

Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto



Yhteenveto vuoden 2004
toiminnasta



*Kansikuvassa maanalaisen tutkimustilan, ONKALON,
ajotunnelin suuaukko louhinnan alkuvaiheessa.*

TIIVISTELMÄ

Tämä raportti on ydinenergialain ja -asetuksen tarkoittama selvitys Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätehuollosta. Se sisältää selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2004, katsauksen ydinjätealan viestinnästä ja selvityksen varautumisesta ydinjätehuollon tuleviin kustannuksiin.

Kauppa- ja teollisuusministeriön vuonna 2003 tekemän päätöksen mukaan käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa on edettävä siten, että rakentamislupahakemuksen edellyttämä aineisto on valmiina vuoden 2012 loppuun mennessä. Samassa päätöksessä ministeriö asetti uuden välitavoitteen vuoteen 2009, jolloin on esitettävä tilannekatsaus rakennuslupahakemusaineistosta. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelu etenee pääpiirteissään vuonna 2000 julkaistun, loppusijoituslaitoksen rakentamista edeltävän vaiheen ohjelman sekä vuonna 2003 julkaistun yksityiskohtaisemman tutkimus-, kehitys- ja teknisen suunnittelutyön 3-vuotisohjelma "TKS-2003" mukaisesti.

Olkiluodon varmentavia paikkatutkimuksia varten Posiva perusti VARTU-tutkimusohjelman, jonka puitteissa suunnitellaan, toteutetaan ja raportoidaan tarvittavien tutkimusalueiden (geologia, geofysiikka, hydrogeokemia, hydrogeologia, kalliomekaniikka ja kenttätutkimukset)

työt. VARTU-ohjelman toimintaa arvioimaan perustettiin kansainvälinen tukiryhmä INAGO (International Advisory Group for Olkiluoto Investigations).

Pitkäaikaisturvallisuuden arvioinnissa pääpaino vuonna 2004 oli teknisten vapautumisesteiden, kuparikapselin ja bentoniitin, käyttäytymisen selvittämisessä ja haitallisten prosessien tutkimisessa. Loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen tueksi koottavista turvallisuustodisteista (Safety Case) laadittiin suunnitelma ja aikataulu.

Loppusijoituskapselien suunnitteludokumentaatio saatettiin ajan tasalle. Kapselin valmistustekniikan keskeisimpänä kehityskohteena oli edelleen kuparivaipan lieriöosan valmistus yhdestä kappaleesta usealla vaihtoehtoisella menetelmällä. Käytetyn polttoaineen kuljetusvaihtoehtojen kustannusarviot saatettiin ajan tasalle.

Liittyen maanalaisen tutkimustilan, ONKALON, tulevaan käyttöön ydinlaitoksen osana, aloitettiin ydinsulkuvalvonta-käsikirjan laatiminen. Tarkoituksena on ottaa käsikirja käyttöön vuoden 2005 aikana.

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

ONKALON ensimmäinen tunneliurakka solmittiin keväällä 2004. Urakka sisältää ajotunnelin louhinnan ja rakenteet tasolle -417 m sekä kuilun nousuporauksen tasolle -287 m. Louhintatyöt alkoivat 29.6. avoleikkauksen osalta, joka valmistui 6.9.2004. Maanalainen louhinta alkoi 22.9. ja vuoden loppuun mennessä tunnelin kokonaispituus oli 157 m.

Voimalaitosjätteiden osalta jatkettiin vakiintuneita seuranta- ja pitkäaikaistutkimuksia ja käytännön toimenpiteitä. Loviisassa aloitettiin märkien jätteiden kiinteytyslaitoksen rakentaminen. Laitos valmistuu vuonna 2006.

Voimalaitosjätteitä oli Olkiluodon voimalaitoksella kertynyt vuoden 2004 loppuun mennessä 4683 m³ ja Loviisassa 2625 m³. Olkiluodon jätteistä 4140 m³ on loppusijoitettu VLJ-luolaan. Loviisan jätteistä 1234 m³ on sijoitettu Hästholmenin VLJ-luolaan.

Voimalaitosten käytöstäpoistosuunnitelmat saatettiin edellisen kerän ajan tasalle vuonna 2003, seuraava tarkistus tehdään vuoden 2008 loppuun mennessä.

Olkiluodon ja Loviisan voimaloiden ydinjätehuollon tutkimusohjelman kokonaiskustannukset olivat 14,3 miljoonaa euroa. Tutkimusohjelma toteutui pääosin suunnitelmien mukaisesti.

SISÄLTÖ

	sivu
TIIVISTELMÄ	1
JOHDANTO	5
KÄYTETYN POLTTOAINEEN HUOLTO	6
• <i>TOIMINTAPERIAATE JA AIKATAULU</i>	6
• <i>NYKYTILANNE VARASTOINNISSA</i>	6
• <i>OLKILUODON VARMENTAVAT PAIKKATUTKIMUKSET</i>	7
• <i>ONKALON VAIKUTUSTEN MONITOROINTI</i>	12
• <i>PITKÄAIKAISTURVALLISUUDEN ARVIOINTI</i>	14
• <i>LOPPUSIJOITUKSEN TEKNIikka</i>	16
• <i>MAANALAISTEN TUTKIMUSTILOJEN SUUNNITTELU</i>	23
VOIMALAITOSJÄTTEIDEN HUOLTO	25
• <i>OLKILUODON VOIMALAITOS</i>	25
• <i>LOVIISAN VOIMALAITOS</i>	27
• <i>YHTEISET SELVITYKSET</i>	30
KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET	31
• <i>OLKILUODON VOIMALAITOS</i>	31
• <i>LOVIISAN VOIMALAITOS</i>	32
• <i>YHTEISET SELVITYKSET</i>	32
VIESTINTÄ JA YHTEYDENPITO	33
LAADUN JA YMPÄRISTÖN HALLINTA	34
KUSTANNUKSET	35
RAPORTTILUETTELO 2004	36

JOHDANTO

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

Ydinenergiain 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 2004 toimintakertomus, joka sisältää ydinenergiain ja -asetuksen mukaisen selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2004, 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 2004 OL1:n käyttökerroin oli 95,1 % ja OL2:n 96,1 %. 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 2004 LO1:n käyttökerroin oli 87,1 % ja LO2:n 93,8 %. 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

sesti 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.

Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelu etenee vuonna 2001 julkaistun pitkän aikavälin tutkimus-, kehitys- ja teknisen suunnittelutyön (TKS) ohjelman mukaisesti. Kuluvan kolmivuotiskauden (2004–2006) keskeiset tehtävät on kuvattu vuoden 2003 lopulla julkaisussa TKS-2003 -ohjelmassa. Säteilyturvakeskus on lokakuussa 2004 esittänyt arvionsa ohjelmasta.

NYKYTILANNE VARASTOINNISSA

Olkiluodon käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosyksiköillä ja voimalaitosalueella olevassa käytetyn polttoaineen väli-varastossa (KPA-varasto). Vuonna 2004 KPA-varastossa oli varastointikapasiteettia 7146 positiota. KPA-varastoon mahtuu laitosyksiköiden noin 30 vuoden toiminnasta kertyvä polttoainemäärä. Varaston laajennus on ajankohtainen noin vuonna 2012. Laajennuksen suunnittelutyö on alkamassa. Kertomusvuonna Olkiluoto 1:llä vaihdettiin polttoainetta 25. kerran ja Olkiluoto 2:lla 23. kerran. Vuoden lopussa käytettyä polttoainetta oli varastoituna yhteensä 6050 nippua vastaten 1026 tonnia tuoretta uraania. KPA-varastossa oli 4838 nippua, Olkiluoto 1:n vesialtaissa 717 nippua ja Olkiluoto 2:lla vastaavasti 495 nippua.

Loviisan polttoaineen paluukuljetukset Venäjälle päättyivät vuoden 1996 lopussa ydinenergialakiin tehdyn muutoksen johdosta. Loviisan varastointikapasiteettia on sen jäl-



keen lisätty vuonna 2000 niin, että kapasiteetti riittää nykyisillä telineillä vuoteen 2010. Vuonna 2004 valmistui käytetyn polttoaineen varastokapasiteetin laajennusselvitys. Selvityksessä tarkasteltiin käytetyn polttoaineen varasto 2:n laajentamisvaihtoehdot teknisesti ja taloudellisesti. Kehitystyön tuloksena saatiin niin sanotut tiheiden ja avoimien polttoainetelineiden laajentamisvaihtoehdot, jotka perustuvat Suomessa käytössä olevaan vesiallastekniikkaan. Tiheiden polttoainetelineiden laajentamisvaihtoehto perustuu nyt käytössä oleviin varastointialtisiin ja avoimien telineiden laajentamisvaihtoehto perustuu neljän lisäaltaan rakentamiseen entisten jatkoksi. Tiheiden telineiden tarjouspyynnöt lähetettiin seitsemälle suomalaiselle laitevalmistajalle ja kuudelle ulkomaalaiselle toimittajalle. Selvityksessä ei ilmennyt tekijöitä, jotka estäisivät tiheiden telineiden hankinnan ja käyttöönoton.

Vuoden 2004 lopussa Loviisan voimalaitoksella oli yhteensä 2974 käytettyä polttoaineenippua, mikä vastaa noin 354 tonnia tuoretta uraania (arvioitu käytön jälkeisestä uranimäärästä noin 336 tonnia). Polttoainepuista oli LO1:llä 204 kpl ja LO2:lla 227 kpl. Käytetyn polttoaineen varastoissa 1 ja 2 oli 450 ja 2066 nippua vastaavasti.

OLKILUODON VARMENTAVAT PAIKKA- TUTKIMUKSET

Yleiskatsaus

Olkiluodon varmentavat paikkatutkimukset käsittävät monen eri tutkimusalan työtä, ja näistä saatavat tulokset on kyettävä tulkitsemaan yhteen loppusijoitusratkaisun kehittämisen, laitoksen suunnittelun sekä turvallisuuden arvioinnin lähtötiedoiksi. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi Posiva perusti ns. VARTU-ohjelman, jonka avulla kootaan yhteen eri tutkimusalojen ja -kohteiden tietoaaineisto ja mahdollistetaan kokonaisnäkömyksen muodostuminen Olkiluodon kallioperäolosuhteista tiedon käyttäjille.

VARTU-ohjelma aloitti toimintansa vuoden 2004 alusta, ja sen tehtävänä on koordinoida Olkiluodon varmentavien paikkatutkimusten suunnittelu, toteutus ja raportointi ONKALON tutkimusvaiheiden 1 ja 2 aikana (vaihe 1: maanpäälliset tutkimukset ennen ajotunnelin rakentamista; vaihe 2: ajotunnelin ja ilmanvaihtokuilun rakentaminen ja niihin liittyvät tutkimukset). Ohjelman

piiriin kuuluvat sekä ONKALOSTA että maanpinnalta tehtävät tutkimukset.

Koordinointi tähtää siihen, että tutkimustoiminta lomittuu parhaalla mahdollisella tavalla ONKALON toteutukseen sekä palvelee oikea-aikaisesti ONKALON jatkosuunnittelua sekä loppusijoitusratkaisun kehitystyötä ja teknistä suunnittelua. Tämän vuoksi VARTU-ohjelma liittyy läheisesti muihin ONKALO-tehtäviin, kuten ONKALON suunnitteluun ja monitorointiin. Tehtävänä on myös huolehtia eri tutkimusalojen ja -kohteiden kokonaistulkinnasta (synteesi, integrointi), jota varten VARTU-ohjelman alaisuuteen on perustettu erityinen tulkinta- ja mallinnustyöryhmä (OMTF, Olkiluoto Modelling Task Force).

VARTU-tutkimusohjelman suunnittelusta, toteutuksesta ja raportoinnista vastaavat tutkimusaluekohtaiset (geologia, geofysiikka, hydrogeokemia, hydrogeologia, kalliomekaniikka ja kenttätutkimukset) koordinaattorit (Principal Coordinator). Ohjelmaan kuuluvien TKS-tehtävien koordinoinnista ja ohjelmakokonaisuutta koskevien tavoitteiden saavuttamisesta vastaa koordinoitiryhmä, jota johtaa ohjelmakoordinaattori (Programme Coordinator). Ryhmän jäseninä ovat em. koordinaattorit sekä



OMTF-mallinnusryhmän vetäjä. Vuonna 2004 koordinoitiryhmä koontui 13 kertaa.

OMTF-ryhmän tehtävänä on erityisesti paikkatutkimusten tulosten integroitu tulkinta ja mallinnus, joka palvelee sekä ONKALON toteutusta että koko loppusijoitusratkaisun kehitystyötä ja pitkäaikaisturvallisuuden arviointia. OMTF-ryhmään kuuluu neljä eri mallinnusryhmää (geologia, hydrogeokemia, hydrogeologia ja kalliomekaniikka), joiden vetäjät ovat jäseninä OMTF:n ydinryhmässä (Core Group). Sitä johtaa OMTF-ryhmän johtaja, ja jäseninä ovat myös pitkäaikaisturvallisuuden ja VARTU-ohjelman edustaja. Vuonna 2004 OMTF-ydinryhmä kokoontui 13 kertaa. Vuoden tärkein tehtävä oli Olkiluodon paikkaraportin (Site Descriptive Report 2004) laatiminen, joka on samalla myös vuoden 2003 Baseline-raportin päivitys. Raportti julkaistaan vuoden 2005 alkupuolella.

Posiva perusti vuonna 2004 myös kansainvälisen tukiryhmän, ns. INAGO-ryhmän (International Advisory Group for Olkiluoto Investigations) arvioimaan VARTU-ohjelman toimintaa. Ryhmään kuuluu kuusi jäsentä eri tutkimusaloilta ja he edustavat viiden eri maan jätehuolto-organisaatioita. INAGO-ryhmä kokoontui vuonna 2004 kaksi kertaa.

Myös Säteilyturvakeskus arvioi VARTU-tutkimusten etenemistä kansainvälisten asiantuntijaryhmien tukena. STUK on laatinut vuonna 2004 ns. avointen kysymysten listan (open issues), jonka ensimmäinen versio sisältää yhteensä 36 kohtaa koskien ONKALON liittyvää tutkimusta, monitorointia ja mallinnusta. Avoimet kysymykset on luokiteltu kolmeen eri kiireellisyyssluokkaan; välittömästi selvitettäviin (noin vuoden kuluessa), muutaman vuoden kuluessa selvitettäviin sekä ennen rakennusluvan hakemista selvitettäviin kysymyksiin. Kun asia on selvitetty hyväksytysti, se voidaan poistaa listalta. Myös uusia kysymyksiä voidaan ottaa listalle varmentavien paikkatutkimusten edistyessä. Avoimia kysymyksiä on tarkoitus käsitellä kaksi kertaa vuodes-

sa pidettävissä kokouksissa. Ensimmäinen tällainen seurantakokous pidettiin syksyllä 2004.

Vuoden 2004 VARTU-ohjelman mukaisia tutkimuksia käsitellään seuraavassa tutkimusaloittain.

Geologia

Maanpinnan geologiset tutkimukset

Vuoden 2004 aikana Olkiluodon kallioerän geologisia ominaisuuksia tutkittiin maanpinnalta käsin paljastumakartoitusten, tutkimuskaivantojen sekä kairausten avulla. Tutkimusten tarkoituksena oli selvittää Olkiluodon alueen geologisten rakenteiden ominaisuuksia sekä tarkentaa nykyistä kallioerämallia. Lisäksi tutkimusten avulla on tarkoitus parantaa geologista ennustettavuutta.

Geologiset paljastumakartoitukset keskittyivät Olkiluodon itäiseen osaan, tarkoituksena tarkentaa tietämystä saaren kallioerän eri deformaatiovaiheista sekä kivilajien jakaumasta. Paljastumakartoituksessa pyrittiin käymään järjestelmällisesti läpi kaikki saaren itäosan kallioeräpaljastumat ja kartoittamaan niistä havaittavissa olevat rakenteet, kuten liuskeisuus, poimutukset sekä rakoilu. Paljastumahavaintoja kertyi yhteensä yli 200.

Olkiluodon tutkimusalueelle paljastettiin neljä uutta tutkimuskaivantoa (TK8-TK11), joille kertyi pituutta yhteensä noin 1200 metriä. Kaivannoista kartoitettiin kivilajit, kaikki raot sekä havaitut plastiset rakenteet (mm. liuskeisuus ja poimuakselit).

Vuonna 2003 saaren keskiosaan paljastettua etelä-pohjoissuuntaista tutkimuskaivantoa TK4 jatkettiin pohjoiseen tutkimuskaivanto TK8:na. Kaivannon tarkoituksena oli tarkentaa geofysikaalisilla menetelmillä havaittavissa olevan suuren poimurakenteen 2D- ja 3D-rakennetta, selvittää saaren pohjoisosan kallioerän rakoilun systematiikkaa sekä tutkia rakenteiden RH20A ja RH20B ominaisuuksia. Lisäksi kaivannolla

saatiin tarkennusta saaren kivilajien jakaumaan. Kaivannon lopulliseksi pituudeksi tuli 760 metriä ja kaivannosta kartoitettiin yhteensä noin 1700 rakoa.

Tutkimuskaivanto TK9 paljastettiin saaren keskiosaan, vuonna 2002 tehdyn tutkimuskaivannon TK3:n läheisyyteen. Kaivannon tarkoituksena oli tarkentaa Olkiluodon tutkimusalueen läntisen osan kallioerän rakennetta sekä rakoilun systematiikkaa; lisäksi kaivannon avulla pyrittiin saamaan lisätietoa kaivannossa TK3 havaitun ruhjeen ominaisuuksista. Kyseisen rakenteen ominaisuuksien tutkimisella on suuri merkitys suunniteltaessa loppusijoitustilojen sijaintia tutkimusalueen länsipuolella.

Olkiluotoon paljastettiin lisäksi kaksi pienempää kaivantoa. Tutkimuskaivanto TK10 tehtiin Olkiluodon tutkimusalueen itäosaan, kairareikien OL-KR9 ja OL-KR11 välille, paljastumakartoitusten sekä geofysikaalisten anomalioiden perusteella. Geofysikaalisilla menetelmillä havaittavan mahdollisen suuren poimurakenteen pää sijoittuu juuri kyseiselle alueelle ja lisäksi vuoden 2004 aikana tehdyt paljastumakartoitukset tukevat edellä mainittua geofysikaalista havaintoa. Kaivannon tarkoituksena on selvittää kyseisen poimurakenteen geometriaa ja suhdetta saarella havaittuihin hauraisiin rakenteisiin. Kaivannon TK10 osalta geologiset tutkimukset ovat vielä kesken ja jatkuvat vuoden 2005 aikana.

Tutkimuskaivanto TK11 paljastettiin Olkiluodon tutkimusalueella kesällä valmistuneen varastohallin pohjan rakennustöiden aikana. Tutkimuskaivanto sijoittuu ONKALON ajotunnelinlinjalle ja osittain tutkimuskaivannon TK7 päälle. Kaivannosta kartoitettiin kaikki raot, kivilajit sekä deformaatorakenteet. Jokaisen raon koordinaatit määritettiin takymetrin avulla ja saadun aineiston avulla kaivannosta pystyttiin laatimaan yksityiskohtainen rakokartta, jota pystytään hyödyntämään edelleen tutkitessa alueen rakojen systematiikkaa sekä ennustettaessa ONKALON ajotunnelin rakoilua. Rakohavaintoja

kaivannosta kertyi yli 2000. Kaivannossa havaittiin lisäksi pohjois-eteläsuuntainen hauras siirros, jonka suhteelliset liikuntosuunnat pystyttiin geologisten havaintojen perusteella määrittämään. Havaintojen perusteella siirroksen itäinen puoli on liikunut vähintään 2 metriä kohti pohjoista suhteessa siirroksen läntiseen puoleen.

