessa.

Vesikemian, mikrobi- ja kaasuanalyysien mukaan koelosuhteet ovat selvästi pelkistävät. Metaani dominoi edelleen kaasufaasia. Tynnyrien ulkopuolella, koesäiliön pohjalta, tynnyrien kansitasolla sekä tynnyrien sisäpuolella vallitsevat toisistaan selvästi eroavat olosuhteet. Tynnyrien ulkopuolella pH on noin 9 ja sisäpuolella neutraali ja jopa happamalla puolella. Mikrobien päälajien tunnistamiseen on kokeiltu DGGE-menetelmää (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis). Lajien tunnistamista rajoitti kuitenkin nukleotidisekvenssin vertailutietojen vähäisyys.

Tutkimukset etenevät v. 2003 tarkistetun tutkimussuunnitelman mukaisesti siten, että näytteenoton painopistettä siirretään tynnyrien sisäpuolelle.

VLJ-luolan käytönaikaiset tutkimukset

VLJ-luolan kalliotilojen käytönaikainen seuranta (kalliomekaniikka, hydrogeologia, pohjavesikemia, luolan ilma) jatkui vuonna 2003 aiemmin laaditun tutkimus- ja seurantaohjelman mukaisesti. Olkiluodon VLJ-luo-

lan pohjavesiasemien veden laatua on seurattu 1980-luvun loppupuolelta alkaen.

Keväällä 1993 asennettiin Olkiluodon VLJ-luolan tutkimustunneliin kymmenen tutkimuspulttia kalliopulttien korroosionopeuden selvittämiseksi. Tutkimuksen tavoitteena on saada tietoa sinkittyjen kallion lujituspulttien korroosionkestosta Olkiluodon VLJ-luolan olosuhteissa sillä oletuksella, että kalliopultteja suojaavan sementtilaastin oletetaan täysin menettäneen suojausominaisuutensa. Ensimmäinen tutkimuspultti irtikairattiin vuonna 1996. Seuraava kalliopultti tullaan irtikairaamaan vuonna 2004 tutkimuksia varten.

Koska kalliopultit ovat säilyneet hyvin muuttumattomina aloitettiin tukitesti sinkityn teräksen korroosioikäytymisen selvittämiseksi tutkimustunnelista irtikairatun pultin reiässä (Pultti 7) vuonna 1998. Reikään asennettiin ohuita sinkittyjä teräslevyjä ja betonisylintereitä, joiden avulla pyritään säätämään pohjaveden pH:ta emäksisemmäksi ja näin ollen jäljittelemään lujituspulttien todellista ympäristöä käyttötilanteessa. Koska vesikemia oheisessa reiässä ei ole ollut stabiili ja näyttöiden korroosionopeus ei ollut odotetun kaltainen päätettiin näyttöet siirtää louhintatunnelissa sijaitsevaan kairanreikään (VLJ-KR9). Uuden sijoitusreiän vesikemiaa ja olosuhteita sel-

vitettiin keväällä 2002 ja 18 kpl uusia sinkkipinnoitettuja teräslevyjä ja 16 kpl sinkkilevyjä asennettiin paikoilleen betonikappaleiden kanssa syyskuussa 2002. Syksyllä 2003 otettiin vuoden ikäisistä koekappaleista näyttöet, joiden analyysitulosten perusteella korroosionopeus on ollut erittäin vähäistä.

LOVIISAN VOIMALAITOS

Toimintaperiaate ja aikataulu

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

Vuoden 1997 lopulla aloitettiin sementointiin perustuvan kiinteytyslaitoksen alustavan turvallisuusselostuksen (PSAR) laadinta. Alustava turvallisuusselostus toimitettiin vuoden 2000 alussa STUK:lle hyväksyttäväksi ja se hyväksyttiin keväällä 2001. Kiinteytyslaitoksen esisuunnittelu käynnistyi vuonna 2002 ja toteutussuunnittelu loppuvuodesta 2003. Kiinteytyslaitos valmistuu aikataulun mukaan vuoden 2006 lopussa.

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 korjaustöissä 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.