Olkiluodon tutkimusalueelle kairattiin viisi uutta, syvää kairareikää (OL-KR29–OL-KR33) ja pituutta näille rei'ille tuli yhteensä noin 1660 metriä. Lisäksi jo olemassa olevaa kairareikää OL-KR23 jatkettiin 460 metrin pituuteen asti. Pääpaino kairauksissa oli rakenteiden RH19A, RH19B, RH20A ja RH20B ominaisuuksien ja jatkuvuuden tarkentamisessa. Lisäksi kairareikäillä OL-KR33 pyrittiin tarkentamaan tutkimuskaivanto TK3:ssa havaitun ruhjeen kulkua ja ominaisuuksia kallioperän syvemmissä osissa sekä Olkiluodon läntisen osan kallioperän rakennetta. Kairareikä OL-KR29 tarkoituksena oli puolestaan tarkentaa Olkiluodon eteläosan kallioperän ominaisuuksia ja se tulee toimimaan ns. monitorointireikänä ONKALOn eteläpuolella.

Kesällä saatiin käyttöön uusi tutkimushalli ONKALO-alueelle. Tutkimushallissa on mm. kairasydänlaboratorio, mikä on nopeuttanut huomattavasti kairasydänten kartoitusta.

ONKALOn geologinen kartoitus

ONKALOn louhintatöiden yhteydessä aloitettiin louhittujen pintojen geologinen kartoitus. Aluksi kartoitettiin ONKALOn johtava avoleikkaus. Kartoituksessa dokumentoitiin mm. kivilajit ja kiven rakoilu tunnelikartoituksen tapaan. Tunnelin louhinnan päästyä käyntiin syyskuun loppupuolella tunnelin katto ja seinät on kartoitettu jokaisen louhintakatkon jälkeen. Kartoituksessa kirjataan mm. kivilaji, muuttuneisuus/rapautuneisuus, kallion rakoilu, liuskeisuus ja muita rakennegeologisia piirteitä, vesivuodot ja rikkonaisuus. Havain-

not sidotaan tunnelin paalulukuun ja todelliseen koordinaatistoon. Vuoden 2004 aikana kartoitettiin noin 150 metriä tunnelia, joka pinta-alana tarkoittaa yli 2500 neliometriä. Erilaisia havaintoja (rakoilu, liuskeisuus, poimukseli etc.) kartoitetulta osalta tehtiin yli 2100 kappaletta, minkä lisäksi pitkille raoille ja rakenteille on mitattu tarkat koordinaatit. Kartoitus suoritetaan käytännössä kolmessa vuorossa keskeytyvänä kolmivuorotyönä kahden geologin pareissa. Kartoitustyö etenee samanaikaisesti louhintatyön kanssa, mikä edellyttää töiden yhteensovittamista ja kartoituksen kehittämistä joustavaksi ja tarkoituksenmukaiseksi. Lisäksi tuotettavan tiedon pitää olla käytävissä tunnelin suunnittelijoilla ja mallintajaryhmillä lähes välittömästi kartoituksen jälkeen.

Vuoden alussa saatiin valmiiksi ONKALOn ensimmäinen pilottireikä (OL-PH1), jolle pituutta kertyi noin 160 metriä. Pilottireiän tarkoituksena oli varmentaa tunnelilinjalle aiemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia ja antaa lähtötietoja ONKALOn injektointi- ja lujitussuunnittelijoille. Joulukuussa ONKALOOon kairattiin toinen pilottireikä (ONK-PH2), pituudeltaan noin 122 metriä. Molemmat pilottireiät pysyivät tavoitteensa mukaisesti tunneliprofiilin sisällä.

Geologinen mallinnus

Geologinen mallinnusryhmä aloitti toimintansa OMTF (Olkiluoto Modelling Task Force) ryhmän koordinoimana. Alkuvuoden aikana Posivas- sa otettiin käyttöön uusi 3D-mallinnusohjelma, Surpac. Syksyn suurin työ oli ONKALOn louhinnan myötä aloitettava "prediction-outcome"-tutkimustyö, jossa ennustetaan tunnelissa tavattavia geologisia piirteitä kahdella tavalla. Ennuste A käsittää olemassa olevan mallin ja muun tutkimustiedon perusteella tehtävän ennusteen ja ennuste B perustuu pilottireiästä saatuun tietoon. Näiden avulla testataan kuinka hyvin Olkiluodon geologiaa ja sen erityispiirteitä voidaan

ennustaa, jotta myöhemmin pystytään valitsemaan oikea tutkimusmenetelmä loppusijoituskallion paikantamiseen ja soveltuvuuden arviointiin tilojen asemointia ja rakentamista varten. Ensimmäisen pilottireiän PH1 matkalta tehtiin molemmat ennusteet syksyn aikana. Ennusteita verrattiin tunnelikartoitustietoihin ja alustavasti voidaan sanoa, että etenkin pilottireiän perusteella tehty ennuste piti hyvin paikkansa kallion rikkonaisuusrakenteiden ja rakoilun osalta.

Keväällä mallinnusryhmä teki SKB-yhteistyönä Forsmarkin tutkimusalueelle lineamenttitulkinnan. Vastaava tulkinta aloitettiin Olkiluodolle syksyllä. Tulkinta perustuu topografisten lineamenttien päivitykseen sekä geofysikaalisten lineamenttien tulkintaan. Seuraavassa vaiheessa nämä yhdistetään, jolloin lineamenttitulkinnalle saadaan parempi kattavuus esimerkiksi merialueilla ja vähennetään epävarmuuksia. Lineamenttitulkintaa tarvitaan selvittäessä mahdollista tutkimusalueen laajentamista sekä geologisessa että hydrogeologisessa mallinnuksessa.

Pohjavesikemia

Vuonna 2003 julkaistua Olkiluodon hydrogeokemiallista kuvausta (Pitkänen ym. Posiva 2003-07) täydennettiin vuoden 2004 kesään mennessä kootulla pohjavesiaineistolla. Päivityksessä pyrittiin ottamaan huomioon myös perustilan kuvauksesta saadut kommentit. Kuvaus edustaa Olkiluodon tämänhetkistä perustilaa ennen ONKALOn rakentamisen aloittamista. Myös vuonna 2003 julkaistu 3-D malli päivitettiin uusilla tuloksilla ja mallin laskentaa kehitettiin edelleen. Mallia on tarkoitettu myöhemmin käyttää ONKALOn aiheuttamien häiriöiden visualisoimiseen.

Pohjavesikemian tutkimukset keskittyivät edelleen suolaisuuden alueellisen jakauman, liuenneiden kaasujen määrittämisen ja tutkimusalueen perustilan tutkimuksiin, koska tietoja tarvittiin hydrogeokemiallisen perus-

tilan kuvauksen päivitykseen. Pohjavesinäytteenottoja suoritettiin syvistä kairanrei'istä yhteensä 29 kappaletta. Näistä neljä vesinäytettä kuului OL-KR6:n pitkäaikaispumpauskokeen seurantaohjelmaan ja kymmenen näytettä monitorointiohjelmaan. Liuenneet kaasut analysoitiin yhteensä 19 vesinäytteestä ja mikrobit viidestä. Alkuvuoden tuloksia käytetään vielä Olkiluodon hydrogeokemiallisen perustilan kuvauksen tarkastukseen ja viimeistelyyn. Tulokset raportoidaan englanninkielisinä alkuvuodesta 2005.

Matalien kallioreikien ja maaperään asennettujen pohjavesiputkien vesinäytteenottoja jatkettiin monitorointiohjelman mukaisesti. Kevään näytteenotot suoritettiin kymmenestä näytestä ja näytteenottojen yhteydessä kerättiin myös mikrobinäytteet. Syksyllä näytteenottoja suoritettiin 26 kappaletta. Vesinäytteenotoilla pyrittiin vielä selvittämään vuodenaikaisvaihteluita sekä mahdollisia ONKALON rakentamisen aiheuttamia häiriöitä. Tulokset raportoidaan niin ikään englanninkielisinä alkuvuoden 2005 aikana.

Geohydrologia

Mittaukset ja tulkinta

Hydrogeologisia mittauksia on tehty maaperään asennetuista havaintoputkista, matalista poran-, ja kairanrei'istä sekä syvistä rei'istä. Havaintoputkia on asennettu lisää ja matalia reikiä kairattu lisää havaintopisteiden alueellisen kattavuuden parantamiseksi. Aikaisempia mittaustuloksia on myös analysoitu ja raportoitu. Pintahydrologiasta onkin saatu aiempaa parempi käsitys ja osa mittauksista on otettu osaksi systemaattista monitorointiohjelmaa (OMO).

Kairanreiässä OL-KR6 suoritettavan pitkäaikaispumpauskokeen tuloksista on raportoitu päivitetty yhteenvedo ja koe on ollut käynnissä koko vuoden. Koetta on päätetty vielä jatkaa siihen asti, että koeken laskennallisesti kattama alue on riittävän suuri eikä oleellisia muutoksia pump-

ausvesissä voida todeta. Alustavista tuloksista voidaan tunnistaa eri vesityyppien, etenkin suotautuvan makean veden, nykyisen meriveden, suolaisemman pohjaveden sekä Litorinamerelle tyypillisen veden, esiintymistä Olkiluodon saaren rantaviivan tuntumassa.

HTU-laitteella on mitattu Olkiluodon saaren keskeisten tiiviiden kallioosuuksien vedenjohtavuusominaisuuksia kairanrei'istä KR12–KR14. Laitteistoa on kehitetty lisäämällä siihen yksipistevastusmenetelmään perustuva kohdistusmahdollisuus, minkä vuoksi eri mittausten keskinäisen vertailun tekeminen syvyysaseman osalta on varmallalla pohjalla.

Digitaalisen kuvan, muun kairanreikä tiedon ja hydraulisten mittausten tulosten yhteistarkastelulla on päästy tunnistamaan ja rakokohtaisesti määrittämään yksittäisten vettäjohtavien rakojen ominaisuuksia. Tällaisen tiedon avulla saadaan parempi kuva pohjaveden virtauksesta yksittäisten rakojen mittakaavassa.

ONKALON rakentamisesta mahdollisesti aiheutuvien pintahydrologisten vaikutusten arvioimiseksi tarkasteltiin ONKALON alueen maaperää ja hydrologisia havaintoja alueella. Natura-alueen läheisyyden vuoksi tällainen erityinen tarkastelu oli tarpeellinen. Yhteenvedo selvityksistä on raportoitu työraportissa.

Kertomusvuonna suoritettiin reikien OL-KR14–OL-KR18 välillä painevuorovaikutuskoe, joka täydensi vuonna 2002 tehtyä virtausvuorovaikutuskoea. Painevuorovaikutuskoea varten tulpattiin havaintoreiät monitulppalaitteistoilla osiin ja mitattiin paineantureilla kunkin tulppavälin paineen kehittymistä. Tuloksia myöhemmin analysoitaessa tullaan näiden erilaisten vuorovaikutuskokeiden tuloksia vertaamaan keskenään ja arvioimaan eri kokeista saatavan tiedon käyttökelpoisuus pohjaveden virtauksen ymmärtämiseksi. Alustavien arvioiden mukaan kuva harvoista yksittäisistä vettäjohtavista raoista näkyi myös tässä kokeessa.

Mallinnus

ONKALON ajotunnelin sijoittelua varten aiemmin tehdyt mallinnukset on raportoitu työraporttina. Mallinnuksen avulla tunnistettiin aiheutettavien häiriöiden oleelliset piirteet ja voitiin siten ottaa huomioon suunnittelussa, vaikkakin häiriön suuruus sinänsä riippuu lopullisesti rakentamisessa käytettävien tiivistämistoimenpiteiden tuloksesta.

Varmentavien paikkatutkimusten tavoitteena oleva paikan parempi ymmärtäminen ja epävarmuuksien pienentäminen on ollut pohjaveden virtausmallinnuksessa keskeisin tehtävä. Yhteistyö muiden tutkimusalojen, kuten geologian, hydrogeokemian ja kalliomekaniikan, kanssa on käynnistynyt OMTF-mallinnustyöryhmän puitteissa. Aluksi eri tutkimusalojen yhteistä ja yhteensopivaa käsitystä on työstetty virtausmallinnuksen ja hydrogeokemian kesken. Työssä on sekä päivitetty käsitystä perustilasta että laadittu ensimmäiset etukäteismallinnukset ONKALON rakentamisen vaikutuksista ensimmäisen tunnelin pituuskilometrin osalta, jolloin tunneli saavuttaa 100 metrin syvyystason. Mallinnustyö on suoritettu vuonna 2004 ja raporttiaineisto on valmistunut. Sijoituspaikan yhtenäinen paikkakuvausraportti, jonka osana myös geohydrologinen kuvaus on, valmistuu vuoden 2005 alussa.

Pohjaveden virtauksen mallinnus vaativassa tilanteessa, jossa pohjaveden tiheys vaihtelee paikallisesti ja virtauksen vuoksi myös ajallisesti samoin kuin pohjaveden pinnankorkeus, on edellyttänyt virtauksen ja liunneen aineen (suolan) kulkeutumisen kytkettyä mallintamista transienttina. Tähän tarvittavassa mallinkehityksessä on saavutettu taso, jolla hallitaan näinkin monimutkainen mallinnustehtävä. Loppusijoitustilannetta mallinnettaessa mukaan tulee vielä jätteen lämmöntuotto. Nykyisellä kehitystasolla myös lämmön ja siitä aiheutuvan tiheyden muutoksen ottaminen huomioon on mahdollista.

Kalliomekaniikka

Kalliomekaniikassa perustettiin ns. kalliomekaniikan ryhmä, jonka tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa OMTF-mallinnusryhmän tarvitsemia kalliomekaanisia tehtäviä. Ryhmän tehtäviä ovat olleet mm. koota yhteenveto kaikista ennen vuotta 2005 tehdyistä kalliomekaanisista selvityksistä, suorittaa aiemmin tehtyjen numeeristen mallinnusten tekninen auditointi ja näin pyrkiä kehittämään numeerisen mallintamisen strategiaa, luoda kuvakirjasto tutkimusreikien lävistämistä R/RH-rakenteista, selvittää geologisten rakenteiden ja jännitystilavälisiä yhteyttä, varmistaa oleellisten kalliomekaanisten kartoitustietojen saanti ONKALOn rakentamisen aikana sekä kirjoittaa kalliomekaniikan osuus OMTF-paikka-raporttiin.

Maanpinnalta kairatuista tutkimusreikänäytteistä tehdyt pistekuormitusmäärittelyt on koottu erilliseksi raportiksi. Pistekuormitusindeksistä lasketut lujuusarvot jaettiin kuuteen eri kivilajityyppiin, ja vaihtelua kairareikien välillä ja syvyyden suhteen myös tutkittiin. Työtä on tarkoitettu vielä ensi vuonna laajentaa huomioimalla liuskeisuushavainnot ja kuormitussuunta liuskeisuuteen nähden ja selvittää näiden korrelaatiota lujuusarvoihin.

Tutkimusreiän OL-KR24 (ONKALOn ilmanvaihtokuilureikä) näytteistä määritettiin lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksia. Näytteet otettiin syvyydeltä 400–450 m vastaten ONKALOn päätutkimustasoa. Koeohjelma käsitti yksi- ja kolmiakσιαalikokeita ja vetokokeita. Osa yksiakσιαalikokeista olivat ns. anisotropiamäärittelyksiä ja osa käsitti myös akustisen emission mittauksia.

Teknillisessä korkeakoulussa käynnistettiin selvitystyö, jossa on tarkoitus tutkia, voidaanko jännitystilaa arvioida kuormittamalla erisuuntaisia kairasydännäytteitä ja havainnoimalla niitä akustisen emission eli ns. Kaiser-ilmiön avulla. Diplomityönä tehtävä selvitys valmistuu vuoden 2005 aikana.

Ympäristötutkimukset

Toimintavuonna aloitettu monitorointiohjelma sisältää suurimman osan ympäristötutkimuksista: Olkiluodon eläinkunnan peruskartoitusta täydennettiin tutkimalla piennisäkkäiden, maakiittäjäisten, kovakuoriaisten ja lepakoiden lajistoa ja määrää. Olkiluodon metsien vuonna 2002 aloitettua perusteellista kartoitusta jatkettiin koealainventoinnin ensimmäisellä vaiheella, missä puustotiedot määritettiin noin 550:ltä saarelle tasaisin välein jaetulta havaintopisteeltä. Sadeveden, lumen ja maaveden koostumuksen rutiiniseurannat jatkuivat normaalisti, kuten myös lumi- ja routahavainnot. Lisäksi Teollisuuden Voima Oy:n keräämät säätilan, meriekosysteemien sekä ympäristön radioaktiivisuuden seurantatiedot kuluneelta vuodelta talletettiin myös Posivan arkistoon myöhempää yksityiskohtaisempaa tarkastelua varten.

Ympäristön monitorointiverkostoa parannettiin rakentamalla vuonna 2003 perustetulle havaintoalalle säämasto mm. metsikön mikroilmaston seuraamista varten. Lisäksi tätä havaintoalaa täydennettiin ja toinen vastaava havaintoala perustettiin samalla valuma-alueella sijaitsevaan vanhaan kuusimetsään.

Seuranta- ja muiden ympäristönäytteiden käsittelyä parantamaan saatiin kuluneen vuoden aikana käyttöön ONKALO-työmaan yhteyteen rakennetun tutkijarakennuksen laboratorion ympäristönäytteiden käsittelyyn tarkoitettu työpiste, jossa tarvittavat esikäsitteilyvalmiudet takaavat entistä varmemmin näytteiden laadun varsinaiseen analysoivaan laboratorioon saakka.

Laitteet ja menetelmät

Kallion termisten ominaisuuksien in situ -mittaamiseen tarkoitettua laitteen, ns. TERO-laitteen, kehitystyötä on jatkettu ja laitteen konstruktiosta valmistui raportti. Myös reikämittauslaitteen tulkintaohjelmiston kehitystyö käynnistettiin ja ensimmäiset testimitaukset kentällä suoritettiin Olki-

luodon tutkimusreiässä OL-KR2. Alkuvaikeuksien jälkeen kenttämitaukset onnistuivat teknisesti hyvin. Alustavasti on käyty myös keskustelua mittauksista SKB:n tutkimusalueilla.

SKB:n kanssa yhteistyönä tehtävää irtikairaukseen perustuvan jännitystilamittauksen tulostulkinnan kehitystyö on jatkunut. Kehitystyö liittyen jatkuvaan, isotrooppiseen materiaaliin on käytännössä saatu päätökseen. Työn raportoinnin on tarkoitus valmistua alkuvuodesta 2005. Seuraavan vaiheen eli anisotrooppisen materiaalin tulkintatyökalujen kehitystyötä on suunniteltu, ja työn on sovittu alkavan vuoden 2005 alussa.

Veteen liuenneiden kaasujen massaspektrometrinen (MS) menetelmäkehityksen ensimmäisen vaiheen tulokset on raportoitu. Muuten keskityttiin edelleen pääasiassa kaasufaasista tapahtuvaan kaasujen analysointiin. Vuoden loppupuolella siirryttiin testaamaan kaasujen määrittämistä nestefaasista membraanitekniikkaa käyttämällä. Menetelmäkehityksen tulokset raportoidaan vuonna 2005.

HTU-laitteiston single point (pistevastus) -ominaisuus otettiin rutiinikäyttöön. Ohjelmaa kehitettiin edelleen siten, että vertailu virtausromittauslaitteistolla tehtyihin vastaaviin mittauksiin on mahdollista mittauksen aikana, ja molempien data näkyy näytöllä yhtä aikaa. Datan laadun parantamiseksi HTU-laitteistoon asennettiin vinnin pyörimisnopeuden säätö. Se mahdollistaa reikälaitteiston liikuttamisen puolet hitaammin, eli samalla nopeudella kuin virtausromittauslaitteistoa on mahdollista liikuttaa. Uudet anturikortit otettiin käyttöön, mutta käyttöönnotossa ilmeni ongelmia, joiden selvitys jatkuu vuoden 2005 alkupuolella.

Vuoden aikana rakennettiin uusi virtausromittauslaitteisto, joka saatiin kalibroitu vuodelle 2005 puolella. Laitteiston rakentamisella pyritään vastaamaan lisääntyneisiin mittaustarpeisiin ONKALossa ja maan päällä. Virtausromittarin tul-

kintaohjelmaa kehitettiin paremmin ONKALON mittauksiin soveltuvaksi. Sen lisäksi kehitettiin EC-anturin karstoittumisen ja kaapelijännityksen seurantaohjelmat.

Poikkivirtausmittauslaitteen kenttätestetit tehtiin tutkimusreiässä OL-KR16 ja tulokset todettiin suurimmaksi osaksi onnistuneiksi. Kumi-ohjaimet todettiin liian jäykiksi, joten niitä tullaan vielä kehittämään. Laitteen testaamiseksi laboratorio-olosuhteissa ja esittelykäyttöä varten rakennetaan ns. keinorako, jolla voidaan havainnollistaa näkyvän merkkiaineen avulla veden kulkeutumista raossa, ja laitteen virtausanturin läpi. Keinoraon suunnittelu aloitettiin.

PAVE-laitteistoihin valmistettiin lisää näytesäiliöitä, yksi 300 ml:n ja kaksi 150 ml:n. Laitteistojen tutkimusreikään laskemisen helpottamiseksi vuonna 1999 rakennettu letkukela modernisoitiin pienentämällä kelan kokoa, ja asentamalla se peräkärryn runkoon. Maan pinnalta suoritettavia vesinäytteenottoja varten rakennettiin myös kaksi uutta kenttämittauslaitteistoa. ONKALOSSA tehtäviä reikäasennustöitä varten valmistettiin jatkotankoja, joiden materiaali on hiilikuitua. Hiilikuitutankojen todettiin testien perusteella soveltuvan hyvin reikäasennustöihin, ja niillä voidaan korvata heikommat ja raskaammat alumiinitangot.

Typipatterit korvaava typpi-generaattori otettiin testikäytön jälkeen tuotantokäyttöön PAVE-pumpauksissa. Typpi-generaattorilla tuotetulle typpikaasulle tehtiin syksyllä laatuanalyysit, ja puhtausasteen voitiin todeta olevan luvatuissa rajoissa.

ONKALON pohjavesien monitorointiin tehtiin laitteistosuunnitelmat. Tämä ns. ONKALON pohjavesien automaattinen mittausjärjestelmä käsittää sekä mittapatojen että pohjavesiasemien parametrien automaattisen seurannan. Suunnitelmat saatiin vuoden aikana siihen pisteeseen, että järjestelmän toimittaja valittiin vuoden lopussa. Järjestelmän toteutus alkaa vuoden 2005 alussa. Mittapato-laatikon testaamista varten valmis-

tettiin yksi teräksinen v-aukkoinen laatikko, joka kalibroitiin erikokoisilla v-aukoilla.

Kaasunäytteenottomenetelmien kehitystyötä tehtiin sekä kirjallisuus-selvityksenä että käytännön testeinä. Kaasunäytteitä otettiin PAVE-pumppausten yhteydessä maan pinnalta suoraan PAVE-säiliöön. Näytteet mitattiin massaspektrometrillä, jonka menetelmäkehitys on myös edelleen käynnissä. Tulokset olivat hyviä, joten kaasunäytteenottomenetelmän kehitystyötä jatketaan edelleen vuonna 2005. Kehitystyön tulokset raportoidaan vuoden 2005 aikana.

Integrointi

Olkiluodon mallinnustyöryhmä (Olkiluoto Modelling Task Force, OMTF) on aloittanut työnsä tavoitteenaan integroida eri tutkimusalojen mallinnus sekä tuottaa yhteinen ja yhteensopiva, ristiriidaton käsitys loppusijoituspaikasta perustuen eri alojen mallinnustuloksiin. Integroinnin lähtökohdat ja tavoitteet on kuvattu maanalaisten tutkimusten ohjelmassa (UCRP). Työn käytännön järjestämistä ja työssä huomioon otettavia näkökohtia on esitelty lisäksi TKS-2003 ohjelmassa.

Toimittuaan noin vuoden ajan on OMTF-ryhmä laatinut toiminnalleen suunnitelman ja saanut tutkimusalojen yhteistyön käyntiin tuottaakseen ensimmäisen yhteisen ja yhtenäisen loppusijoituspaikan kuvauksen, paikkareportin. Raportti on valmistunut oleellisilta osiltaan ja se saadaan painokuntoon ja julkaistua vuoden 2005 alussa.

Tutkimusalojen, geologian, kalliomekaniikan, hydrologian ja geokemian omien mallinnusryhmien työn käynnistäminen on vienyt suuren osan ajasta, mutta tiedon välityksen tarpeet ja alojen välisten vuorovaikutusten muodot on kartoitettu ja esitetään paikkareportissa.

Pisimmälle integroinnissa on päästy hydrologian ja geokemian alojen yhteistyössä. Olkiluodon saa-

ren paleohydrologisesta ja -geokemiallisesta kehityskulusta on pystytty esittämään paikkatietoon sopiva yhtenäinen kuvaus. Integrointi on hyvin työläs prosessi ja mallinnuksessa tarvittavien parametrien, oletusten sekä yksinkertaistuksien luonne ja määrä vaikuttavat osaltaan mahdollisuuteen saada mallinnustulokset sopimaan mitattuihin. Selvät ristiriitaisuudet voidaan kuitenkin eliminoida tarkastelemalla jonkin alan mallinnustuloksia iteratiivisesti toisten tutkimusalojen tuloksiin vertaamalla.

ONKALOSTA saatavat tutkimustulokset yhdessä muun paikkatiedon kanssa tulevat poistamaan nykyisiä puutteita mallien tarvitsemien lähtötietojen osalta. Seuraavalla integrointikierroksella voidaan odottaa tulosten tarkentuvan ja lisäävän siten luottamusta kykyyn kuvata tulevaa kehitystä ja antavan varmemman pohjan turvallisuustodisteiden esittämiselle.

ONKALON VAIKUTUSTEN MONITOROINTI

ONKALON rakentamisen mahdollisesti aiheuttamia muutoksia seurataan tätä varten erikseen perustetun monitorointiohjelman avulla. Monitorointiohjelma käsittää kalliomekaanisen, geohydrologisen, hydrogeokemiallisen, ympäristön ja vieraiden aineiden monitoroinnin. ONKALON louhinnan edetessä mittauksia tullaan tekemään myös maan alta, mutta vuoden 2004 mittaukset ja selvitykset tehtiin maanpinnalta käsin.

Kalliomekaaniseen monitorointiohjelmaan kuuluivat GPS-asemien ja mikroseismisten asemien mittaukset. Geohydrologista monitorointia tehtiin niin avoimissa kuin monitultuissakin kairanrei'issä mittaamalla pohjaveden pinnankorkeutta ja painekorkeutta. Näiden lisäksi mitattiin sadannan määrää (ml. lumi), meriveden pinnankorkeutta, roudan pak-suutta sekä pintavalunnan määrää. Geokemiallisen monitoroinnin pii-



Metsän intensiivihavaintoala. Alueelle on rakennettu pitkospuut, jotta maahan suotautuvan veden seuranta ei häiriintyisi. Oransseilla sadevedenkeräimillä ja vihreillä karikkeenkeräimillä seurataan maahan putoavan aineksen ominaisuuksia. Havaintoalan rakenne on samanlainen kuin yleiseurooppalaisessa metsien terveydentilan seurantaohjelmassa (taso II), jonka havaintoaloja on 31 ympäri Suomen ja joka tarjoaa erinomaisen vertailuaineiston.



Vuonna 2004 Olkiluodossa täydennettiin aikaisempia eläimistöselvityksiä maasto-inventoinnein ja paikallisia metsästäjiä haastatteleamalla. Lajistoltaan Olkiluoto ei merkittävästi poikkea muusta Lounais-Suomesta.

(Kuva: Juha Leppävuori, Ympäristötutkimus Oy Metsätähti.)

riin kuuluivat vesinäytteenotot avoimista ja monitulpatuista kairanrei'istä, matalien reikien ja pohjavesiputkien näytteenotot sekä ONKALOSTA pois pumpattavan veden kemian seuraaminen. Lisäksi mitattiin ONKALON rakentamisessa käytettävän veden natriumfluorensiinipitoisuutta.

Mahdollisia ympäristössä tapahtuvia muutoksia seurattiin tarkkailemalla vedenkiertoa metsikössä, kartoittamalla kasvillisuutta ja pieneläimistöä sekä seuraamalla talousvesikaivojen kuntoa. Lisäksi mitattiin pölyn ja melun määrää sekä otettiin alueesta ilmakuvia.

ONKALON rakentamisessa käytettävistä sallituista aineista laadittiin materiaalikäsikirja ja pidettiin kirjaa ONKALOSSA käytettyjen aineiden määristä.

ONKALON rakentamisella ei ole ollut vaikutusta monitorointituloksiin.

PITKÄAIKAIS- TURVALLISUUDEN ARVIOINTI

Teknisten päästöesteiden toimintakykytutkimukset

Tekniset päästöesteet ovat merkittävä pitkäaikaisturvallisuutta varmistava tekijä Posivan turvallisuuskonseptissa. TKS-2003 ohjelmassa esitetyssä konseptin kuvauksessa todetaan, että turvallisuus perustuu ensisijaisesti radionuklidien pitkäaikaiseen eristämiseen jätekapsleissa ja näiden kapsleiden tiiveyden turvaaviin teknisiin vapautumisesteisiin sekä luonnollisiin olosuhteisiin ja prosesseihin. Toimintakykytutkimuksia onkin suunnattu kuparikapselin ja sitä suojaavan bentoniitin käyttäytymisen selvittämiseen ja haitallisten prosessien tutkimiseen. Omissa ja kansainvälisenä yhteistyönä tehtävissä tutkimuksissa on vuonna 2004 käsitelty erityisesti seuraavia aiheita.

Bentoniittitutkimukset

Sementistä vapautuvan korkean pH:n on arvioitu vaikuttavan haitallisesti bentoniitin mineralogisiin ominaisuuksiin ja siten esimerkiksi pienentävän paisuntapainetta. NUMO:n ja Posivan yhteistyönä järjestettiin sementin ja bentoniitin vuorovaikutusta käsitellyt kansainvälinen työkokous huhtikuussa 2004 Tokiossa (Posivan Working Report 2004-25). Sementin ja bentoniitin vuorovaikutuksia on tutkittu myös EU-projektin ECO-CLAY II puitteissa. Projektin loppuraportti on viivästynyt yli vuodella, mutta nyt lopullinen versio on valmistunut ja raportti julkaistaan vuoden 2005 alussa. Suomalainen tutkimusosuus raportoidaan samoihin aikoihin.

Bentoniitissa pitkän ajan kuluessa tapahtuvia muita prosesseja tutkitaan monipuolisesti LOT-kokeessa (Long Term Test of Buffer Material). Vuonna 1999 alkaneiden kokeiden kestoksi on suunniteltu 1, 5 ja 20 vuotta. Vuonna 2004 valmistauduttiin toisen koereiän analysointiin, joka tapahtuu vuonna 2005. Suuremman mittakaavan kokeessa, FEBEX II -hankkeessa on osallistuttu saatujen tulosten arviointiin ja loppuraportointiin. Yhteenvetoraportti hankkeesta valmistuu 2005 alussa. Tämän pitkäaikaiskokeen seuraamista jatketaan EU:n NF-PRO -projektin puitteissa.

Vuonna 2003 SKB ja Posiva käynnistivät täyden mittakaavan kokeen bentoniittipuskurin kaasunläpäisevyydestä. Tämän kansainvälisen LASGIT hankkeen tavoitteena on toteuttaa täydessä mittakaavassa ja todenmukaisissa olosuhteissa kostuneen bentoniittipuskurin kaasunläpäisevyysskojeita ja tulkita niistä saatavat tulokset. Tavoitteena on kvantitatiivisesti selvittää kaasun kulkeutumisen prosessin fysikaalista ilmiötä ja validoida kaasun kulkeutumisen prosessin mallinnusta. Koejärjestelyyn kuuluu Äspön kalliolaboratoriossa loppusijoitusreikä, johon sijoitetaan

KBS-3V suunnitelman mukainen bentoniittipuskuri sekä kapseli, joka on varustettu veden- ja kaasunsyöttöjärjestelmillä sekä monipuolisella instrumentoinnilla. Vuonna 2004 valmistettiin järjestelmät ja komponentit, joita loppuvuodesta kalibroitiin ja koekäytettiin tutkimustilassa. Varsinainen laitteistojen asennus loppusijoitusreikään tapahtuu tammikuussa 2005. Asennusten ja reiän sulkemisen jälkeen alkaa noin kaksi vuotta kestävä bentoniitin kostutusvaihe, jonka jälkeen tehdään erilaisia kaasunläpäisevyysskojeita noin vuonna 2007.

Muut lähialueen tutkimukset

Lähialueen ilmiöitä ja teknisten esteiden käyttäytymistä kokonaisuudessaan testattiin ja demonstroitiin vuonna 2004 päättyneessä EU:n "Prototype Repository" -projektissa. KBS-3 -loppusijoitusratkaisua tutkittiin suljetussa loppusijoitustunnelissa täydessä mittakaavassa pitkäaikaisena kokeena. Posiva ja VTT osallistivat päästöesteiden konseptuaalisen ja matemaattisen mallinnuksen kehittämiseen. Geokemiallisista muutoksista, joita tapahtuu tunnelitäytteen ja bentoniittipuskurin vettymisen aikana, laadittiin raportti. Raportissa käsitellään myös ajasta riippuvia muutoksia, joita tapahtuu teknisessä vapautumisestejärjestelmässä sijoitustilojen reunoilla. SKB jatkaa toistaiseksi tätä työtä sisäisenä projektina. Posiva jatkaa yhteistyötä SKB:n kanssa vuonna 2005 ja mallintaa puskuri- ja täyteaineen huokosveden muutoksia.

Teknisten päästöesteiden toimintakykyä ja niille asetettavia vaatimuksia käsitellään laajemmin kansainvälisenä yhteistyönä NEAn "Engineering barrier systems" -hankkeen vuosittain pidettävissä työkokouksissa.

EU:n 6. puiteohjelmaan kuuluva "Understanding and Physical and Numerical Modelling of the Key Processes in the Near-Field, and Their Couplings for Different Host Rocks

and Repository Strategies (NF-PRO)” -hanke käynnistyi vuonna 2004. Nelivuotisen hankkeen kokonaislaajuus on noin 16 milj. euroa ja siihen osallistuu 40 jätehuolto-organisaatiota ja tutkimuslaitosta. Posivan ja sen tukemien tutkimuslaitosten osuuksissa tutkitaan

- alfa-radiolyysin vaikutusta polttoainematriisin rapautumiseen
- polttoainematriisin stabiilisuutta korkean pH:n oloissa
- bentoniitin huokosvesikemian (pH, Eh, ionivahvuus) kehittymistä
- kuparin ja raudan korroosiotuotteiden ja bentoniitin vuorovaikutuksia
- KBS-3V:n loppusijoitusratkaisun thermohydromekaanista (THM) mallinnusta. Mallinnustyö suoritettiin pääosin vuonna 2004 ja raportoidaan vuonna 2005.
- lähialueen kehitystä, massa- ja energiataseita ja -virtoja, ja toimintakykyanalyysejä.

Tutkimukset raportoidaan aikanaan projektisuunnitelmassa esitetyllä tavalla. Työhön kuuluu tulosten integrointi ja arviointi pitkäaikaisturvallisuuden kannalta.

SKB ja Posiva ovat yhdessä jatkaneet kuparin kokeellisia korroosiotutkimuksia erityisesti suolaisessa pohjavesiympäristössä. Edelleen on jatkunut Kanadassa tehtävä tutkimus, jossa kokeellisten tulosten perusteella mallinnetaan kuparin korroosipotentiaalin käyttäytymistä kompaktoidussa, sulfidipitoisessa bentoniitissa. Lisäksi on käynnistetty tutkimus, jossa tullaan selvittämään asetaatin aiheuttamaa kuparin jännityskorroosiota. Myös bentoniitissa vallitsevien redox-olosuhteiden ja niiden mitaamisen menetelmien tutkimusta on jatkettu.

Kallioperä vapautumisestaan

Kallioperässä tapahtuvaa kulkeutumista ja pidättymistä tarkastellut EU-projekti RETROCK on saatettu päätökseen vuonna 2004 ja lop-

puraporttien viimeistely on käynnissä. Työssä selvitettiin monipuolisesti kulkeutumiseen liittyviä käsitteitä ja konsepteja sekä niiden mallintamista

Kansainvälinen yhteistyö kulkeutumisilmiöiden tutkimusten osalta on jatkunut Äspön kalliolaboratoriossa. TRUE Block Scale kokeista on saatu uusia tuloksia mallitettaviksi. Task Force for Groundwater Flow and Solute Transport -ryhmässä on tehtävänä ollut edelleen heterogeenisyyden tarkastelu ja sekä virtauksen että kulkeutumisen ekstrapolaatiot loppusijoitusolosuhteita vastaavaan tilanteeseen.

Sorptiokokeita on jatkettu selvittämällä europiumin pidättymistä Cs-pitoisilla Olkiluodon suolaisilla vesillä käsiteltyihin kivipintoihin. Melko nopean alkuvaiheen ulostulon jälkeen kolonniin jää merkittävä osuus Eu:sta, jonka viipymä on huomattavasti pitempi. Koetta jatketaan, jotta saadaan parempi käsitys ulostulevan Eu:n pitoisuuden pienene- misnopeudesta ja mahdollisesti pidättymisen syistä. Kesiumin sorption paremmaksi ymmärtämiseksi on tarkasteltu kairausnäytteistä erotettujen biotiittifraktioiden vaihtuvia kationeja sekä Na:n, Ca:n ja Cs:n sorptioisotermejä.

Europiumin ja amerikumien sorptiomekanismien määrittämiseksi on jatkettu tutkimuksia niiden pidättymisestä kaoliiniittiin. Tutkimuksia jatketaan käynnistyvän FUNMIG-hankkeen puitteissa. Posiva on osallistunut vuonna 2004 edelleen NEA:n Sorptioforumin toisen vaiheen ja TDB (Thermodynamic Data Base) -työn kolmannen vaiheen työhön. Sorptioforumin toisen vaiheen työn loppuraportti on valmistumassa alkuvuonna 2005.