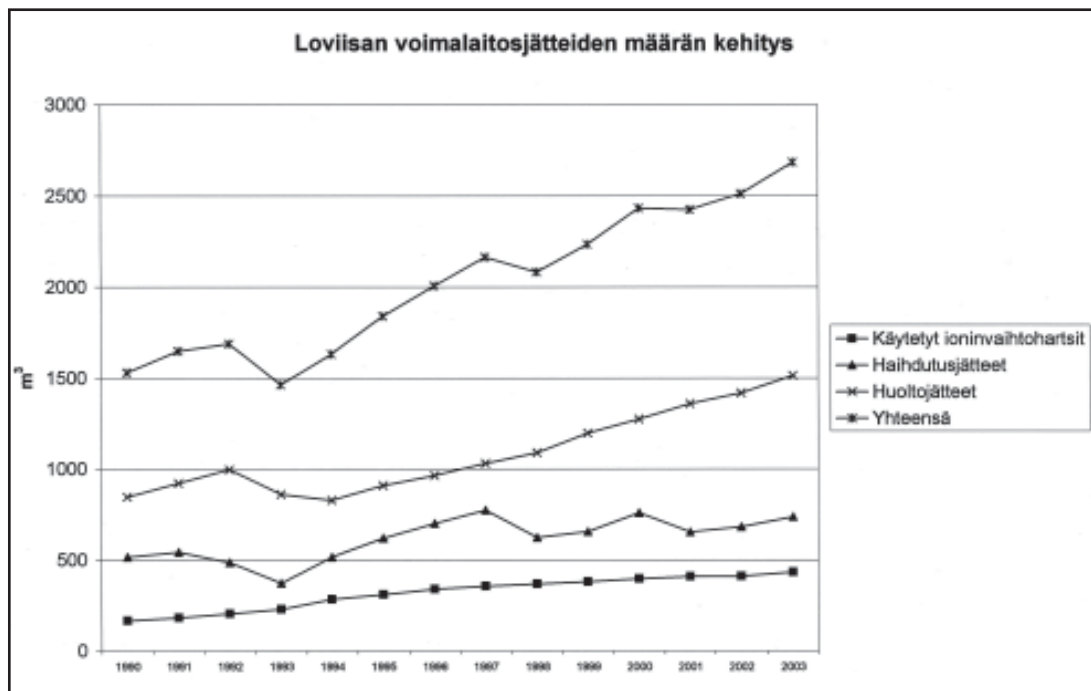
Loviisan voimalaitoksen käytöstä kertyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet loppusijoitetaan laitosalueen kallioperään rakennettuihin tiloihin. Loppusijoitustila otettiin välivarastokäyttöön keväällä 1997. Käyttölupa loppusijoitustilalle saatiin keväällä 1998 ja tila on käytössä huoltojätteiden loppusijoitustilana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

Nykytilanne varastoinnissa

Vuoden 2003 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää alla olevasta taulukosta.

Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjätteet

	Kokonaisjättemäärä		Osuus varastokapasiteetista	Aktiivisuus
	Laitoksella/ varastorakennuksissa (m ³)	Loppusijoitustilassa (m ³)		
Käytetyt ioninvaihtohartsit	434,5		51	14901
Haihdutusjätteet	738		70	451
Huoltojätteet	332,4	1180		487
Yhteensä	1504,9	1180		15839



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 käyttöluo-putahtojen 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 käyttöluo-pahakemus jätettiin. Loppusijoitustila otettiin väli-varastokäyttöön keuhällä 1997 ja loppusijoituskäyttöön kesällä 1999.

Loppusijoituslaitos muodostuu noin 1100 m pitkistä ajotunnelista ja noin 110 m:n syvyyteen rakennetuista tunneli- ja hallitiloista sekä porras- 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 kiinteytetyjen jätteiden tilan rakennus- ja asennustyöt. Toisen vaiheen toteutusajankohta määräytyy kiinteytyslaitoksen rakennusaikataulun perusteella, ja ajoittuu vuosille 2004–2006.

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

Kesiumin erotuslaitos

Kesiumin erotuslaitoksella on vuoden 2003 loppuun mennessä puhdistettu yhteensä yli 1100 m³ haihdutusjätettä 20:llä ioninvaihtokolonnilla, 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 pohjasakojen sekä ioninvaihtohartsien kiinteytysreseptien tarkistusta uusilla rakennussementeillä sekä raportoitii ioninvaihtohartsien kiinteytystuotteiden koetulokset. Lisäksi saatiin koetuloksia pitkäaikaissäilytyksessä olevista kiinteytystuotekappaleista, joista vanhimmat ovat jopa 20 vuoden ikäisiä.

Eurooppalaisen sementtistandardin voimaantulon sekä samanaikaisesti tapahtuneen ainoan kotimaisen sementtivalmistajan toteuttaman sementtiklinkkerin polttoprosessin, jauhatuksen ja raaka-ainepohjan muu-rostyön myötä kotimaiset rakennussementtityypit ovat merkittävästi muuttuneet. Materiaalikoheet, esikoheet ja varsinaiset kiinteytyskoheet käsittäneen kehitystyön myötä on jätteiden kiinteytyskoostumukset saatu tarkistettua siten, että tuoreen ja ko-vettuneen lopputuotteen ominaisuudet vastaavat asetettuja tavoitteita.