Posiva on osallistunut EU:n 6. puiteohjelman FUNMIG (Fundamental Processes of Radionuclide Migration) -hankkeen valmisteluvaiheeseen. FUNMIG -hankkeen tavoitteena on geosfäärikulkeutumisen perusymmärryksen kehittäminen ottaen huomioon eri maissa kehitetyt

loppusijoituskonseptit ja vallitsevat kallioperäolosuhteet. Tavoitteena on myös ottaa käyttöön olemassa oleva uusien tietämys kulkeutumisprosesseista pitkäaikaisturvallisuusarvioiden yleisiksi työkaluiksi ja malleiksi. Hanke käynnistyy vuoden 2005 alussa ja päättyy vuoden 2008 lopussa. Hankkeeseen osallistuu yhteensä n. 50 organisaatiota eri maista. Suomesta hankkeeseen osallistuvat Posivan lisäksi HY, VTT ja TKK. Suomessa tehtävään tutkimusosuuteen kuuluu mm. Ni:n, Am:n ja Eu:n sorption, sorptiomekanismien ja kivissä pidättymistä dominoivien mineraalien kemian tutkimuksia sekä tulosten mallintamista. Lisäksi selvitetään mahdollisuuksia käyttää luonnon redox-herkkiä aineita kallioperän redox-muutosten havaitsemiseksi ja tulkitsemiseksi. Suomessa kehitetään lisäksi kiven huokoisuuden ja huokosrakenteen määrittämismenetelmiä.

Konseptit ja turvallisuustodisteet

SKB:n kanssa yhteistyössä käynnistettiin vuosille 2004–2007 ajoittuva, selvitystyö kapselin vaakasijoituksesta. KBS-3H ratkaisussa kapseli sijoitetaan rei’itettyihin teräslieriöihin yhdessä bentoniittilohkojen kanssa pakkana noin 200 metriä pitkiin vaakasuuntaisiin sijoitustunneleihin. Tavoitteena on selvittää KBS-3H ratkaisun soveltuvuus ja osoittaa teknisesti toteutettavuus käytännössä. Tätä varten porataan kaksi täyden mittakaavan sijoitustunnelia sekä valmistutetaan kapselien ja bentoniittilohkon asennuslaitteisto.

KBS-3H-projektin keskeiset osat ovat demonstraatiot Äspön kalliolaboratoriossa, tekniset suunnitelmat ja kehitystyö sekä turvallisuustodisteiden (safety case) laatiminen. Vuoden 2004 aikana käynnistettiin ensimmäisen noin 95 metrin pitkän sijoitusreiän demonstraatioporaus Äspössä. Selvitykset bentoniittilohkojen teknisistä ratkaisuksista ovat jatkuneet eri mittakaavoissa tehtävissä

laboratoriokokeissa, joissa on pyritty ratkaisemaan bentoniitin asentamisen alkuvaiheeseen liittyvät ongelmat.

KBS-3H -konseptiin kuuluvat teräskomponentit pitkissä sijoitusrei'issä ovat erityinen selvityskohde. Vuoden 2004 aikana analysoitiin loppusijoituksessa käytettävien teräskomponenttien vaikutusta lähialueen hydrologisiin, mekaanisiin, kemiallisiin, (mikro)biologisiin ja kaasunmuodostusprosesseihin (HMCBG), josta raportti on valmistumassa. Lisäksi käynnistettiin kokeellinen tutkimus raudan vaikutuksesta bentoniitin perusominaisuuksiin. Tämäkin tutkimus raportoidaan alkuvuonna 2005.

Prosessiraportin ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2004 (POSI-VA 2004-05). Raportti pohjautuu SKB:n SR 97 Prosessiraporttiin, jota on täydennetty Posivan loppusijoitusratkaisua (niiltä yksityiskohdilta, joilta se poikkeaa SKB:n suunnitelmista) sekä Olkiluodon paikkaa koskevilla tiedoilla ja prosessikuvauksilla sekä muilla suomalaisilla tutkimustuloksilla.

Biosfääritutkimukset

Biosfääritutkimusten ja -mallinnuksen suuntaviivoja täsmennettiin edelleen rakentamislupahakemuksen edellyttämän turvallisuusanalyysin tarpeiden pohjalta alkuvuodesta 2005 ilmestyvässä turvallisuusperustelusuunnitelmassa (ns. *safety case -suunnitelma*).

Olkiluodon biosfäärin tulevaisuuden kuvaamiseen tähtäävä monivuotinen hanke aloitettiin selvittämällä rantaviivan sijainti ja maanpinnan korkeus alueella eri ajanjaksoina. Vuoden 2005 alussa valmistuu yhteenvetokatsaus Olkiluodon maa-perätutkimusten tuottamasta tiedosta erityisesti geosfäärin ja biosfäärin mallinnusrajapinnan näkökulmasta. Mallinnusvalmiuksia parannettiin edelleen yhteistyössä SKB:n kanssa jatkamalla vuonna 2003 aloitettua Matlab/Simulink -laskentaympäristöön räätälöidyn työkalun kehittä-

mistä. Loppuvuodesta käynnistettiin lisäksi yhteistyössä Kuopion yliopiston kanssa metsäekosysteemien radioaktiivisuutta tarkasteleva pro gradu -työ.

Posivan osittain rahoittaman ydinjätehuolto-organisaatioiden biosfäärimallintamisen avainkysymysten selvittämiseen keskittyvän BIOPROTA-hankkeen toinen toimintavuosi päättyi syksyllä tuottaen käyttökelpoista työmateriaalia. Hankkeen organisaatiota uudistetaan, ja se on jatkumassa vuonna 2005 osin aiemmin ja osin uusin teemoin.

Posiva jatkoi muiden kansainvälisten biosfäärin mallintamiseen liittyvien projektien etenemisen seuraamista, ja osallistuu ympäristön säteilyaltistuksen arviointia käsittelevän ERICA-hankkeen loppukäyttäjryhmän ja ympäristöministeriön organisoiman suomalaisen taustaryhmän työskentelyyn. Lisäksi Posiva ja Metsätutkimuslaitos osallistuivat yhteisellä maaekosysteemien kehitystä käsittelevällä esityksellä syyskuussa Ranskassa järjestettyyn radioekologian konferenssiin (ECORAD), jossa pääteemana oli ympäristön säteilysuojelu.

Turvallisuusanalyysi

Loppusijoitustilan rakentamislupahakemuksen tueksi koottavista turvallisuustodisteista laadittiin suunnitelma ja yleisaikataulu, joka julkaistaan Posiva-raporttina vuoden 2005 alussa. Turvallisuustodisteet (Safety Case) ovat yhteenveto niistä analyyseistä ja muista todisteista, jotka osoittavat loppusijoitusratkaisun turvalliseksi. Turvallisuustodisteet kootaan kokonaisuudeksi, johon sisältyy noin kymmenen aika ajoin päivitettävää pääraporttia. Sen geotieteellisen perustan muodostaa ***Paikkaraportti***, joka sisältää kuvauksen Olkiluodon kalliooperan nykyisistä olosuhteista, niiden aiemmasta kehitymisestä sekä muutoksista, joita ONKALOn ja loppusijoitustilan ensimmäisen vaiheen

rakentaminen tulevat aiheuttamaan ennen loppusijoitustilan käytön alkamista vuonna 2020. Teknisen perustan muodostavat raportit, joissa kuvataan ja perustellaan ***Käytetyn polttoaineen ominaisuudet, Kapseli*** sekä ***Loppusijoitustila***. Turvallisuustodisteiden luonnontieteelliset kulmakivet ovat ***Prosessiraportti***, jossa kuvataan loppusijoitusjärjestelmän toimintaan vaikuttavat ilmiöt ja tapahtumat sekä raportti ***Sijoituspaikan ja loppusijoitustilan kehittymisestä***. Jälkimmäisessä raportissa kuvataan ja analysoidaan loppusijoitusjärjestelmän kehittymistä ensimmäisten kapselien sijoittamisesta alkaen aina hyvin kaukaiseen tulevaisuuteen (noin miljoonan vuoden päähän) asti. Säteilyturvallisuutta ja sitä koskevien viranomaismääräysten täyttymistä käsitellään neljässä raportissa: ***Biosfääri, Radionuklidien vapautuminen*** (laskennallinen turvallisuusanalyysi), ***Täydentävät turvallisuustarkastelut*** (esimerkiksi luonnonanalogiat) sekä turvallisuustodisteet kokoavassa ***Yhteenvedossa***.

LOPPU-SIJOITUKSEN TEKNIikka

Yleistä

Posivan vuoden 2003 lopussa julkaissama laitoskuvausraportti käännettiin englannin kielelle. Laitossuunnitelmaan perustuva kustannusarvio on laadittu vuoden 2004 aikana ja se julkaistaan englanninkielisenä raporttina vuonna 2005. Loppusijoitukseen liittyvä kehitys- ja suunnittelutyö jatkuu kohti seuraavaa välietappia vuonna 2006, jolloin julkaistaan laitosuunnitelmien päivitykset ja laitoskuvaus.

Yhteistyö SKB:n kanssa on jatkunut edelleen tiiviinä ja yhdessä toteutettavia projekteja on useita kymmeniä. Posiva seuraa tiiviisti SKB:n kapselointilaitoksen suunnittelu-projektiä.

Kapselin suunnittelu

Kapselien suunnitteludokumentaatio on päivitetty. Suunnitteludokumentaatioissa kuvataan kapselien rakenne yksityiskohtineen, kapselin valmistustekniikka valmistustoleransseineen ja laadunvarmistuksineen sekä kapselointiprosessi mukaan lukien kapselien käsittely, sulkeminen, tarkastus ja kuljetus loppusijoitusreikään. Suunnitteludokumentaatioissa on määritelty kapselin mitoitusperusteet, osoitettu mitoitusvaatimusten täyttyminen ja arvioitu mitoitusanalyysien tuloksia.

Kapselin rakenne muodostuu lieriön muotoisesta massiivisesta sisärakenteesta, joka on valmistettu pallografiittiraudasta ja 50 mm:n paksuisesta kuparivaipasta. Kapselista on kolme versiota, yksi kutakin suomalaista reaktorityyppiä varten. Polttoaineniput sijoitetaan kapseliin kokonaisina mukaan lukien niihin mahdollisesti kuuluvat virtauskanavat. Kapselin eri versioihin voidaan sijoittaa enintään 12 BWR polttoainenippua, 12 VVER 440 polttoainenippua tai 4 EPR nippua. Kuhnkin kapseliin tulee 1,4 – 2,2 tonnia uraania riippuen polttoaineen ominaisuuksista. Kapselin ulkomitta on kaikissa variaatioissa 1,05 m, mutta kokonaispituudet ovat 3,6 m VVER 440 polttoainenipulle, 4,8 m BWR-nipulle ja 5,2 m EPR-nipulle. Kokonaispainot ovat vastaavasti 18,6; 24,3 ja 29,1 tonnia.

Sekä sisäosa että kuparivaippa voidaan valmistaa integroidulla pohjalla. Kuparivaipassa vaihtoehtona on myös pursottamalla tai takomalla valmistettu putki, jossa molemmissa päissä on hitsatut kannet.

Kapselin tulee säilyä tiiviinä suurella todennäköisyydellä noin 100 000 vuotta. Hyvä ja pitkään säilyvä tiiviys edellyttävät hyvän tiiviuden ja hyvän korroosionkestävyyden ohella riittävää mekaanista lujuutta, joka on varmistettu suunnitteludokumentaatioissa kuvattavin analyysien. Analyysien kuormitusolettamukset

sisältävät pohjaveden hydrostaattisen paineen, bentoniitin tasaisen tai epätasaisen paisuntapaineen, käytetyn polttoaineen jälkilämmön aiheuttamat lämpövaikutukset ja kolme kilometriä paksun jäätikön aiheuttaman ylimääräisen hydrostaattisen paineen. Sallitut jännitykset ja venymät on määritelty siten, että kohtuulliset varmuuskertoimet saavutetaan kaikissa mitoituksen perusteena olevissa kuormitustapauksissa.

Dokumentaatioissa esitetään mekaaniset mitoituslaskelmat kaikille kolmelle kapselivariaatiolle. Kapselin mekaaninen lujuus on erinomainen jopa bentoniitin paisumisen aiheuttaman epätasaisen tai taivutettavan kuorman sekä kallioliikuntojen tai kolmen kilometrin paksuisen jäätikön aiheuttaman kuorman tapauksissa. Ulkoisen paineen aiheuttama kokoonpuristumiskuorma on laskelmien mukaan vähintään 100 MPa.

Kapseli on suunniteltu siten, että se rajoittaa säteilytason kapselin pinnalla niin alhaiseksi, ettei se kohtuuttomasti hankaloita kapselin käsittelyä ja siirtoja ja ettei säteily aiheuta merkittävästi radiolyysiä pohjavedessä. Lisäksi kapselin sisäosa on suunniteltu sellaiseksi, että se pitää polttoaineniput alikriittisessä geometriassa sellaisessakin tapauksessa, että kapselin tyhjä sisätila täyttyisi vedellä ja polttoaine voi olla OL1–2 ja LO1–2 osalta käyttämätöntä tai OL3 laitoksen suuremman nipun vuoksi tietyn palamarajan ylittävää.

Kapselin mekaanista lujuutta on määritetty kokeellisesti valmistamalla osin epäonnistuneesta sisäosasta 700 mm pituinen testikappale, joka on ympäröity 50 mm paksulla kuparivaipalla ja ruuvatuilla päätykappaleilla. Painekoe suoritettiin isostaattisella puristimella painekammiossa nostaten painetta vaiheittain. Noin 100 MPa:n paineessa testikappaleen seinämään syntyi n. 5 mm pysyvä painuma ja koetta jatkettiin 130 MPa:n paineeseen, jolloin seinämän ohuimassa kohdassa havaittiin n. 20 mm

pysyvä painuma. Jatkotarkasteluissa havaittiin, että sisäosan neliöputket olivat lommahtaneet ja irronneet valetusta osasta, mutta valetussa osassa ei esiintynyt uusia murtumia.

Kapselin valmistusteknisiä hyväksymiskriteereitä on pohdittu yhdessä SKB:n kanssa, mutta lopullisen ehdotuksen tekeminen on edelleen lykkääntynyt.

Kapselin valmistustekniikka

Kapselin valmistustekniikan keskeisimpänä kehityskohteena on edelleen ollut kuparivaipan lieriöosan valmistaminen yhdestä kappaleesta useammalla vaihtoehtoisella valmistusmenetelmällä. Valmistusmenetelmien kehitystä on jatkettu sekä Posivan ja Outokumpu Poricopperin TEKES-tuotekehityshankkeen puitteissa että yhteistyössä SKB:n kanssa. TEKES-tuotekehityshanke päättyi vuoden 2004 marraskuun lopussa ja jatkossa valmistusmenetelmiä kehitetään Posiva-SKB yhteistyönä komponenttien valmistajien kanssa.

Kapselin kuparivaippamateriaalin kehitystyötä on jatkettu Outokumpu Poricopperin kanssa valamalla kolmessa valusarjassa yhteensä kymmenen valuaihiota. Aihion valuprosessin aloitusta on kehitetty keskustarepeämän vähentämiseksi ja valimon nostokapasiteettia on parannettu, jolloin on voitu valaa ennätyspaineisia, jopa 16,6 tonnin aihioita. Sen myötä aihion aloituspäästä voidaan poistaa entistä pidempi pala valuvirheiden minimoimiseksi. Valetuista valuaihiosta yksi on valittu tutkittavaksi koneistamalla se aksiaalisesti keskustaan asti ja tekemällä tunkeumanestetarkastus 20 mm välein mahdollisten valuvikojen löytämiseksi. Vikoja ei löytynyt ensimmäisen 350 mm:n syvyyteen mennessä, mutta sen jälkeen valun lopetuspäästä löytyi keskustahalkeamaa. Valuaihiosta on otettu näytteitä kemiallisen koostumuksen analysointiin ja metallografiin tutkimuksiin.

Pisto- ja veto -menetelmällä Vallourec&Mannesmann Tubes -tehtaalla Saksassa on valmistettu kaksi integroidulla pohjalla varustettua kapselivaippaa yhteistyössä SKB:n kanssa. Menetelmän kehitystyön keskipisteenä on ollut pohjan muokkaaminen siten, että myös siinä saavutettaisiin kauttaaltaan alle 360 mm:n raekoko, sillä muilta osin kapselit ovat aiemminkin täyttäneet niille asetetut tekniset vaatimukset. Vallourec&Mannesmannin asettaman tutkimusryhmän suunnitelmien mukaan muokausprosessin loppuvaiheen tuurnaa ja vastinkappaletta muutettiin, mutta niillä muokatun pohjan raerakenne jäi edelleen epätasaiseksi ja raekoko hieman liian suureksi. Näiden tulosten pohjalta tutkimusryhmä suunnitteli jälleen uudet työkalut. Prosessin tuloksena syntyneen kapselin seinämällä raekoko oli hieman epätasaisempi kuin tähän asti tutkituissa kapseleissa ja pohjassa oli nähtävissä eri tavoin muokkaantuneita alueita, joista osassa raekokovaatimus saavutettiin, mutta osassa ei. Mittojen osalta kapseli täytti vaatimukset.

Kuparivaipan taontakokeita on jatkettu yhteishankkeena SKB:n kanssa. Putken tasaisen muodon ja sopivan pienen sisähalkaisijan saavuttamiseksi tilattiin uusi työkalupari käytettäväksi taontaprosessin loppuvaiheessa. Sillä taottiin yksi uusi putki, joka oli täysipituinen, mutta jonka sisähalkaisija kasvoi jälleen liian suureksi. Lisäksi putken toiseen päähän syntyi muokkauksen aikana jopa 200 mm pituisia halkeamia, joiden syitä on alettu tutkia. Muokattavan putken lämpötila laski muokkauksen loppuvaiheessa melko alhaiseksi, minkä vaikutusta on tutkittu kohotetuissa lämpötiloissa Gleebe-laitteistolla suoritetuilla veto- ja puristuskokeilla Oulun Yliopistossa. Tämän lisäksi Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) Tukholmassa on mallintanut numeerisesti materiaalin virtausta taontaprosessin aikana optimaalisen muokkaustavan löytämiseksi.

Posivan ja SKB:n yhteisprojektin puitteissa on pursotettu neljä uutta kupariputkea 50 mm:n seinämäpaksuudella Wyman-Gordonilla Skotlannissa. Pursotusprosessin tulokset ovat olleet melko hyviä, joten siihen ei ole tehty mitään muutoksia vaan kehitystyön tavoitteena on ollut osoittaa prosessin tasalaatuinen toistettavuus. Alustavien tulosten mukaan pursotetut putket täyttivät niille asetetut vaatimukset lievästi käyryyttä lukuunottamatta.

Metso Paper Oy:n Rautpohjan valimossa on tehty pallografiittisen sisäosan valukoe. Valukoe suunniteltiin jälleen yhdessä SKB:n kanssa, joka on jatkanut vastaavia valukokeita kolmessa ruotsalaisessa valimossa. Kokeissa oli yhteneväiset tavoitteet ja laatuvaatimukset, kuten parempien sitkeys- ja lujuusominaisuuksien saavuttaminen. Pohja valettiin integroituna ja valuaukkoja varten valumuotin sisään valmiiksi asennetun kasetin nurjahtamisen estämiseksi kiinnitysruuveja vahvennettiin. Valu täytti päämittojen, aukkojen suoruden, keskeisyyden ja koon osalta asetetut vaatimukset, mutta valun mekaaniset ominaisuudet valun yläosassa jäivät selvästi alle vaatimusten. Metallografisten tutkimusten perusteella syynä on jähmettymisen aikana valuun jäänyt kuona sekä grafiitin vaillinainen palloutuminen.

Kapselin valmistuskustannuksista eri valmistusmenetelmillä ja -reiteillä on laadittu yhteenvetoraportti. Kustannuslaskelmat perustuvat tämänhetkisiin hintoihin kuitenkin sarjatuotannolle arvioituna. Pisto- ja vetomenetelmällä valmistetun, integroidulla pohjalla varustetun BWR-kapselin valmistuskustannukset ovat 135 000 euroa. Pursotetun kapselin valmistuskustannukset ovat n. 6 % kalliimmat ja taotun n. 6 % halvemmät. VVER 440-kapselin kustannukset ovat n. 10 % edullisemmat, mutta EPR-kapselien kustannuksia on hyvin vaikea arvioida, sillä niiden valmistaminen ulottuu niin pitkälle tulevaisuuteen.