Puolimitakaavaisiin loppusijoitusastioihin vuonna 1987 kiinteytetyt

aktiivisen ioninvaihtohartsin säilytyskoe jatkui ja koetulokset raportoitiin vuonna 2003. Jätepakkaukset ovat olleet pohjavesisäilytyksessä Loviisan voimalaitoksella jo 15 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 kiinteystuotteesta.

VLJ-luolan käytönaikaiset tutkimukset

VLJ-luolan käytönaikaisia tutkimuksia jatkettiin vuonna 2003 seurantaohjelman 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 kuukaudessa. 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. Pohjavesikemian tutkimusohjelma käsitti vesinäytteenottoa ja analysointia pohjavesiasemasta LPVA2. Tuloksissa ei

ollut oleellisia muutoksia edellisiin vuosiin verrattuna. Kallioperäseuranta on tehty pääosin automatisoidulla kalliomekaanisella mittaustelmällä. Vuonna 2003 jatkettiin myös tilojen silmämääräistä kunto-seuranta.

Vuoden 2003 havaintojen mukaan pohjaveden pinta seuraa melko tarkasti meriveden korkeusvaihtelua. Rakennusaikana pohjaveden pinta laski joitakin metrejä tilojen lähi-alueella, mutta tilojen valmistumisen jälkeen on ollut havaittavissa selvää kohoamista, tosin kuivan kesän johdosta pohjaveden pinta laski jonkin verran. Makean ja suolaisen veden rajapinta on ollut tilojen alueella noin tasovälillä -10...-80 m eli selvästi tilojen yläpuolella.

Vuotovesien johtokykytutkimukset osoittavat, että vesi on edellisvuotista jonkin verran makeampaa johtokyvyn vaihdeltaessa tilojen eri osissa välillä 700–1300 mS/m.

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

Vuotovesien määrämittauksia tehtiin yhteensä seitsemässä pisteessä eri puolilla loppusijoitustiloja. Louhintojen valmistuttua vuonna 1996 oli kokonaisvuoto suurimmillaan noin 300 l/min, mistä se on tasaisesti laskenut ollen vuoden 2003 lopussa noin 110 l/min. Vuotomäärästä noin puolet tulee ajotunnelista ja puolet muista tiloista. Huoltojätetilat ovat mittaustulosten perusteella käytännössä kuivia.

Kalliomekaanisten mittausten tulokset osoittavat hyvin stabiileja olosuhteita. Kalliotilojen katoissa ja sei-

nissä tapahtuneet siirtymät ovat edellisvuosien tapaan erittäin pieniä, alle 0,1 mm:n luokkaa. Myös silmämääräisten havaintojen perusteella tilat ovat hyvässä kunnossa, ja salaojat toimivat suunnitellulla tavalla.

Voimalaitosjätteen loppusijoituksen turvallisuus selvitykset

Voimalaitosjätteen loppusijoituksen osalta kertomusvuoden aikana seurattiin kansainvälistä kehitystä konferenssikäynnin ja ammattilehtien avulla. Käytöstäpoistoselvitysten yhteydessä tehty vertailu Loviisan loppusijoitustilan turvallisuusanalyysissa käytetyistä sorptioparametreista sekä korroosio- ja täyteainetarkastelut palvelevat myös voimalaitosjätteen loppusijoituksen turvallisuusanalyysivalmiuksia.

YHTEISET SELVITYKSET

TVO:n ja Fortumin yhteishankkeena tutkitaan betonin pitkäaikaisäilyvyyttä loppusijoitusolosuhteissa Olkiluodon VLJ-luolassa ja Contesta Oy:n (entinen Fortum Teknologian) betonilaboratoriossa. Tutkimushanke koskee sekä voimalaitosjäte- että käytöstäpoistojätehuoltoa. Tutkimusta käsitellään kohdassa Käytöstäpoistoselvitykset (sivu 29).

KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET

OLKILUODON VOIMALAITOS

Keskiaktiiviseksi voimalaitosjätteeksi luokiteltavat käytetyt reaktorin sisäosat loppusijoitetaan vasta käytöstäpoiston yhteydessä. Osia säilytetään laitosyksiköiden vesialtaissa ja niistä pidetään erillistä inventaaria. Vuoden 2003 loppuun mennessä Olkiluodon voimalaitoksella oli kertynyt mm. säätösauvoja 255 kpl, sydäninstrumentteja 217 kpl ja sydänritilöitä 2 kpl sekä 2 kpl moderaattoritankin kansia höyrynerottimiseen.

Olkiluodon voimalaitoksen käytöstäpoiston suunnitelma on saatettu ajan tasalle raportointivuoden aikana. Purkusuunnitelmien mukaan voimalaitosyksiköiden reaktoripaineastiat irrotetaan ja loppusijoitetaan kokonaisina. Suunnitelma perustuu voimalaitosten noin 40 vuoden käyttöön ja noin 30 vuoden valvottuun säilytykseen ennen purkua. Lopullinen käytöstäpoistosuunnitelma laaditaan hyvissä ajoin ennen voimalaitosyksiköiden käytön päättymistä. Käytöstäpoistosta syntyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet sekä voimalaitoksen käytön aikana kertyneet käytetyt reaktorin sisäosat loppusijoitetaan nykyisen suunnitelman mukaan VLJ-luolan laajennusosaan.

Käytöstäpoistoselvitykset tähtäävät purkusuunnitelman teknistaloudelliseen kehittämiseen ja loppusijoituksen turvallisuusarvion lähtötietojen tarkentamiseen.

Voimalaitoksen purkujätteen aktiivisuusinventaarin kehittämiseksi jatkettiin aktiivisuusmittauksia laitoksen eri järjestelmistä. Aktivoituneen materiaalin päivitetty inventaari valmistui vuoden 2003 lopussa. Ajan tasalle saatetussa käytöstäpoiston suunnitelmassa sen tuloksia on käytetty

vasta paineestioita ympäröivien lämpöeristelevyryöiden ja biologisten suojien purkusuunnitelmassa. Reaktorin biologisen suojan, lämpöeristelevyryöiden ja polttoainealaiden käytöstäpoistotyön suunnittelu siinä tapauksessa, että reaktorit puretaan kokonaisuutena, on valmistunut. Uudessa suunnitelmassa käytetään uutta purkumenetelmää, joka perustuu timanttilankasahaukseen. Vuonna 1989 valmistuneen kontaminoituneen laitoksen käytöstäpoistosuunnitelman yhteydessä rakennettu tietokanta on siirretty toiselle tietokantasovellukselle. Tietokannalla lasketaan materiaalmäärät, radioaktiivisten isotooppien määrät, purkamiseen tarvittava työaika, työntekijöiden annosnopeudet ja annoskertymät sekä kustannukset.

Pitkäaikaiset hiiliteräksen korroosiokeet VLJ-luolan louhintatunnelissa käynnistyivät loppuvuodesta 1998. Kokeet toteutetaan yhdessä betonitutkimuksen kanssa siten, että osa hiiliteräspaloista on sijoitettu samaan kairanreikään betonikoekappaleiden kanssa. Laboratoriokokeet betonivesi- ja kalliopohjavesiympäristössä käynnistyivät keväällä 1998. Hiiliteräsnäytteiden korroosionopeus määritetään painohäviöstä ja vetykaasun volymetrin mittauksen avulla. Vuonna 2003 toteutettiin suunnitelman mukaiset laboratorio- ja kenttäkokeiden määräaikaistenäytteenotot ja mittaukset. Olkiluodon VLJ-luolassa suoritettavissa tutkimuksissa useana vuonna havaitujen mustien kerrostumien (sekä betonikoekappaleissa, hiiliteräsnäytteissä että vedessä) on todettu sisältävän mm. sulfaattia pelkistäviä bakteereita, joiden on arveltu aiheuttavan odotettua suurempaa korroosionopeutta.

LOVIISAN VOIMALAITOS

Loviisan voimalaitoksella kertyy käytön aikana keski- ja vähäaktiivisia ydinjätteitä, jotka loppusijoitetaan vasta käytöstäpoiston yhteydessä. Tällaisia ovat esimerkiksi käytetyt suojaelementit, absorbaattorit, neutronivuoanturit, säätösauvojen välitangot ja fissiokammiot.

Vuoden 2003 loppuun mennessä Loviisan voimalaitoksella oli käytettyjä suojaelementtejä 146 kpl, absorbaattoreita 199 kpl, neutronivuoantureita 195 kpl, välitankoja 128 kpl ja fissiokammioita 9 kpl. Näistä suojaelementit olivat laitoksen altaissa käytetyn polttoaineen varastossa ja absorbaattorit ja fissiokammiot on varastoitu tarkoitusta varten tehtyihin kanaviin käytetyn polttoaineen varastossa. Neutronivuoanturit ja välitangot ovat varastoituina reaktorihalleissa sijaitsevilla vastaavilla kanavilla.