Kapselin sulkemis- ja tarkastustekniikka

Kuparikannen sulkemiseen tarkoitettun korkeavakuumi-elektronisuihkuhitausmenetelmän (EBW) kehitystyö ja koeohjelmat on keskitetty tehtäviksi Patria Aviationin ja Posivan solmiman yhteistyösopimuksen puitteissa. Patrian käyttämä Nokian Linnavuorella sijaitseva elektronisuihkuhitauslaitteisto on modifioitu paksun kuparin hitsaamiseen soveltuvaksi, mm. laitteiston hitsausteho on nostettu 50 kW:n arvoon ja tyhjiölaitteisto on uusittu. Jo laitteiston käyttöönottovaiheessa päästiin toteuttamaan levykokeilla ensimmäinen erä hitsauskoeohjelmasta, jonka lopullisena tavoitteena on kuparikannen sulkemiseen soveltuvien hitsausparametrien löytäminen. Loppuvuoden aikana hitsattiin vielä kaksi uutta erää, joissa haettiin optimaalisia parametreja mm. elektronisuihkun fokukselle, hitsin välykselle, aloitukselle, lopetukselle, päällekkäishitsille ja hitsausnopeudelle sekä mitattiin levyn eri kohdista lämpötiloja hitsauksen aikana. Kokeiden suunnittelussa on käytetty apuna tilastollisia menetelmiä, mm. Taguchi- ja vastepintamenetelmää systemaattisuuden varmistamiseksi ja kokeiden määrän minimoimiseksi. Levykoehitsien tutkimusmenetelminä on käytetty läpivalaisua ja akustista mikroskooppia (SAM) sekä metallografiaa. Kuparikansien hitsauskokeet aloitetaan heti alkuvuodesta 2005 ja jatkossa on suunniteltu tehtävän kuusi hitsauskoesarjaa vuodessa.

Tampereen Teknisessä Yliopistossa on mallinnettu lämmön siirtymistä kuparilevyssä elektronisuihkuhitausten aikana. Työn tavoitteena on määrittää hitsauskoekappaleen koon ja muodon vaikutus sen lämpötilaan, jotta voidaan selvittää vastaavatko levykokeet sekä jatkossa tehtävät kokeet lyhyillä kapseliputkillla kannen hitsausta. Mallinnuksen tukena käytetään koekappaleista mitattuja ja myöhemmin mitattavia lämpötiloja. Työ jatkuu vuonna 2005, jolloin



Kupariaihio koneistettuna aksiaalisesti keskustaan asti mahdollisten valuvikojen löytämiseksi.



Hitsattuja levykappaleita. Kuvassa kehitysinsinööri Timo Salonen.

mallinnetaan lämmönsiirtymistä lyhyissä kupariputkissa ja mitataan mallinnustuloksien tueksi lämpötilo- ja kansien hitsauksen aikana.

SKB:n matalavakuumi-elektronisuihkuhitsausmenetelmän ja kitkatappihitsausmenetelmän (FSW) kehitystyöhön on osallistuttu ja niiden tueksi on mm. selvitetty FSW-menetelmällä hitsatun materiaalin ominaisuuksia ja suunniteltu sekä EBW:lle että FSW:lle soveltuva hitsauksen aikana tehtävän materiaalin ja/tai työkalun lämpötilan mittauslaitteisto.

VTT:n ja TKK:n toteuttama TEKES/EU-hanke kotimaisen FSW-osaamisen ja -resurssien lisäämiseksi on päättymässä. Hankkeen tavoitteet on saavutettu, sillä sen puitteissa Suomeen on hankittu yksi FSW-lisenssi TKK:lle ja yksi tuotantolaitteisto (KTM Tekniikka, Kankaanpää).

Kotimaisen kuparilevyjen ja -kansien tarkastustekniikan osaamis- ja laitteistoverkostoa on rakennettu. Pätevöintimenettelyn suunnittelemiseksi on käyty neuvotteluja kotimaassa, minkä lisäksi SKB:n vetämään kehitysohjelmaan, jonka tavoitteena on laatia alustava ehdotus kapselin koko tuotantoketjun pätevoittämissuunnitelmasta, on osallistuttu.

Kapselointilaitoksen suunnittelu

Kapselointilaitoksen suunnitelmista on laadittu kooste dokumentoiduista kapselointilaitosvaihtoehdoista ja sitä on täydennetty vielä dokumentoimattomilla suunnitelmamuutoksilla.

SKB on organisoinut kapselointilaitoksensa rakentamislupa-aineiston kokoamisen INKA-projektin tehtäväksi ja Posiva on osallistunut INKA-projektin "Projektgrupp" ja "Teknik"-kokouksiin, kommentoinut suunnitteludokumentteja ja laatinut SKB:n ja Posivan kapselointilaitosten suunnitelmien vertailun. Vertailtavia asioita ovat olleet suunnitteluperusteet, kustannukset, järjestelmien ja komponenttien suunnitelmat sekä viranomaisohjeet ja -vaatimukset.

Loppusijoitustilan suunnittelun yhteydessä on laadittu raportti "Olkiluodon loppusijoituslaitoksen maanpäällisten osien kuvaus", jossa kuvataan myös päivitetty kapselointilaitos-suunnitelma.

Kapselointilaitoksen polttoaineen käsittelykammion telakointiaseman suunnittelu on tilattu Afore Oy:lta ja työ on käynnistysvaiheessa.

Kapselointilaitoksen jatkokehittävän vaihtoehdon valinnan tueksi tarvittavaa aineistoa on laadittu ja Posiva on osallistunut TVO:n KPA-varaston laajennus- ja välivarastoinnin suunnitteluun.

Polttoainekuljetukset

Käytetyn polttoaineen maantie-, rautatie- ja merikuljetusvaihtoehtojen kustannusarviot on päivitetty.

Ydinsulkuvalvonta

Jotta parhaillaan rakennettavaan maanalaiseen tutkimustilaan ONKALO:on liittyviin tiloihin olisi myöhemmässä vaiheessa mahdollista sijoittaa käytettyä polttoainetta, noudatetaan ONKALO:ssa STUK:n ohjeita YVL 6.9 ja 8.5. Ydinsulkuvalvonnan toteuttamiseksi ohjeen YVL 6.9 mukaisen ydinsulkuvalvonta-käsikirjan laatiminen on aloitettu. Käsikirjan ensimmäinen luonnos valmistuu maaliskuun 2005 loppuun mennessä ja se otetaan käyttöön vuoden 2005 aikana STUK:n hyväksytyä sen.

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 suunnittelua tukevaan työhön.

Posiva osallistuu SKB:n APSE-projektiin (Äspö Pillar Stability Experiment), jossa kahden täysimittakaavaisen ja eri tavalla paineistetun sijoitusreiän välinen kalliopilari murretaan. Murtamisessa tarvittava voima kehitetään koealueen tunnelin geometrisella muotoilulla ja tämän jälkeen lämmittämällä koealueen kalliota siten, että sen jännitystilasta nousee murtumisen kannalta riittävän suureksi. 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 2004 aikana viimeisteltiin ja raportoitiin kokeen 3-D mallinnuksesta uuden tyyppisellä kytketyllä numeerisella menetelmällä, jossa mikrorakojen muodostuminen kokeen kannalta olennaisissa kohdissa simuloitiin partikkelimekaanisella menetelmällä (Particle Flow Code) ja sitä ympäröivän alueen muodonmuutokset mallinnettiin perinteisemmällä elementtimenetelmällä. Mallinnuksessa simuloitiin rakojen syntymistä ja kasvua murtuma-alueilla. Sen perusteella murtuviin kohtiin syntyy ensin hajanaista mikrorakoilua, joka myöhemmässä vaiheessa alkaa keskittyä muodostaen lopulta yksittäisiä rakoja jotka johtavat lopulta lujisuuden heikkenemiseen ja murtumiseen. Työn kokeellinen osa suoritettiin kesällä 2004 kun kokeellisten täydennettävien loppusijoitusreikien välinen kallio murrettiin. Tulosten analyysi ja vertailu mallinnustulosten ja todellisten havaittujen murtumien välillä alkoi syksyllä 2004 on edelleen meneillään.

Posivan, SKB:n ja NUMOn välisenä yhteistyönä kehitetään matalan pH:n ($\text{pH} \leq 11$) tuottavia injek-

tointiaineita. Laboratoriokokeiden ja alustavien kenttäkokeiden perusteella on keskitytty kehittämään sementin ja silikan seosta, jonka optimointia jatketaan vuonna 2005. Osana kehitystyötä on myös arvioitu vaatimuksia, tarkasteltu pitkäaikaisturvallisuutta ja ympäristönäkökohtia matalan pH:n injektointisementille. Osa vaihtoehtoisista materiaaleista on jouduttu hylkäämään mahdollisten pitkäaikaisturvallisuuteen liittyvien riskien takia.

Tiiviin lopputuloksen varmistamiseksi loppusijoitusvyvydellä tavoitteena on kehittää myös tunkeutuvedeltaan sementtiä parempia injektointiaineita. Silika sol on todettu lupaavimmaksi aineeksi tunkeutumaan pieniin rakoihin Ruotsissa tehtyjen selvitysten ja kenttäkokeiden perusteella.

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 uudentyyppinen ratkaisu, jossa rei'itettyihin teräslieriöihin pakatut kapselit ja bentoniittilohkot asennettaisiin noin 200–300 metriä pitkiin vaakasuuntaisiin sijoitusreikiin. Tässä ratkaisussa joudutaan kalliota louhimaan merkittävästi vähemmän kuin pystyreikäratkaisussa. Työtä tehdään useammassa vaiheessa. Monivuotisen kehitysohjelman tavoitteena on saattaa KBS-3H ratkaisu teknisesti KBS-3V ratkaisun tasolle ja demonstroida sijoitusreikien poraus sekä kapselien ja bentoniittilohkon asennus pitkiin vaakasuuntaisiin reikiin.

Vuoden 2004 aikana saatiin valmiiksi bentoniitti-/kapselipakkauksen asennuslaitteen tarjouskyselyaineisto,

toteutettiin tarjouskysely ja valittiin laitteiston jatkosuunnittelija ja sen tuleva valmistaja. Edellä mainittu aktiviteetti toteutetaan osana EU:n ESDRED-projektia. Lisäksi suunniteltiin ja mitoitettiin KBS3H-loppusijoituspakkausta. Vuonna 2004 tehtyjä turvallisuustutkimuksia kuvataan puolestaan turvallisuusanalyysiluvussa.

KBS-3H-projektin tärkeä suunnittelukohde on myös sijoitustunneleiden poraustekniikan kehittäminen. Vuoden 2004 syksyllä suoritettiin ensimmäisen 15 m pitkän pilottireiän sokkoporaus joka avarrettiin tämän jälkeen uuden tyyppisellä tekniikalla suuremmaksi halkaisijaltaan 1.8 m kokoiseksi vaakasuoraksi KBS-3H -sijoitusreiäksi. Porauksella demonstroititiin sekä pilottireiän porauksen, että avarrustekniikan toimivuutta ja jatkokehitystarvetta. Vuoden 2004 lopussa porattiin seuraavan pidemmän sijoitusreiän kohdalle n. 70 m pitkä pilottireikä, joka tullaan avartamaan vuoden 2005 alussa lopulliseen kokoon

Osana ESDRED-projektia on, ENRESA:n johdolla, kehitetty ruiskubetonointiin perustuva KBS-3H-tunnelin sulkutulppaa. Tulppa rakennetaan ÄSPÖ:ssä porattuun 15 metrin tunneliin vuoden 2005 aikana.

Liittyen puskuribentoniitin ominaisuuksien selvittämiseen on vuonna 2004 lähinnä osallistuttu kansainväliseen yhteistyöhön. Osa bentoniittitutkimuksista tehdään osana KBS-3H-projektin teknistä suunnittelutyötä, jossa vuonna 2004 selvitykset bentoniittilohkojen teknisistä ratkaisuista ovat jatkuneet eri mittakaavassa tehtävissä laboratoriokokeissa, joissa on pyritty ratkaisemaan loppusijoituksen alkuvaiheen bentoniitin kehitykseen liittyvät ongelmat.

Päätökseen saatetun EU:n “Cluster Repository Project - A Basis for Evaluating and Developing Concepts of Final Repositories for High-level Radioactive Waste (CROP)” -hankkeen yhteenvetoraportissa kuvattiin eri loppusijoituskonsepteja ja esitettiin niistä tehtyjä havaintoja.

Loppusijoitustilojen täyttöö var-

ten perustettiin vuonna 2003 pitkän tähtäimen ohjelma SKB:n kanssa. Ensimmäisen vaiheen aikana kuvattiin eri täyttövaihtoehtoja sekä valittiin lupaavimmat konseptit jatkokehitykseen. Toinen vaihe käynnistettiin vuonna 2004 tavoitteena syventää tietoa eri konseptien osalta. Valitut konseptit olivat murskebentoniitti ja luonnon paisuvahilainen savi paikalleen tiivistettynä sekä esipuristettujen savilohkojen käyttö. Laboratoriossa selvitettiin tarvittavaa tiivistystehoa vaatimusten täyttämiseksi sekä tiivistysmenetelmiä in situ -tiivistystä varten. Esipuristettujen lohkojen osalta selvitettiin materiaalien ominaisuuksia ja tehtiin valmistukseen ja asentamiseen liittyviä kokeita. Toisen vaiheen työ jatkuu vuonna 2005.

Tunnelintäytössä on suunniteltu voitavan käyttää eurooppalaisia Ca-Mg-bentoniitteja ja Posiva osallistuu mm. tšekkiläisen RAWRA:n kanssa yhteistyöhön, jossa karakterisoidaan montmorilloniittirikkaita savikerrostumia Tšekeissä. Projektin loppuraportin työstäminen alkoi vuoden 2004 lopussa.

Loppusijoitustilojen teknisten suunnitelmien laatiminen

Vuonna 2004 aloitettiin loppusijoitustilojen esisuunnittelun toinen vaihe, jonka tavoitteena on entistä olkiluotokohtaisempi tekninen ratkaisu. Tämän, vuonna 2006 valmistuvan, suunnitelman referenssiratkaisuna on KBS-3V-konseptin mukainen loppusijoitussuunnitelma. Vuonna 2004 aloitetussa suunnittelutyössä huomioidaan OL3:n merkitys loppusijoitustiloihin ja tilojen käyttötoimintaan. Vuosien 2004–2006 suunnitelmat tulevat sisältämään tarkastelut tilojen laajentamisesta suuremmalle polttoainemäärälle ja monikerrosratkaisujen soveltamisesta Olkiluodon kallio-perään. Kaksikerrosratkaisu on mahdollinen niin pysty- kuin vaakasijoitusperiaatteille. Loppusijoitustilojen mitoitusta optimoidaan myös

lämpötekniisesti.

Vuosien 2004–2006 suunnittelu- jaksolla tarkastellaan myös tilojen vaiheittaista toteuttamista, rakentamista, käyttöä ja sulkemista. Selvitykset sisältävät myös kuvaukset ydinmateriaalivalvonnasta, säteily-suojeluperiaatteista sekä toiminnasta häiriö- ja onnettomuustilanteissa.

Järjestelmäsuunnittelussa on vuonna 2004 arvioitu loppusijoitustilojen ilmanvaihdon periaateratkaisuja. Ensimmäisenä tullaan kiinnittämään ONKALO:n ilmanvaihdon periaatteet, jotka muodostavat siten perustan itse loppusijoitustilojen ilmanvaihtojärjestelmälle.

Vuonna 2004 siirto- ja asennusajoneuvon suunnitelmaa on edelleen kehitetty siten, että ajoneuvo soveltuu myös kapselin kuljetukseen kaltevassa rampissa. Ajoneuvo kulkee tela-alustalla, jonka etuna on suuri kuormankantokyky myös epätasaisella alustalla, pieni palokuorma sekä ajoneuvon pieni kääntösäde.

Äspön kalliolaboratorio

SKB:n ja Posivan yhteistyöpuitteissa on toimittu paljon 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 (edellämäin- tuista projekteista lisää mm. loppusijoitustekniikan yhteydessä).

Olkiluodossa keskitytään pääasias- sa 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 toden- tamista ja demonstrointia. Pitkäaikais- turvallisuuden arvioinnin taustana

toimivia kenttäkokeita suoritetaan Äspössä liittyen kallioperän toimivu- teen luonnollisena päästöesteenä.

Äspön kalliolaboratorion kansain- välisen yhteistyön puitteissa tehtävät tutkimukset on ryhmitelty seuraavasti:

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

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 loppusijoitustunnelille. Vuoden 2001 aikana neljään täyden mittakaavan loppusijoitusreikään sijoitettiin lämmittimillä varustetut kapselimallit, jotka ympäröitiin kompaktoidulla bentoniitilla. Lisäksi tilat instrumentoitiin ja niihin rakennettiin myös näytteenottojärjestelmät. Lopuksi tunneli täytettiin murskeen ja bentoniitin seoksella sekä suljettiin jyrkällä betonirakenteella. Vuoden 2003 aikana asennettiin toisen vaiheen tunnelinosaan kapselit kah- teen bentoniitilla vuorattuun loppusijoitusreikään ja avoin tunneliosuus täytettiin murskeen ja bentoniitin sekoituksella sekä varustettiin betonitulpalla. Varsinainen koe alkoi vuoden 2004 syksyllä.

Posiva osallistuu Äspön kalliola- boratoriossa tehtävään LOT-kokeeseen (Long Term Test of Buffer Material), jossa pyritään validoimaan puskuri- materiaalissa tapahtuvien pitkäai- kaisprosessien hypoteeseja ja malleja sekä niihin läheisesti liittyviä prosesseja koskien mikrobiologiaa, radio- nuklidien 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.

Posiva osallistuu nelivuotiseen, vuonna 2004 alkaneeseen Äspön kalliolaboratorion järjestämään kansain- väliseen työryhmään, jossa mallinnea- taan teknisten päästöesteiden (EBS; Engineered Barrier System) käyttä- tymistä loppusijoitusolosuhteissa. Posiva osallistuu osaprojektiin, missä mallinnetaan puskuribentoniitissa ja tunnelintäytteenä sekä kallioperän lähialueessa tapahtuvien prosessien THM-käyttäytymistä (termo-hydro- mekaaninen) saturoitumisen aikana. Vuonna 2004 mallinnettiin mm. bentoniitin vapaata paisumista. Vuonna 2005 simuloidaan EBS:n THM(C) -käyttäytymistä KBS-3V ja KBS-3H -konsepteissa ottaen huomioon asen- nusraoista aiheutuneet vaikutukset. Tehtävä mallinnustyö liittyy lähialue- prosesseja käsittelevään EU-projektiin (NF-PRO) sekä vuonna 2005 julkais- tavaan väitöskirjaan ‘Thermo- Hydro-Mechanical Analyses of KBS- 3V Deposition Hole’ (A. Lempinen).

Posivan ja SKB:n välisenä yhteis- työnä käynnistettiin loppusijoitus- tilojen täyttöön liittyvän projektin ensimmäinen vaihe. Ensimmäisen vaiheen tavoitteina oli kuvata yhdessä määritetyt täyttövaihtoehdot ja arvioi- da niiden toimivuus vaatimusten kan- nalta; valita jatkokehitystä varten sopivimmat vaihtoehdot ja arvioida kuinka paljon tutkimus- ja kehitys- työtä tarvitaan ennen loppusijoitus- tilojen käyttöönottoa. Vuonna 2004 käynnistyneen toisen vaiheen työ kä- sittää valittujen konseptien materiaa- liselvityksiin liittyvää työtä ja valmis- tus- ja asennustekniikan suunnittelua ja testausta pienessä mittakaavassa.