Vuonna 1987 Fortum teki Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman ja käytöstäpoiston kustannusarvion. Käytöstäpoistosuunnitelmat saatettiin ajan tasalle vuonna 1993. Suunnitelman lähtökohtana oli voimalaitoksen 30 vuoden käyttö, joka vastaa laitoksen alunperin suunniteltua käyttöikää. Ydinvoimalaitoksen käyttöikä on kuitenkin mahdollista pidentää teknisin toimenpitein. Vuoden 1998 lopussa valmistui uusi selvitys, jossa tarkasteltiin sekä muuttuneen käytetyn polttoaineen huollon että voimalaitoksen modernisointihankkeen vaikutuksia käytöstäpoiston suunnitelmiin ja aika-tiloihin. Myös voimalaitoksen käyttöikä on suunniteltu pidennettäväksi noin 45 vuoteen ja tämä otettiin

tarkastelussa huomioon. Uuden käytöstäpoistosuunnitelman lähtökohtana on purkaa välittömästi käytön päättymisen jälkeen ne aktiiviset osat, joita ei tarvita muun Hästholmenille jäävän ydinteknisen toiminnan (käytetyn polttoaineen varastointi, märkien jätteiden kiinteytys sekä vähä- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitus) jatkamiseksi.

Suunnitelmat tarkistetaan viiden vuoden välein. Vuoden 2003 aikana päivitettiin uusi käytöstäpoistosuunnitelma. Päivityksen lähtökohtana oli voimalaitoksen 50 vuoden käyttöikä. Päivityksessä tarkistettiin aktiivisuusinventaaari, purkutoimenpiteet, säteilyannosarviot loppusijoitettavien komponenttien ja pakkausten määrät, loppusijoituksen turvallisuus sekä työmäärä- ja kustannusarviot.

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

YHTEISET SELVITYKSET

TVO:n ja Fortumin yhteishankkeenä tutkitaan betonin pitkäaikaisäilyvyyttä loppusijoitusolosuhteissa Olkiluodon VLJ-luolassa ja Contesta Oy:n Myyrmäen betonilaboratoriossa. Posivan koordinoimana aloitettu tutkimushanke koskee sekä voimalaitosjäte- että käytöstäpoistojätehuoltoa. Vuonna 2003 projektin koordinoivastuu siirtyi TVO:lle. Tutkimuksen tarkoituksena on pyrkiä arvioimaan realistisesti betonin pitkäaikaiskäyttäytymistä ja rapautumista käyttöolosuhteita vastaavissa kalliopohjavesi-olosuhteissa. Tavoitteena on selvittää nykyaikaisen betonimateriaalitekniikan keinoin suunniteltujen, koostumukseltaan erilaisten betonien säilyvyyttä ja käyttöikää todellisissa loppusijoitusolosuhteissa ja kiihdytetyissä laboratorio-olosuhteissa. Erityisesti pyritään selvittämään vallitsevissa olosuhteissa parhaiten säilyvät betonikoostumukset, joilla pystytään täyttämään asetetut käyttöikävaatimukset.

Kenttäkokeet ja laboratoriokokeet on aloitettu vuonna 1998. Vuosien 1999–2003 aikana on vuosittain suoritettu vesikemian määräaikaisanalyysit koekappaleiden säilytys-

liuoksille ja kairanreikien pohjavedelle. Koekappaleille on suoritettu aggressiivisten ainesosien tunkeutumasyvytyden määräaikaisanalyysit vuosina 1999, 2000 ja 2002 ja mikrorakennanalyysit vuosina 2001 ja 2003. Lisäksi vuoden 2003 aikana laboratoriokokeiden yhdeksälle betonille määritettiin mikrorakennekarvat ja kenttäkokeen betonikoekappaleiden pinnalta ja vedestä analysoitiin mikrobit näytteenoton yhteydessä. Betonikappaleiden pinnoille muodostunut musta kerrostuma sisälsi sulfaattia pelkistäviä bakteereita (SRB), mutta vesinäytteissä SRB:n määrä oli vähäinen. Ennen kairanreikään palauttamista betonikappaleet pestiin mustan kerrostuman vuoksi. Vuonna 2002 vertailtiin Hästholmenin ja Olkiluodon VLJ-luolien kalliopohjavesien geokemiallisia aineistoja betonin pitkäaikaiskestävyyden kannalta, erityisesti betoniaggressiivisten komponenttien ja mikrobitoiminnan kannalta. Kokeiden perusteella arvioitiin pohjavesien eroavuuksien olevan siinä määrin pieniä, ettei kenttäkokeiden aloittaminen Hästholmenilla ole tarpeen.

Kokeita tullaan jatkamaan vuoden 2004 alussa julkaistavan yhteenvetoraportin päivitetyn tutkimussuunnitelman mukaisesti.

RAPORTOINTI, VIESTINTÄ JA YHTEYDENPITO

Vuonna 2003 julkaistiin 11 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.