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

Työn tavoitteina on

- testata mahdollisuuksia ennustaa kiteisen, kovan kallion lujuus- käyttäytymistä tunnelimitta- kaavassa ja voimakkaassa jän- nityskentässä käyttäen numeeri- sia mallinnusohjelmia FLAC3D ja PFC2D. Lisäksi on täysin uutena sovellettu kytkettyä ohjel- maa FLAC2D/PFC2D.

- saada käytännön kokemuksia kiven vaurioitumisen monitoroisesta käyttäen mm. akustisen emission (AE) mitauksia ja verrata mitattuja vasteita mallinnettuihin tuloksiin. 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 toteuttamisen ja suunnitteluun. Lisäksi Posiva osallistui APSE-tunnelin louhintaprojektiin, jossa selvitettiin myös injektointavuuteen liittyviä asioita ja räjäytyskaavioiden vaikutusta louhintatuloon. Murtokoea mallinnettiin tekemällä lämpömekaanisia analyysejä sekä FLAC3D-ohjelmalla että kytkeytyllä FLAC2D/PFC2D-ohjelmalla. Alustavat FLAC3D analyytit on raportoitu vuonna 2003 ilmestyneessä SKB:n IPR-raporttisarjassa. Yksityiskohtaisemmista analyyseistä raportti valmistuu vuoden 2004 alussa. Itse murtokoe on käynnistynyt vuoden 2003 lopussa ensimmäisen loppusijoitusreiän louhinnalla. Toinen loppusijoitusreiä louhittiin vuoden 2004 alussa ja varsinainen murtokoe suoritettiin kesällä lämmitysvaiheen jälkeen.

Kairanreikien sulkemis- ja puhdistamisprojektin (Borehole cleaning and sealing) tavoitteena on kehittää loppusijoitustilan lähelle kairattujen tutkimusreikien sulkemiseen konseptuaalinen ratkaisu. Sulkemisella esitetään tutkimusreikien toimiminen pohjaveden mahdollisina kulkeutumisreitteinä kalliiossa, mikä on välttämätöntä loppusijoitustilan pitkäaikaisurvallisuuden kannalta. Projektiin sisältyy itse tulppaan liittyvien kysymysten lisäksi myös tutkimusreikien puhdistaminen ja stabilointi.

Projekti aloitettiin esiselvityksellä vuonna 2002. Vaihe 2 käynnistettiin vuonna 2003 ja päättyi vuoden 2004 lopussa.

Vaihe 3 ajoittuu vuosille 2005–2006. Projektin toisen vaiheen tavoitteena oli a) kehittää menetelmä, joka mahdollisesti täyttäisi sulkemiselle asetetut vaatimukset ja b) laatia suositusvaiheessa 3 tehtävistä täyden mittakaavan kokeista. Posiva on osallistunut vaiheen 2 työhön laatimalla tutkimusreikien puhdistukseen liittyvän raportin, jota käytettiin SKB:n vuoden 2004 lopussa julkaiseman sulkemiskonseptia kuvaavan raportin taustaraporttina. Posiva on osallistunut myös projektiryhmän toimintaan vuonna 2004.

MAANALAISTEN TUTKIMUSTILOJEN SUUNNITTELU

(mukana myös eräitä Posivassa sovit-
tuja englanninkielisiä nimityksiä)

Ennen kuin loppusijoitustilojen rakentamisesta päätetään tehdään Olkiluodossa täydentäviä kallioperätutkimuksia tilojen toteutussuunnittelua varten. Tutkimusta ja suunnittelua varten rakennetaan maanalainen tutkimustila eli ONKALO. Avoileikkauksen louhinta aloitettiin kesällä ja tunnelin louhinta syksyllä 2004.

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

ONKALOn esisuunnitteluvaiheessa (preliminary design stage) vuonna 2001 käyttöturvallisuudeltaan toteutuskelpoisiksi vaihtoehdoiksi todettiin vähintään kaksi erillistä maanpintayhteyttä sisältävät vaihtoehdot. Luonnossuunnitteluvaiheessa (outline planning stage) vuonna 2002 edelleen kehitettiin kaksi vaihtoehtoista luonnossuunnitelmaa: kuiluvaihtoehto ja ajotunnelivaihtoehto. Vertailun jälkeen ajotunnelivaihtoehto valittiin ONKALOn pääpiirustusvaiheen

(main drawings stage) pohjaksi mm. paremman joustavuuden, tutkimusten toteutettavuuden ja työskentelyolosuhteiden vuoksi. Pääpiirustusvaihe päättyi rakennuslupahakemuksen jättöön Eurajoen kunnalle toukokuussa 2003. Toteutussuunnitelmat (toteutussuunnitteluvaihe = realisation stage) ja hankinta-asiakirjat valmistuivat ensimmäisen tunneliurakan tarjouspyyntöä varten vuoden 2003 lopulla.

Ensimmäinen tunneliurakka solmittiin keväällä 2004 ja se sisältää ajotunnelin louhinnan ja rakenteet (tasolle –417 m) lähelle päätutkimustasoa sekä kuilun nousuporauksen tasolle –286,8 m. Samanaikaisesti käynnistyi rakentamisvaiheen (building stage) suunnittelu. Urakoitsijan kanssa on päivitetty rakentamisen aikaisten järjestelmien suunnitelmia mm. ilmanvaihdon ja pumppauksen osalta. Avoileikkauksen suunnitelmat on täydennetty louhinnan yhteydessä tehtyjen havaintojen mukaisiksi ja tunnelitekniikkarakennuksen suunnitelmat on saatettu rakennusluvan jättövalmiuteen. Ajotunnelin layoutia on hienosäädetty kalliomallin päivitysten myötä. Kuilulle on suunniteltu lisäyhteys jo tasolle –11 m rakennustyön ja ilmanvaihtojärjestelmän yksinkertaistamiseksi.

Maanalaisen tutkimus- tilojen rakentaminen

Kesällä 2004 saatiin käyttöön uusi, 380 neliömetrin, tutkimushalli ONKALO-alueelle. Tutkimushallissa on kairasydännäytteiden tutkimustila, jossa kiviinäytteet voidaan levittää useamman sadan metrin matkalle ja kartoittaa kairanreiän kiviaines koko pituudeltaan. Tila on ollut tutkijoiden ahkerassa käytössä ja se on tehostanut ja nopeuttanut huomattavasti kairasydänten kartoitusta. Näytepalojen sahausta varten tutkimushallissa sijaitsee myös äänieristetty sahaustila. Mikroskopointihuoneessa tutkitaan muun muassa mineraalien esiintymistä kairasydännäytteissä. Varastorakennuksen pinta-ala on 250 neliömetriä, ja sinne tullaan varastoimaan

muun muassa kiviäytteitä.

Vuosikertomusvuonna valmistuneen tutkimushallin kenttälaboratorio on helpottanut vesinäytteiden esikäsittelyä ja valmistamista muihin laboratorioihin lähettämistä varten, joskin laboratoriossa on myös valmiudet yksinkertaisiin analyyseihin.

ONKALO työmaan maanpäälliset valmistelut alkoivat kesäkuussa 2004. Ensimmäisenä pystytettiin työmaarakit ja kaivettiin maamassoja ONKALOn suuaukon kohdalla. ONKALOn alkupaukku ammuttiin 29.6. (mukana mm. Sosiaali- ja terveysministeri Mönkäre). Mukana tilaisuudessa oli myös median edustajia.

Louhintatyö alkoi avoleikkauksen louhinnalla ja se valmistui 6.9. 2004. Tunnelin teko aloitettiin tunnelin otsan pulttauksella ja tiivistämisellä. Varsinainen tunnelinlouhinta aloitettiin 22.9.2004. Ensimmäiset katkot ammuttiin monivaiheisesti ja varovaisesti. Varovaisen louhinnan tarkoitus on pitää lohkaroituminen mahdollisimman vähäisenä.

Vuonna 2004 työmaalla on sattunut yksi läheltä-piti-tapaus ja yksi tapaturma. Kummassakin tapauksessa on kyse ollut "komusta" joka läheltä-piti-tapauksessa putosi geologin viereen ja tapaturmassa kypärään. Jälkimmäisestä tapauksesta aiheutui 4 päivän sairausloma. Työturvallisuusasioihin on ainutlaatuisella työmaalamme kiinnitetty erityistä huomiota.

Sekä tilaaja, että urakoitsija elää "nolla tapaturmaa" -hengen mukaisesti.

Tunnelilouhintaa palvelevista aluetöistä on valmistunut aluetyöurakan 1 ja 2 vaiheen työt. Ne käsittävät muun muassa tutkimushallin poraus- ja poistovesijärjestelmän sekä selkeytysaltaan ja pumppurakennuksen teon. Viimeisessä eli kolmannessa vaiheessa valmistuvat työmaa-aita, aluevalaistus ja tunnelitekniikkarakennus.

Urakkaan kuuluvat Kalliorakennuksen tehtäväksi sovitut aluetyöt ovat vielä kesken. Niiden suunniteltu valmistumisajankohta on kesä 2005. Työt käsittävät muun muassa tunnelin ajorampin tukimuurien teon.

Louhintatyö on edennyt alkuperäiseen aikatauluun nähden hitaammin kuin oli kuviteltu. Tunnelin teon vauhti tulee paranemaan uuden kaluston ja vähentyvien injektointimassojen vuoksi. Tunneli on edennyt n. 15–20 m viikkovauhtia.

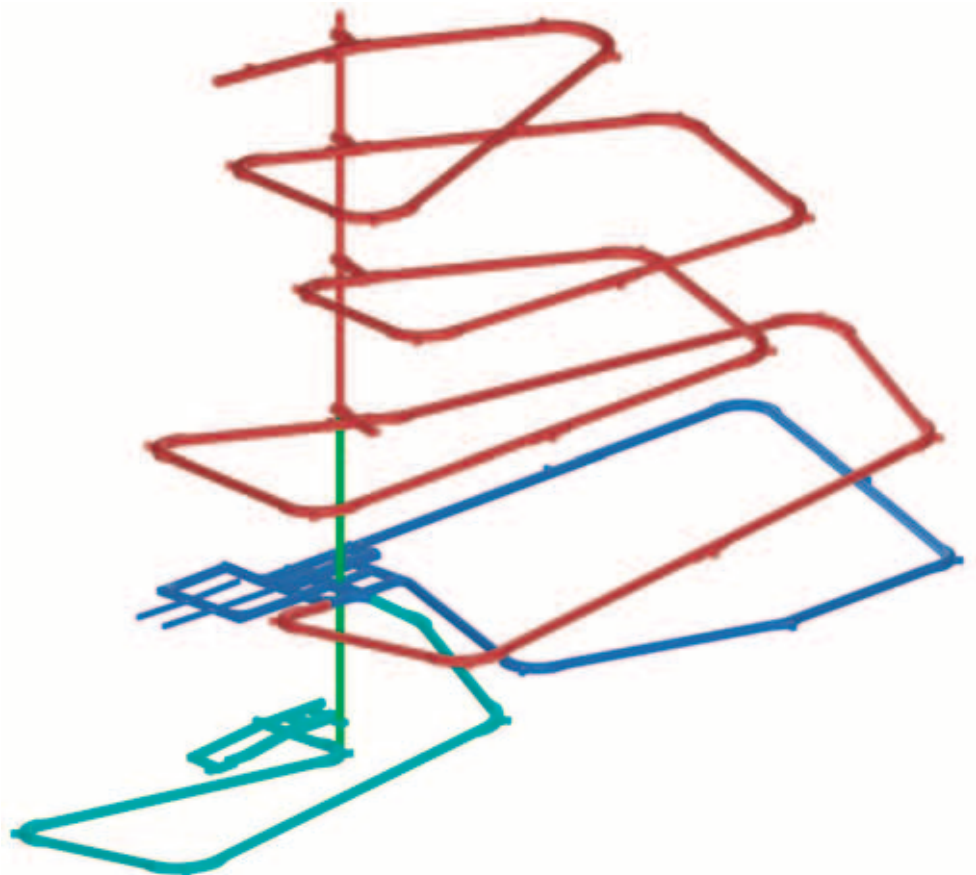
Louhintatyön yhteydessä on tehty kallioperätutkimuksia, jotka palvelevat sekä ONKALOn rakentamista ja suunnittelua että loppusijoitusalueen kallioperän karakterisointia. Tutkimukset käsittävät geologista kartoitusta sekä tunnustelu- ja pilot-tireikien kairaamista. Joka neljännen louhintakatkon jälkeen (noin 20 metrin

välein) on tehty porakoneella neljä noin 26 metriä pitkää tunnustelureikää ja niissä virtaus- ja vesimenekkimittauksia. Tulosten perusteella määritetään tunnelin esi-injektointitarve. Vuoden 2005 alussa otetaan käyttöön uuteen DATA-porausjumboon liitetty ns. ROCMA-laitteisto, jolla voidaan arvioida kallion ominaisuuksissa tapahtuvia vaihteluita. Tämä toiminto täydentää muita tunnustelurei'issä tehtäviä mittauksia.

Tunnelin teon alkuvaiheessa kalliota on injektoitu eli tiivistetty hienojakoisella sementillä noin sadalla tuhannella kilogrammalla. Injektointimassamenekki per injektointikerta on pienentynyt puoleen siitä mitä se oli ensimmäisillä viidellä injektointikeralla. Tämä tarkoittaa sitä, että kallio on nyt aikaisempaa tiiviimpää. Injektointi on onnistunut hyvin, sillä tunneliin vuotavan veden määräksi on mitattu 0,15 litraa/min/100 tunnelimetriä.

Tunnuslukuja vuoden loppuun mennessä:

- Tunnelin kokonaispituus 157 m
- Louhintatilavuus n. 6250 m³
- Injektointimassamenekki 106 000 kg.



ONKALOn layoutia on hienosäädetty ja kuilulle on suunniteltu lisäyhteys jo tasolta –11 m. Ensimmäisen tunneliurakan laajuus on esitetty punaisella.

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 "Käytöstäpoistostelvytykset" ja voimalaitosjätteiden huoltoa tässä luvussa.

OLKILUODON VOIMALAITOS

Toimintaperiaate ja aikataulu

Voimalaitosjätteistä pääosa pakataan heti käsittelyä, varastointia ja loppusijoitusta varten. Prosessivesien puhdistukseen käytetyt keskiaktiiviset ioninvaihtohartsit kiinteytetään bitumiin ja seos valetaan terästyynnyreihin. Osa vähäaktiivisista jätteistä (kokoonpuristuva sekalainen huoltojäte) tiivistetään terästyynnyreihin hydraulisella puristimella ja osa (metalliroimu ja suodatinsauvat) pakataan sellaisenaan teräs- ja betonilaatikoihin sekä terästyynnyreihin. Kokoonpuristu-

vaa jätettä sisältävät tynnyrit kompaktoidaan siten, että tynnyreiden lopullinen korkeus on noin puolet alkuperäisestä korkeudesta halkaisijan pysyessä muuttumattomana. Myös metalliromua voidaan kompaktoida ennen pakkaamista. Vuoden 2004 syksyllä hankitun metallisilppurin avulla voidaan metallisilpulla täyttää luolaan menevien betonilaatikoiden tyhjää tilaa, ja näin metallijätteen pakkausaste tehostuu. 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 jätesiiloihin loppusijoitetaan voimalaitoksen käytön aikana kertyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet. Hyvin vähäaktiiviset jätteet vapautetaan valvonnasta ja viedään Olkiluodon voimalaitosalueella sijaitsevalle kaatopaikalle tai luovutetaan muualle esim. käsiteltäviksi uusiokäyttöä varten.

Nykytilanne varastoinnissa ja loppusijoituksessa

Vuoden 2004 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 bitumoimattomia hart-

Olkiluodon voimalaitoksen voimalaitosjätteet

	Kokonaisjättemäärä		VLJ-luolassa		
	(kpl)	(m ³)	KAJ-siilo (kpl)	MAJ-siilo (kpl)	Yhteensä (m ³)
Bitumoituu jäte	7097	1420	6830		1366
Muu voimalaitosjäte					
– tynnyreissä	6338	1112		6077	1060
– teräslaatikoissa	455	632	5	450	632
– betonilaatikoissa	223	1159	19	189	1082
– pakkaamaton		360			
Yhteensä		4683			4140

seja, varastoidaan laitosyksiköillä ja jäteöljyä KPA-varastolla. Osa metallimosta 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 2004 lopussa yhteensä 18 m³, voitaneen vapauttaa myöhemmin valvonnasta uusiokäyttöä varten.

Voimalaitosyksiköiden jäterakennuksiin mahtuu nykyisin noin 1000 tynnyriä kumpaankin. MAJ-varastossa varastoidaan enimmäkseen vain hyvin vähäaktiivisia huoltojättesäkkejä ja romua, jotka on tarkoitus vapauttaa valvonnasta. KAJ-varastoon voidaan sijoittaa tynnyreitä, laatikoita ja suurikokoisia kontaminoituneita metallikomponentteja noin 6000 tynnyriä vastaava määrä.

VLJ-luolan keskiaktiivisten jätteen siilon kapasiteetti tynnyreinä (200 l) on 17 360 tynnyriä ja vähäaktiivisten jätteen siilon 24 800 tynnyriä eli yhteensä noin 8400 m³ tynnyreihin pakattuja voimalaitosjätteitä, joka vastaa Olkiluodon kahden laitoksen 40 vuoden käytöstä kertyvää jättemäärää. Alueen kallioperään voidaan tarpeen vaatiessa rakentaa lisää loppusijoitustiloja VLJ-luolan laajenuksena.

Säteilyturvakeskuksen hallussa olevat ns. pienjätteet varastoidaan erillisen sopimuksen nojalla Olkiluodon VLJ-luolaan. Pienjätteet koostuvat lähinnä sairaaloissa, tutkimuslaitoksissa ja teollisuuslaitoksissa käytetyistä radioaktiivisista aineista. Tähän mennessä on VLJ-luolaan kertynyt vajaa 45 m³ pienjätettä.

Voimalaitosjätteisiin liittyvät tutkimukset

Vähäaktiivisen huoltojätteen mikrobiologista hajoamista tutkitaan suuren mittakaavan kokeessa VLJ-luolan louhintatunnelissa. Hanke käynnistyi EC:n ydinfissioturvallisuusohjelman 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.

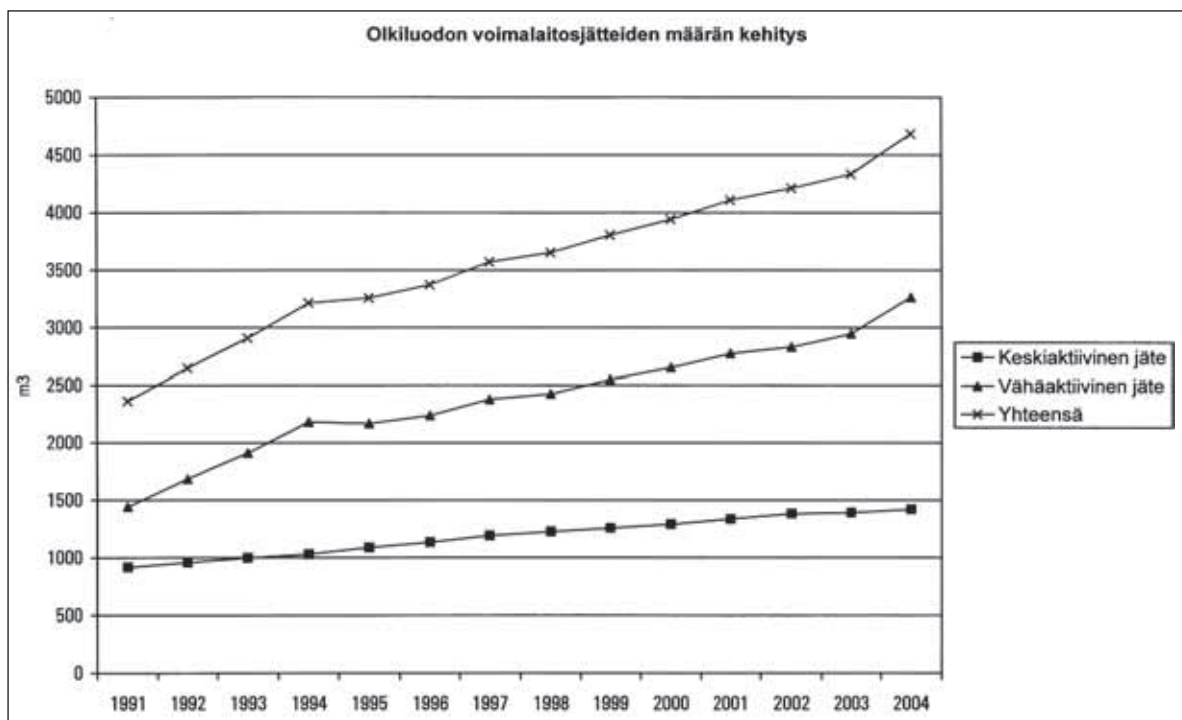
Kaasunkehityskokeen tankin pH on pysynyt tankin pohjalla suunnilleen ennallaan ja jonkin verran alentunut tynnyreiden kansitasolla. Viljeltävissä olevien mikrobien määrä vaikuttaa raportointijakson aikana kohonneen

sekä biohajoavaa että biohajoamatonta jätettä sisältävissä tynnyreissä. Jättemateriaalit ovat visuaalisen tarkastelun perusteella säilyneet enimmäkseen ennallaan. Hiiliteräslävyn korrodoituminen on biohajoavaa jätettä sisältävässä tynnyrissä merkittävästi nopeampaa kuin kokeen muissa tynnyreissä.

Tankin dominoiva mikrobilajisto on muuttunut kokeen aikana ja pinta- ja pohjataso populaatiot eroavat toisistaan. Tulosten sekvenssien vertailutietojen perusteella voidaan olettaa, että monet tankin vedessä esiintyvät mikrobit eivät edusta tunnettuja lajeja. Vuonna 2004 VTT:n Bio- ja elintarviketekniikka teki kahden vesinäytteen mikrobiologiaa määrittäviä sekä suoritti 5 kapselin kiintoaineiden mikrobiologisen analysoinnin.

Kaasunkehityskokeen mallinnuksesta on sovittu TVO:n ja BNFL:n välillä seuraavaa: TVO saa mallinnuksen ja BNFL:n kokeen tulokset käyttöönsä. Sopimus on edelleen tarkastettavana BNFL:ssä.

Koetankin kalsium- ja magnesiumipitoisuudet ovat kasvaneet vähän. Rautapitoisuus oli vuonna 2004 melkein kolminkertainen vuoden 2003 tuloksiin nähden. Ammoniumipitoisuus on kasvanut edelleen. Kaasuista metaani on pääkaasu. Kumulatiivi-



nen kokonaiskaasumäärä oli syyskuussa 2004 5250 l. Kuukausittainen tuotto on noin 50–70 l eli edelleen selvästi turvallisuusanalyysissä käytetyn arvon alapuolella.

VLJ-luolan käytönaikaiset tutkimukset

VLJ-luolan kalliotilojen käytönaikainen seuranta jatkui vuonna 2004 aiemmin laaditun tutkimus- ja seurantaohjelman mukaisesti. Ohjelmassa tehdään kolmen vuoden välein laajat mittaukset ja tarpeen vaatiessa lisämittauksia. Laajempi mittausohjelma suoritettiin edellisen kerran vuonna 2003. Pohjavesiaseman PVA2 veden kemialla on seurattu vuosittain. Olkiluodon VLJ-luolan pohjavesiasemien veden laatua on seurattu 1980-luvun loppupuolelta alkaen.

Keväällä 1993 asennettiin Olkiluodon VLJ-luolan tutkimustunneliin kymmenen tutkimuspulttia kallio-pulttien korroosionopeuden selvittämiseksi. Tutkimuksen tavoitteena on saada tietoa sinkittyjen kallion lujituspulttien korroosionkestosta Olkiluodon VLJ-luolan olosuhteissa sillä oletuksella, että kallio-pultteja suojaa- van sementtilaastin oletetaan täysin menettäneen suojausominaisuutensa. Ensimmäinen tutkimuspultti irtikairattiin vuonna 1996 ja toinen vuonna 2004.

Koska kallio-pultit ovat säilyneet hyvin muuttumattomina aloitettiin tukitestit sinkityn teräksen korroosio-käyttäytymisen 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 näytteiden korroosionopeus ei ollut odotetun kaltainen päätettiin näytteet siirtää louhintatunnelissa sijaitsevaan kairanreikään (VLJ-KR9). Uuden sijoitusreiän vesikemiaa ja olosuhteita selvitettiin keuhällä 2002 ja 18 kpl uusia sink-

kipinnoitettuja teräslevyjä ja 16 kpl sinkkilevyjä asennettiin paikoilleen betonikappaleiden kanssa syyskuussa 2002. Sijoitusreiän vesikemiaa seurataan vuosittain. Yhden koevuoden jälkeen sinkkipinnoitetuissa teräslevynäytteissä ei ollut havaittavissa korroosiota. Sinkkilevyjen (3 vuotta) korroosio ei ollut edennyt uudessa koepaikassa. Vuonna 2004 ei näytteitä kerätty vaan sinkkipinnoitetut teräslevyt ja sinkkilevyt tarkistettiin visuaalisesti.

LOVIISAN VOIMALAITOS

Toimintaperiaate ja aikataulu

Keski- ja vähäaktiivinen voimalaitos-jäte käsitellään ja varastoidaan voimalaitoksella. Käytetyt ioninvaihtohartsit ja haihdutusjätteet varastoidaan toistaiseksi kiinteitämättä nestemäisten jätteiden varaston säiliöissä.

Vuoden 1997 lopulla aloitettiin sementointiin perustuvan kiinteytyslaitoksen alustavan turvallisuusselostuksen (PSAR) laadinta. Alustava turvallisuusselostus toimitettiin vuoden 2000 alussa STUK:lle hyväksyttäväksi ja se hyväksyttiin keuhällä 2001. Kiinteytyslaitoksen esisuunnittelu käynnistyi vuonna 2002, toteutus-suunnittelu loppuvuodesta 2003 ja rakentaminen alkoi alkuvuodesta 2004. 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 kalloperään rakennettuihin tiloihin. Loppusijoitustila otettiin välivarastokäyttöön keuhällä 1997. Käyttölupa loppusijoitustilalle saatiin keuhällä 1998 ja tila on käytössä huoltojätteiden loppusijoitustilana vuoden 1999 kesästä alkaen.

Nykytilanne varastoinnissa

Vuonna 2004 Loviisan voimalaitoksella tehtiin voimalaitosjätteiden käsittely- ja varastointitilojen parantamista koskeva selvitys. Muistio jätteiden käsittelyn ja varastoinnin nykytilanteesta sekä tulevaisuuden suunnitelmista toimitettiin STUK:lle joulukuussa 2004. Tärkeimmistä voimalaitosjätteiden käsittelyn ja varastoinnin muutoksista voidaan esittää seuraavaa:

- Vuosina 1995–2003 syntyneet ja nyt valvonnasta vapautetut jätteet toimitettiin vuonna 2004 Keltakan-kaan jätekeskukseen Kymenlaakson Jäte Oy:lle.
- Dekontaminoitu sekä muu puhdas metallijäte välivarastoidaan entiseen hiekkapuhallushalliin odottamaan valvonnasta vapautusta. Näin LO1:n metalliromuvarastosta saadaan tiloja huoltojätetyynnyreille, jätepakkaamoon saadaan tilaa, liuotinjätteiden kiinteytysimeytys voidaan suorittaa keuhällä 2005 sekä jätepakkaamon 1A0343 alapuoliset tilat vapautuvat aktiivisempien huoltojätetyynnyrien, öljyjen ja liuottimien välivarastoiksi. Nyt jätteiden lajittelupöytä ja säkki-monitori voidaan ottaa käyttöön jätepakkaamossa. STUK hyväksyi suunnitelman joulukuussa 2004.
- Voimalaitoksen käytön aikana on kertynyt noin 9 m³ erilaisia vähä-

- aktiivisia liuotinjätteitä, pääosin moottorinpesuainetta. Liuotinjätteen kiinteytys-imeytys tehdään lokakuussa 2005 erityisellä kiinteytysaineella 200 litran tynnyreihin vastaavalla tavalla kuin Olkiluodon voimalaitoksella on tehty jo vuosikautia. STUK hyväksyi suunnitelman elokuussa 2004.
- LO1:n metalliromuvarastoon 1A0901 asennettiin siltanosturi vuonna 2004.
 - Voimalaitokselle tulevien ja voimalaitokselta lähtevien ajoneuvojen aktiivisuus- ja annosnopeusmittauslaitteiston (portti-monitorin) toteutuksen suunnittelu aloitettiin syksyllä 2004.
 - Loppusijoitustilan toisen vaiheen rakennus- ja asennustyöt tehdään vuosina 2004–2006. Marraskuussa 2004 aloitettiin jo aikaisemmin valmiiksi louhitun huoltojätteiden tila 2:n (HJT2) viimeistelytyöt ja tämä tila otetaan loppusijoituskäyttöön viimeistään toukokuussa 2005. Jo aikaisemmin louhitun kiinteytetyn jätteen loppusijoitustilan (KJT) rakennus- ja asennustyöt alkavat maaliskuussa 2005 ja ne valmistuvat, yhdessä loppusijoitustiloihin rakennettavan vuotovesialtaan kanssa, loppuvuodesta 2006. KJT:tä tarvitaan kiinteytyslaitokselta vuoden 2006 lopusta alkaen valmistuvien jätepakkausten loppusijoitukseen.
 - Aktiivisten jätteiden kiinteytyslaitoksen rakentaminen alkoi alkuvuodesta 2004 ja se valmistuu aikataulun mukaan vuoden 2006 lopussa.

- Hanke vähäaktiivisten huoltojätteiden käsittely- ja varastointitilojen uusimiseksi/rakentamiseksi käynnistyi joulukuussa 2004. Esisuunnittelun valmistumisen jälkeen toimitetaan STUK:lle periaatesuunnitelma hyväksyttäväksi. Suunnitelma sisältää myös tynnyri-jätteiden gammaspektroskopisen mittauslaitteiston uusimisen.
- Vuoden 2004 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää alla olevasta taulukosta.

Loppusijoitustila

Loviisan voimalaitoksella syntyvä keski- ja vähäaktiivinen voimalaitosjäte loppusijoitetaan Hästholmenin saaren kallioperään rakennettuihin tiloihin. Fortum on tutkinut voimalaitosalueen kallioperän soveltuvuutta jätteiden loppusijoitukseen jo 1980-luvun alusta lähtien. Loppusijoituslaitoksen alustava turvallisuusseloste valmistui vuonna 1986. Säteilyturvakeskus hyväksyi turvallisuusselosteen ja antoi voimalaitoksen käyttöluopaehtojen 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 loppusijoitustila

lan käyttöluopakemus jätettiin. Loppusijoitustila otettiin välivarastokäyttöön keväällä 1997 ja loppusijoituskäyttöön kesällä 1999.

Loppusijoituslaitos muodostuu noin 1100 m pitkistä ajotunnelista ja noin 110 m:n syvyyteen rakennetuista tunneli- ja hallitiloista sekä porrasta 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.

Loppusijoitustilan toisen vaiheen rakennus- ja asennustyöt tehdään vuosina 2004–2006. Vuonna 2004 aloitettiin jo aikaisemmin valmiiksi louhitun huoltojätteiden tila 2:n (HJT2) viimeistelytyöt ja tämä tila otetaan loppusijoituskäyttöön alkuvuodesta 2005. Jo aikaisemmin louhitun kiinteytetyn jätteen loppusijoitustilan (KJT) rakennus- ja asennustyöt alkavat alkuvuonna 2005 ja ne valmistuvat, yhdessä loppusijoitustiloihin rakennettavan vuotovesialtaan kanssa, loppuvuodesta 2006. KJT:tä tarvitaan kiinteytyslaitokselta vuoden 2006 lopusta alkaen valmistuvien jätepakkausten loppusijoitukseen.

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

Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjätteet

	Kokonaisjättemäärä		Osuus varastokapasiteetista (%)	Aktiivisuus (GBq)
	Laitoksella/varastorakennuksissa (m ³)	Loppusijoitustilassa (m ³)		
Käytetyt ioninvaihtohartsit	445		50	13892
Haihdotusjätteet	614		58	390
Huoltojätteet	332	1234		487
Yhteensä	1391	1234		14769

Kesiumin erotuslaitos

Kesiumin erotuslaitoksella on vuoden 2004 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 haihdutusjätteiden sekä ioninvaihtohartsien kiinteytysreseptien tarkistusta nykyisillä rakennusmenetelmillä. Lisäksi saatiin koetuloksia pitkäaikaisäilytyksessä laboratoriossa olevista kiinteytys- tuotekappaleista, joista vanhimmat ovat jopa 21 vuoden ikäisiä.

Puolimittakaavaisiin loppusijoitusastioihin vuonna 1987 kiinteytetyn aktiivisen ioninvaihtohartsin säilytyskoe jatkui ja koetulokset raportoitiin vuonna 2004. Jätepakkaukset ovat olleet pohjavesisäilytyksessä Loviisan voimalaitoksella jo 18 vuotta ja ovat

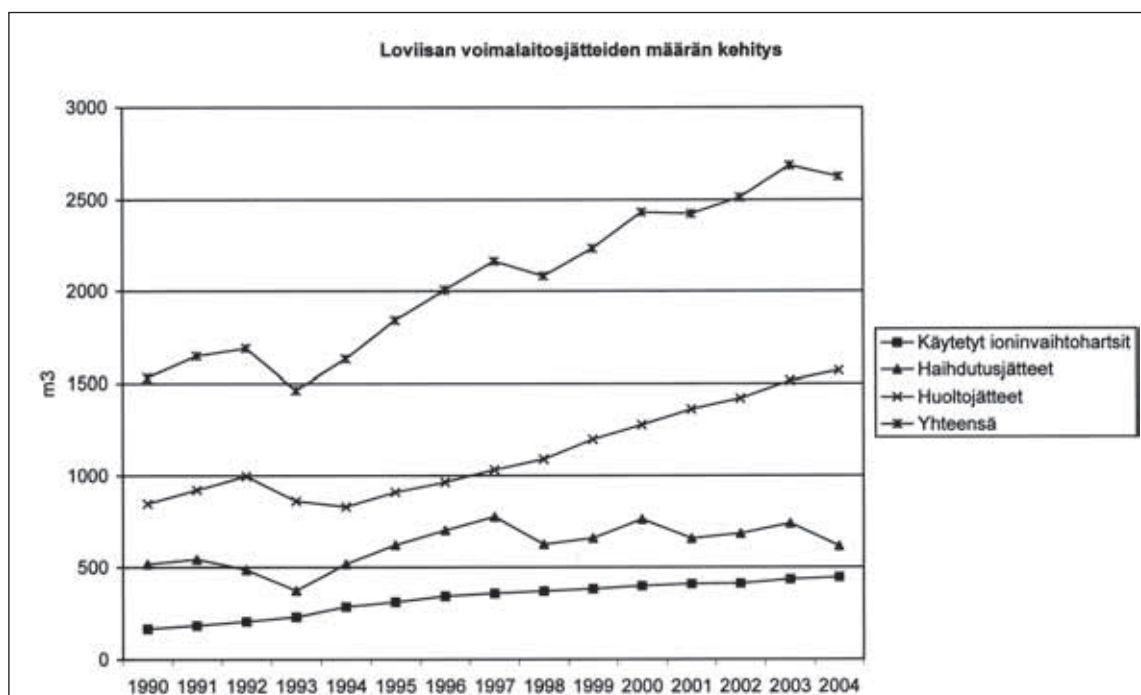
odotusten mukaisesti edelleen hyväkuntoisia. Astioiden betonipinnoissa ei ole havaittu rakenteellista vaurioitumista ja säilytysveden koostumus on ollut suhteellisen vakaa. Säilytysveden aktiivisuusmittauksissa ei myöskään ole havaittu merkkejä nuklidien vapautumisesta betoniastioiden sisältämästä kiinteytystuotteesta.

Täysimittakaavaiseen loppusijoitusastiaan kiinteytettiin vuonna 1980 inaktiivista Loviisan voimalaitoksella käytettyä vanhaa ioninvaihtohartsia. Loppusijoitusastiaa säilytettiin varastossa vuoden 1983 puoliväliin asti ja siitä lähtien sitä on säilytetty hitaasti virtaavassa makeassa vedessä Pyhäkosken voimalaitoksella. Loppusijoitusastian kuntoa on seurattu 1, 3, 5, 9, 13, 15 ja 21 vuoden säilytyksen jälkeen. Teräksisissä nostokorvakkeissa ja kiinnityksissä on selvästi havaittavissa ruostumista, mutta loppusijoitusastioiden betonipinnoissa ei ole havaittu rakenteellista vaurioitumista eikä korroosiota ole havaittu astian betoniraidoituksissa. Koetulokset raportoitiin vuonna 2004 yhdessä puolimittakaavaisten loppusijoitusastioiden koetulosten kanssa (ks. raporttiluettelo).

Loppusijoitustilan käytönaikaiset tutkimukset

Loppusijoitustilan käytönaikaisia tutkimuksia jatkettiin vuonna 2004 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 vuotovesialtaisuuteen ja varta vasten rakennettuun viitteen pohjavesiasemaan. Pohjavesikemian tutkimusohjelma käsitti vuonna 2004 vesinäytteenottoa ja analysointia pohjavesiasemista LPVA1 ja LPVA5. Kallioperäseuranta on tehty pääosin automatisoidulla kalliomekaanisella mittausjärjestelmällä.



Vuonna 2004 jatkettiin myös tilojen silmämääräistä kuntoseurainta.

Vuoden 2004 havaintojen mukaan pohjaveden pinta seuraa melko tarkasti meriveden korkeusvaihteluja, mikä on Hästholmenille tyypillinen piirre. Rakennusaikana pohjaveden pinta laski joitakin metrejä tilojen lähialueella, 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 pääosin tasovälillä -10...-80 m eli selvästi tilojen yläpuolella.

Vuotovesien johtokykymittaukset osoittavat, että vesi on edellisvuotista jonkin verran suolaisempaa johtokyvyn vaihdellessa tilojen eri osissa välillä 1000–1600 mS/m. Näin ollen loppusijoitustilat ovat käytännössä kokonaan suolaisen pohjaveden ympäröimiä. Pohjavesianalyyysien perusteella LPVA1:n useat parametrit (TDS, Cl, tiheys, sähkönjohtavuus, kovuus, SO₄, Na, Ca, Mg, K, Fe, NH₄) ovat vuosien kuluessa noudattaneet lievästi alenevaa trendiä, mutta nyt mittausarvoissa oli nähtävissä lievää kasvua, paitsi sulfaatin osalta, jonka pitoisuus on edelleen laskenut. LPVA5:n mittaustulokset ovat säilyneet vuosien kuluessa lähes vakioina

Pohjaveden painearvoissa näkyy

selvästi merenpinnan korkeusvaihteluiden vaikutus. Paine vaihtelee viidellä eri pohjavesiasemalla välillä 5...11 bar, vastaten kutakuinkin asemien syvyystason mukaista painetta.