Toimintavuoden viestinnässä painottuivat ONKALOn rakentamiseen ja loppusijoitustekniikkaan liittyvät kysymykset.

ONKALOn rakennuslupahakemuksen jättämistä koskien järjestet-

tiin keväällä tiedotustilaisuus Olkiluodossa. Syksyllä julkaistiin ONKALOn rakentamisesta ja loppusijoitushankkeesta kertova suomen-, englannin- ja ruotsinkielinen esite.

Loppusijoituksen luonnonanalogoita ja tekniikkaa esiteltiin Yläneen luontokapinetin yhteyteen rakennetussa näyttelyssä kesän aikana. Näyttelyyn tutustui yli 3000 kävijää.

Satakuntalaistoimittajille esiteltiin loppusijoituskapselin kannen hitsaus- ja tarkastustekniikkaa SKB:n kapselilaboratorioon suuntautuneella ekskursiolla Oskarshamnissa. Matkalla tutustuttiin myös Äspön kalliolaboratoriossa käynnissä oleviin tutkimuksiin.

Vuoden 2004 alkupuolella satakuntalaistoimittajille järjestettiin Olkiluodossa infotilaisuus, jossa kerrottiin laitosturvauksen pohjalta loppusijoitushankkeen suunnittelusta ja loppusijoituksen toteuttamisesta Olkiluodossa.

Kansainvälinen kiinnostus Posivan toimintaa kohtaan ilmeni lukuisina ulkomaalaisvierailuina. Yli 40

ulkomaalaista ryhmää kävi tutustumassa Posivan toimintaan ja tutkimuksiin Olkiluodossa.

Posivan ja Eurajoen välistä yhteistyötä jatkettiin samalla periaatteella kuin aiemmin.

Pohjoismaissa ydinjätetutkimusta harjoittavien muiden organisaatioiden kanssa on jatkunut kiinteä yhteistyö suoran yhteydenpidon ja erilaisten yhteistyöryhmien puitteissa.

Ydinjätealan kansainvälisiä tutkimushankkeita on seurattu osallistumalla konferensseihin ja yhteistyöhankkeisiin. Tiivistä yhteistyötä on tehty mm. Äspö-kalliolaboratorioprojektissa ja lukuisissa EU:n tutkimushankkeissa.

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 sekä voimalaitosten käytöstäpoistoa koskevaan keskusteluun ja arviointiin.

YHTEISTYÖKUMPPANIT

Ydinjätehuoltotoimintaan vuonna 2003 osallistuneet tutkimuslaitokset, korkeakoulut ja konsultit

ALARA Engineering AB (Ruotsi)
Astrock Oy
Australian National University (Australia)
University of Bern (Sveitsi)
Concave Oy
Conrox Ab (Ruotsi)
CT Heikkinen Oy
Enprima Engineering Oy
Enterpris Limited (Iso-Britannia)
Enviros Consulting Ltd (Iso-Britannia)
Enviros Spain S.L. (Espanja)
EP-Logistics Oy
Evata Finland Oy
Facilia AB (Ruotsi)
Fortum Nuclear Services Oy
Gascoyne Geoprojects Inc. (Kanada)
GEA Consulting (Ruotsi)
Geodeettinen laitos
Geokeskus Oy
Geologian tutkimuskeskus (GTK)
Espoon yksikkö
Geopalvelukeskus
Kuopion yksikkö
Geopros Oy
Geosigma AB (Ruotsi)
Gridpoint Finland Oy
Göteborg University (Ruotsi)
Helsingin yliopisto
Farmasian laitos
Geologian laitos
Kemian laitos
Ilmatieteen laitos
Meteorologinen tutkimus
Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy
Insinööritoimisto Saanio & Riekkola Oy
Integrity Corrosion Consulting Ltd (Kanada)
JA Streamflow AB (Ruotsi)
JP-Fintact Oy
JP-Suoraplan Oy
Jyväskylän yliopisto
Fysiikan laitos

Kalliosuunnittelu Oy
Karinta Consulting Ab (Ruotsi)
Kivitieto Oy
Lapela Oy
Libenter Oy
Marintel Ky
Metso Paper Oy
Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema
AB Nonlinear Solutions Oy
Outokumpu Technology Oy
Outokumpu Poricopper Oy
PRG-Tec Oy
Rock Engineering Consultants (Iso-Britannia)
Rollcon Oy
Safety Assessment Management (SAM) Ltd
(Iso-Britannia)
Safram Oy
Serco Assurance (Iso-Britannia)
Suomalainen Insinööritoimisto Oy
Suomen Malmi Oy
Suomen Paprico Oy/Viestintä-Paprico
Suomen Teknohaus Oy
Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) (Ruotsi)
Swedish Corrosion Institute (Ruotsi)
SwedPower AB (Ruotsi)
Teknillinen korkeakoulu
Materiaalitekniikan laboratorio
Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennusgeologian laboratorio
Materiaaliopin laitos
TVO Nuclear Services Oy
Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT)
Biotekniikka
Prosessit
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Tuotteet ja tuotanto
Vibrometric Oy

LAADUN JA YMPÄRISTÖN HALLINTA

Posivan toiminta tähtää ydinjätehuollon turvalliseen toteuttamiseen omistajien ja muiden asiakkaiden tarpeiden mukaisesti, ympäristöä suojellen ja yhteiskunnan asettamat vaatimukset täyttäen. Posiva on kehittänyt laatua yhtiön perustamisesta lähtien. Laatujärjestelmän tarkoituksena on varmistaa toiminnan järjestelmällisyys Posivassa.

Vuoden 2003 aikana toimintajärjestelmän kehittämisestä jatkettiin ISO 9001 standardin suuntaan ottaen huomioon myös ympäristöstandardi ISO 14001. Vuoden 2003 aikana on myös pystytty hahmottamaan Posivan toiminnan kannalta oleelliset pää- ja tukiprosessit.

Järjestelmän toimivuutta ja luotavuutta suhteessa tavoitteisiin on arvioitu Posivan sisäisissä auditoinneissa. Sisäiset auditoinnit kohdistuivat lainsäädännön, turvallisuus- ja ympäristönäkökohtien huomioimiseen toiminnassa. Auditointien tuloksena löydettiin oleellisia kehitys-

kohteita toiminnan tehostamiseksi.

Vuoden aikana arvioitiin muutamien alihankkijoiden kykyä suorittaa teknisistä, taloudellisista, laatu- ja ympäristövaatimuksista. Käytössä olevat toimintajärjestelmät ja niiden kehitystyön näkymät kartoitettiin. Lisäksi joidenkin organisaatioiden toimintaa arvioitiin toimittaja-auditointien avulla.

Tutkimuksen ja kehitys- ja suunnittelutyön laadun varmistavaa ohjeistusta on tarkennettu. Laadun varmistamisessa on myös käytetty ulkopuolista asiantuntijaryhmää, joka on katselmoinut Posivan tuottamaa materiaalia. ONKALO-projektin laadunhallinnassa keskityttiin prosessien määrittelyyn ja pääurakoitsijalta edellytettävien laatuvaatimusten määrittelyyn.

Uusille posivalaisille järjestettiin perehdytyskoulutusta sekä asiantuntemuksen kehittämiseksi myös viisipäiväinen Ydinjätehuollon peruskurssi. Keväällä 2003 toteutettiin

laatukoulutus koko henkilöstölle. Vuosittaisia kehityskeskusteluja on edelleen jatkettu.

Yritysturvallisuuden merkitys Posivassa tulee kasvamaan merkittävästi, kun ONKALOn rakentaminen alkaa. Työturvallisuuden kannalta keskeisiä kehityskohteita vuoden 2003 aikana olivat riskin hallinnan ja työturvallisuuden toteutuksen suunnittelu ONKALO-projektissa. Toimintajärjestelmän kehityksessä päätettiin ottaa huomioon myös OHSAS 18001 mukainen työterveys- ja työturvallisuusjohtamisjärjestelmä.

Fortumin ja TVO:n ydinjätehuoltotoiminnassa noudatetaan yhtiöiden ydinvoimatoiminnoissa sovellettuja laadun ja ympäristön hallintajärjestelmiä. Fortum Power and Heat -sektorin liiketoimintayksiköillä on erilaisia sertifiointeja (ISO 14001 ja ISO 9001). TVO:lla on ISO 14001 -standardin mukainen ympäristöjärjestelmän sertifikaatti. TVO sai EMAS-rekisteröinnin vuonna 2001.



KUSTANNUKSET

TUTKIMUKSET

Ydinjätehuollon tutkimusohjelman kokonaiskustannukset olivat noin 13,1 miljoonaa euroa. Vuoden 2003 tutkimusohjelmassa kustannuksiksi

arvioitiin noin 11,4 miljoonaa euroa. Ohjelma toteutui pääosin suunnitelmien mukaisesti.

Edellä esitettyihin kustannuksiin eivät sisälly Tekesin tukemat Posivan tutkimustoimeksiannot.

YHTEENVETO TUTKIMUSTEN KUSTANNUKSISTA VUONNA 2003

Tutkimuskohde	Kustannukset (milj. euroa)
Suunnittelu, koordinointi ja tiedotus sekä yleisselvitykset	0,5
Käytetyn polttoaineen ja runsasaktiivisen jätteen huolto	12,1
Keski- ja vähäaktiivisen jätteen huolto	0,3
Käytöstäpoisto ja purkujäte	0,2
Yhteensä	13,1

VARAUTUMINEN YDINJÄTEHUOLLON KUSTANNUKSIIN

Ydinjätehuoltoon tarvittavat varat kerätään erilliseen valtion ydinjätehuoltorahastoon. Rahastotavoite määrätään kunakin vuonna erikseen vahvistettavan ydinjätehuollon vastuumäärän perusteella. Ydinjätehuollon vastuumäärä sisältää kaikkien kyseisen vuoden loppuun mennessä kertyneiden ydinjätteiden huoltoon

tarvittavien toimenpiteiden tulevat kustannukset.

TVO:n ydinjätehuollon vuoden 2003 rahastotavoite oli 732,2 miljoonaa euroa ja Fortumin rahastotavoite vastaavasti 545,1 miljoonaa euroa.

KTM vahvisti TVO:n ydinjätehuollon vastuumääräksi vuoden 2003

lopussa 763,8 miljoonaa euroa ja sen perusteella vuoden 2004 rahastotavoitteeksi 763,8 miljoonaa euroa. Fortumin ydinjätehuollon vastuumääräksi KTM vahvisti 570,2 miljoonaa euroa ja vuoden 2004 rahastotavoitteeksi 570,2 miljoonaa euroa.

RAPORTTILUETTELO 2003

POSIVA 2003-01

Vertical and horizontal seismic profiling investigations at Olkiluoto, 2001

Calin Cosma, Nicoleta Enescu, Erick Adam, Lucian Balu

Vibrometric Oy

Maaliskuu 2003

ISBN 951-652-115-0

POSIVA 2003-02

Baseline Conditions at Olkiluoto

Posiva Oy

Syyskuu 2003

ISBN 951-652-116-9

POSIVA 2003-03

ONKALO Underground

Characterisation and Research Programme (UCRP)

Posiva Oy

Syyskuu 2003

ISBN 951-652-117-7

POSIVA 2003-04

Thermal Analyses of Spent Nuclear Fuel Repository

Kari Ikonen

VTT Processes

Kesäkuu 2003

ISBN 951-652-118-5

POSIVA 2003-05

Programme of Monitoring at Olkiluoto During Construction and Operation of the ONKALO

Posiva Oy

Joulukuu 2003

ISBN 951-652-119-3

POSIVA 2003-06

Assessment of disturbances caused by construction and operation of ONKALO

Timo Vieno, Jarmo Lehikoinen,

Jari Löfman, Henrik Nordman

VTT Processes

Ferenc Mészáros

The Relief Laboratory

Lokakuu 2003

ISBN 951-652-120-7

POSIVA 2003-07

Hydrochemical interpretation of baseline groundwater conditions at the Olkiluoto site.

Petteri Pitkänen, Ari Luukkonen, Sami Partamies

VTT Building and Transport

Maaliskuu 2004

ISBN 951-652-121-5

POSIVA 2003-08

Air-oxidation tests with Gd-doped UO₂ Preliminary dissolution experiments with pre-oxidized Gd-doped UO_{2+x}

Kaija Ollila

VTT Processes

Kristian Lindqvist

Geological Survey of Finland

Lokakuu 2003

ISBN 951-652-122-3

POSIVA 2003-09

Narrow gap arc welding experiments of thick copper sections

Rami Pohja, Heikki Vestman,

Petra Jauhiainen,

Hannu Hänninen

Helsinki University of Technology

Laboratory of Engineering

Materials

Lokakuu 2003

ISBN 951-652-123-1

POSIVA 2003-10

Glacial Rebound and Crustal Stress in Finland

Kurt Lambeck, Anthony Purcell

Research School of Earth Sciences,

The Australian National University

Marraskuu 2003

ISBN 951-652-124-X

POSIVA 2003-11

Thermal Analysis of KBS-3H Type Repository

Kari Ikonen

VTT Processes

Marraskuu 2003

ISBN 951-652-125-8

Fortum Power and Heat Oy, TJATE-G12-81

Decommissioning of the Loviisa NPP

Ilpo Kallonen, Tapani Eurajoki and Elias Mayer

Fortum Nuclear Services Ltd

Vantaa, December 2003

ISSN 1457-3342 Summary Report

ISBN 951-591-081-1

Teollisuuden Voima Oy
27160 OLKILUOTO
puh. (02) 83 811

Fortum Power and Heat Oy
PL 100
00048 FORTUM
puh. 010 4511



Posiva Oy, 27160 OLKILUOTO
puhelin (02) 83 7231, fax (02) 8372 3709
<http://www.posiva.fi>