Vuotovesien määrämittauksia tehtiin yhteensä seitsemässä pisteessä eri puolilla loppusijoitustiloja. Louhintojen valmistuttua vuonna 1996 oli kokonaisvuoto suurimmillaan noin 300 l/min, mistä se on melko tasaisesti laskenut ollen vuoden 2004 lopussa noin 100 l/min. Vuotomäärästä noin puolet tulee edelleen ajotunnelista ja puolet muista tiloista. Huoltojätetilat ovat mittaustulosten perusteella käytännössä kuivia.

Kalliomekaanisten mittausten tulokset osoittavat hyvin stabiileja olosuhteita. Kalliotilojen katoissa ja seinissä 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 turvallisuusselvitykset

Loviisan voimalaitoksen kiinteät jätteen loppusijoitustilan (KJT) rakennus- ja asennustyöt alkavat vuoden 2005 alussa ja ne valmistuvat, yh-

dessä loppusijoitustiloihin rakennettavan vuotovesialtaan kanssa, loppuvuodesta 2006. Loppusijoitustilojen turvallisuusanalyysin päivitys aloitettiin keväällä 2004 ja se valmistuu vuoden 2005 lopussa.

Kertomusvuoden aikana seurattiin kansainvälistä kehitystä voimalaitosjätteen loppusijoituksen osalta konferenssikäynnin ja ammattilehtien avulla.

YHTEISET SELVITYKSET

TVO:n ja Fortumin yhteishankkeena tutkitaan betonin pitkäaikaissäilyvyyttä loppusijoitusolosuhteissa Olkiluodon VLJ-luolassa ja Contesta Oy:n (entinen Fortum Teknologian) betonilaboratoriossa. Tutkimushanke koskee sekä voimalaitosjäte- että käytöstäpoistojätehuoltoa. Tutkimusta käsitellään kohdassa Käytöstäpoistoselvitykset (sivu 31).

KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET

OLKILUODON VOIMALAITOS

Keskiaktiiviseksi voimalaitosjätteeksi luokiteltavat käytetyt reaktorin sisäosat loppusijoitetaan pääosin vasta käytöstäpoiston yhteydessä. Osia säilytetään laitosyksiköiden vesialtassa ja niistä pidetään erillistä inventaaria. Vuoden 2004 loppuun mennessä Olkiluodon voimalaitoksella oli kertynyt mm. säätösauvoja 263 kpl ja sydäninstrumentteja 227 kpl. Reaktorihallin altaisiin varastoitujen käytettyjen höyrynerottimien ja sydänritilöiden romutus ja loppusijoitus VLJ-luolaan on aloitettu. OL2:n höyrynerotin on purettu ja erotinryhmät on loppusijoitettu VLJ-luolaan.

Olkiluodon voimalaitoksen käytöstäpoiston suunnitelma laadittiin vuonna 2003 ja suunnitelma päivitetään seuraavan kerran vuonna 2008. Suunnitelman mukaan voimalaitosyksiköiden reaktoripaineastiat irrotetaan ja loppusijoitetaan kokonaisina. Vuoden 2003 suunnitelma perustui voimalaitosten noin 40 vuoden käyttöön ja noin 30 vuoden valvottuun säilytykseen ennen purkua. Jatkossa suunnitelmat tullaan laatimaan olettaen laitosten käyvän 60 vuotta. Käytöstäpoistosta syntyvät keski- ja vähäaktiiviset jätteet sekä voimalaitoksen käytön aikana kertyneet käytetyt reaktorin sisäosat loppusijoitetaan nykyisen suunnitelman mukaan VLJ-luolan laajennusosaan.

Käytöstäpoistosiselvitykset tähtäävät purkus suunnitelman teknistaloudelliseen kehittämiseen ja loppusijoituksen turvallisuusarvion lähtötietojen tarkentamiseen. Voimalaitoksen purkujätteen aktiivisuusinventaarin kehittämiseksi jatkettiin aktiivisuusmittauksia laitoksen eri järjestelmistä. Aktivoituneen materiaalin in-

ventaari tullaan päivittämään vuonna 2005 vastaamaan 60 vuoden käyttöikä.

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. Tietokannan päivitys tullaan aloittamaan vuonna 2005.

Pitkäaikaiset hiiliteräksen korroosio-kokeet VLJ-luolan louhintatunnelissa käynnistyivät loppuvuodesta 1998. Kokeet toteutetaan yhdessä betonitutkimuksen kanssa siten, että osa hiiliteräspaloista on sijoitettu samaan kairanreikään (VLJ-KR21) betonikoekappaleiden kanssa ja osa on omassa kairanreiässään (VLJ-KR19). Laboratoriokokeet betonivesi- ja kalliopohjavesiympäristössä käynnistyivät keuhällä 1998. Hiiliteräsnäytteiden korroosionopeus määritetään painohäviöstä ja vetykaasun volyymetrin mittauksen avulla. Lisäksi kairanreikien vesikemiaa seurataan kuukausittain tehtävillä pH- ja johtokyky mittauksilla, joiden lisäksi vesinäytteet kerätään vuosittain ja tehdään tietyt kemialliset analyysit.

Olkiluodon VLJ-luolan kairanreistä VLJ-KR21 on tutkittu näytteitä enimmillään noin 4,5 vuoden koeajalta. Painohäviöiden perusteella lasketut teräksen syöpymisnopeudet olivat alussa hitaita (noin 1 $\mu\text{m}/\text{a}$), mutta tämän jälkeen korroosionopeudet olivat noin 10–19 $\mu\text{m}/\text{a}$. Korroosion kiihtymisen on aiheuttanut sulfaatteja pelkistävien bakteerien (SRB) toiminta kairanreiässä. Vuonna 2004 VLJ-KR21:n näytteet tarkastettiin koepaikalla visuaalisesti, mutta painohäviömittauksia ei tehty.

Vuonna 2001 aloitettiin kokeet hiiliteräsluolilla ilman potentiaalisia mikrobiravinnelähteitä kairanreiässä, missä anaerobisia sulfaatteja pelkistäviä bakteereja ei ole todettu. Vuonna 2004 kairanreistä VLJ-KR19 otetun teräsnäytteen pinnalta sen sijaan todettiin sulfaatteja pelkistäviä bakteereja (SRB). Levyjen syöpymisnopeus oli ensimmäisen koevuoden aikana noin 1 $\mu\text{m}/\text{a}$ ja toisen koevuoden jälkeen noin 1,6 $\mu\text{m}/\text{a}$. Nyt tutkituissa näytteissä syöpymisnopeus oli jälleen noin 1 $\mu\text{m}/\text{a}$, joten olosuhteet kyseisessä kairanreiässä ovat ilmeisesti stabiilit SRB-kontaminaatiosta huolimatta. Hiiliteräksen korroosio on painohäviötulosten perusteella edelleen vähäistä, joskin paikallisesti on tapahtunut voimakasta syöpymistä.

Olkiluodon kallioperässä YD10-reiässä sijaitsevat näytteet ovat osa vuonna 1985 alkaneita pitkäaikaiskokeita, joissa on selvitetty purkujättemetallien käyttäytymistä, korroosio-ominaisuuksia ja kaasunkehitystä koekappaleiden sisälle valetuilla metallinäytteillä. Vertailubetonin lisäksi näytteitä oli silikabetonissa ja sulfaattikestävissä betonissa. Vuonna 2003 poistetuista näytteistä tutkittiin yksi sarja. Betonin alta paljastuneet terästankot ovat suurimmaksi osaksi ruosteettomat, ja ruostetta on pääasiassa tangon päädyissä. Teräksen korroosio on ollut vähäistä vertailubetonissa. Silikabetonissa ollut terästanko oli eniten ruosteessa, mutta tangon päiden syöpyminen on voimakkainta sulfaatinkestävissä betonissa. Vertailubetonissa ja silikabetonissa olleiden terästankojen korroosionopeus on syöpymäkuopissa 8–10 $\mu\text{m}/\text{a}$ ja sulfaattikestävissä betonissa noin 20 $\mu\text{m}/\text{a}$.

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 2004 loppuun mennessä Loviisan voimalaitoksella oli käytettyjä suojaelementtejä 146 kpl, absorbaattoreita 207 kpl, neutronivuoantureita 204 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 vastaavissa kanavissa.

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 käyttöikää 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 aikatauluihin. Myös voimalaitoksen käyttöikää 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.

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

Vuonna 2004 aloitettiin selvitys Loviisan rakentamisen yhteydessä valuuun jääneiden kontaminoituneiden viemärivesiputkien purkamisessa syntyvistä jätemääristä ja kustannuksista. Selvitys valmistuu vuonna 2005.

Biologisen suojan purkusuunnitelman päivitystä varten on vuonna 2003 otettu betoninäytteitä ja ne on pantu säteilytykseen. Vuonna 2004 on jo saatu näytteistä lisätietoja ja tutkimukset jatkuvat, jotta vuoden 2008 käytöstäpoistosuunnitelmaan saadaan sisällytettyä biologisen suojan päivitetty purkusuunnitelma.

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 vuonna 1997 alkaneessa yhteishankkeessa tutkitaan betonin pitkäaikaiskäyttöä loppusijoitusolosuhteissa Olkiluodon VLJ-luolassa (VLJ-KR20 ja VLJ-KR21) ja Contesta Oy:n Myyrmeen betonilaboratoriossa. Posivan koordinoimana aloitettu tutkimushanke

koskee sekä voimalaitosjäte- että käytöstäpoistojätehuoltoa. Vuonna 2003 projektin koordinoivastuu siirtyi TVO:lle. Tutkimuksen tarkoituksena on pyrkiä arvioimaan realistisesti betonin pitkäaikaiskäyttöä ja rapautumista käyttöolosuhteita vastaavissa kallio pohjavesiolosuhteissa. Tavoitteena on selvittää nykyaikaisen betonimateriaalitekniikan keinoin suunniteltujen, koostumukseltaan erilaisten betonien säilyvyyttä ja käyttöikää todellisissa loppusijoitusolosuhteissa ja kiihdytetyissä laboratorio-olosuhteissa. Erityisesti pyritään selvittämään vallitsevilla olosuhteissa parhaiten säilyvät betonikoostumukset, joilla pystytään täyttämään asetetut käyttöikävaatimukset.

Vuoden 2004 aikana on suoritettu betonin osamateriaalikoekkeista betoniteknisistä peruskokeista ainetta rikkoavia testejä, muodonmuutosmittauksia ja mikrorakenneanalyysjä. Pitkäaikaiskoekkeista laboratoriossa tutkittiin koebetoneiden karbonatisoitumista, aggressiivisten aineosasten tunkeutumista ja tehtiin mikrorakenneanalyysjä sekä mikrorakennekarttoja valituista koebetoneista siltä osin kuin koekappaleita oli jäljellä. Lisäksi pitkäaikaiskoekkeista betonien laboriokokeiden säilytysaltaan vesi analysoitiin kuuden vuoden säilytysjakson jälkeen.

Pitkäaikaisissa kenttäkoekkeissa kairanreiän VLJ-KR20 betonikoekappaleista otettiin näytteet syksyllä 2004. Koebetoneista tutkittiin aggressiivisten aineosasten tunkeutumista sekä tehtiin mikrorakenneanalyysjä. Kairanreiässä VLJ-KR21 oleville betonikoekappaleille tehtiin visuaalinen tarkastus. Kuten jo aikaisemmin todettiin käytöstäpoistoselvityksissä hiiliteräsnäytteiden kohdalla, niin kairanreikien (VLJ-KR19–21) vesikemiaa seurataan kuukausittain tehtävillä pH- ja johtokyky mittauksilla, joiden lisäksi vesinäytteet kerätään vuosittain ja tehdään tietyt kemialliset analyysit.

VIESTINTÄ JA YHTEYDENPITO

ONKALOn urakoitsijan valinta, louhinnan aloittaminen ja tunnelitöiden eteneminen ovat olleet ulkoisen tiedottamisen aiheina toimintavuoden aikana. ONKALOn rakentamista esiteltiin myös ympäristöalan messuilla Helsingissä

Syksyllä Olkiluodossa järjestettiin suurelle yleisölle avoimien ovien päivä, jonka yhteydessä ONKALOn rakentamiseen kävi tutustumassa noin 1000 vierasta pääasiassa Eurajoen ja Rauman alueelta.

ONKALOon liittyvää viestintämateriaalia on tuotettu toimintavuoden aikana runsaasti. Esitteiden lisäksi on tuotettu DVD-formaattiin tallennettu animaatio, joka havainnollistaa ONKALOn rakentamisen tekniikkaa ja töiden etenemistä. ONKALOn rakentaminen ja sen tuoma muutos Posivan toimintaan on ohjannut myös Internet-sivujen visuaalista ja sisällöllistä kokonaisuudistusta.

Uusi Rauma-lehden sekä Porin Sanomien liitteenä ilmestyvässä Posiva Tutkii -lehdessä on käsitelty ONKALOn rakentamistöiden valmistelua ja louhinnan etenemistä.

LAADUN JA YMPÄRISTÖN HALLINTA

Posivan toiminta tähtää ydinjätehuollon turvalliseen toteuttamiseen sen omistajien ja muiden asiakkaiden tarpeiden mukaisesti, ympäristöä suojellen ja yhteiskunnan asettamat vaatimukset täyttäen. Posiva on kehittänyt laatua yhtiön perustamisesta lähtien. Posivassa yrityksen toimintaa ohjaa toimintajärjestelmä, jonka tarkoituksena on varmistaa toiminnan järjestelmällisyys ja tavoitteiden saavuttaminen yrityksen strategian mukaisesti. Vuoden 2004 aikana toimintajärjestelmään kuvattiin yrityksen pää-, tuotanto- ja tukiprosesseja. Syksyllä 2004 pidettiin tukiprosessien osalta itsearviointitilaisuus, jossa etsittiin kyseisten prosessien oleellisia kehityskohteita.

Vuoden 2004 aikana järjestelmän toimivuutta ja luotettavuutta suhteessa tavoitteisiin on arvioitu Posivan sisäisissä auditoinneissa. Sisäiset auditoinnit kohdistuivat mm. riskienhallintaan ja yrityksen ympäristönäkö-

kohtiin. Auditointien tuloksena löydettiin oleellisia kehityskohteita toiminnan ja toimintajärjestelmän kehittämiseen.

Vuoden aikana arvioitiin 18 toimittajan kykyä suoriutua teknisistä, taloudellisista, laatu- ja ympäristövaatimuksista. Käytössä olevat toimintajärjestelmät ja niiden kehitystyön näkymät kartoitettiin. Vuoden aikana 13 organisaation 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 laadunvarmistusohjelman laatimiseen sekä toimintaa tukevan ohjeistuksen määrittämiseen.

ONKALOn rakentamisen laadunvarmistusta on kehitetty määrit-

telemällä pitkäaikaisturvallisuuden kannalta merkittävät rakentamisen aikaiset toiminnot ja jakamalla nämä merkittävyyden perusteella kolmeen luokkaan. Pitkäaikaisturvallisuuden kannalta merkittävimpään luokkaan katsottiin kuuluvaksi: haitallisten aineiden joutuminen ONKALOn, vesivuotojen hallinta, ONKALOn alueella tehtävät kairaukset ja louhinnan aiheuttama vauriovyöhyke (EDZ). Näille toiminnoille laadittiin erilliset asianmukaiset laadunvalvontaohjeet.

TVO:n ja Fortumin osalta ydinjätehuolto kuuluu ydinenenergia-asetuksen 36 §:n ja YVL-ohjeiden 1.1 ja 1.9 mukaisten Säteilyturvakeskuksen hyväksymien ydinvoimalaitosten laadunvarmistusohjelmien piiriin. Ympäristön hallintaan molemmilla ydinvoimalaitoksilla on sertifioitu ISO 14001 standardin mukainen ympäristöjärjestelmä.



KUSTANNUKSET

TUTKIMUKSET

Ydinjätehuollon tutkimusohjelman kokonaiskustannukset olivat noin 14,3 miljoonaa euroa. Vuoden 2004 tutkimusohjelmassa kustannuksiksi

arvioitiin noin 11,2 miljoonaa euroa. Ohjelma toteutui pääosin suunnitelmien mukaisesti.

Edellä esitettyihin kustannuksiin eivät sisälly Tekesin tukemat Posivan tutkimustoimeksiannot.

YHTEENVETO TUTKIMUSTEN KUSTANNUKSISTA VUONNA 2004

Tutkimuskohde	Kustannukset (milj. euroa)
Suunnittelu, koordinointi ja tiedotus sekä yleisselvitykset	0,5
Käytetyn polttoaineen ja runsasaktiivisen jätteen huolto	13,5
Keski- ja vähäaktiivisen jätteen huolto	0,1
Käytöstäpoisto ja purkujäte	0,2
Yhteensä	14,3

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 2004 rahastotavoite oli 763,8 miljoonaa euroa ja Fortumin rahastotavoite vastaavasti 570,2 miljoonaa euroa.

KTM vahvisti TVO:n ydinjätehuollon vastuumääräksi vuoden 2004 lopussa 792,7 miljoonaa euroa ja sen

perusteella vuoden 2005 rahastotavoitteeksi 792,7 miljoonaa euroa. Fortumin ydinjätehuollon vastuumääräksi KTM vahvisti 596,4 miljoonaa euroa ja vuoden 2005 rahastotavoitteeksi 596,4 miljoonaa euroa.

RAPORTTILUETTELO 2004

POSIVA 2004-01

Reduction of Uranyl Carbonate and Hydroxyl Complexes and Neptunyl Carbonate Complexes Studied with Chemical-Electrochemical Methods and Rixs Spectroscopy
Sergei Butorin, Joseph Nordgren
Uppsala University
Kaija Ollila

VTT

Yngve Albinsson

Chalmers University of Technology

Lars Werme

SKB

Toukokuu 2004

ISBN 951-652-127-4

33 s.

POSIVA 2004-02

Modelling Gas Migration in Compacted Bentonite: GAMBIT Club Phase 3 Final Report
A. R. Hoch, K. A. Cliffe, B. T. Swift, W. R. Rodwell

Serco Assurance

Huhtikuu 2004

ISBN 951-652-128-2

144 s.

POSIVA 2004-03

Dissolution rates of unirradiated UO_2 , UO_2 doped with ^{233}U , and spent fuel under normal atmospheric conditions and under reducing conditions using an isotope dilution method

Kaija Ollila

VTT Processes

Yngve Albinsson

Chalmers Technical University

Virginia Oversby

VMO Konsult

Mark Cowper

AEA Technology

Joulukuu 2004

ISBN-951-652-129-0

110 s.

POSIVA 2004-04

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusriskitarkastelun päivitys
Vesa Suolanen, Risto Lautkaski, Jukka Rossi, Tapio Nyman, Tony Rosqvist, Sanna Sonninen

VTT Prosessit

Toukokuu 2004

ISBN-951-652-130-4

156 s.

POSIVA 2004-05

Localisation of the SR 97 Process Report for Posiva's Spent Fuel Repository at Olkiluoto

Editor:

Kari Rasilainen

Toukokuu 2004

ISBN-951-652-131-2

168 s.

POSIVA 2004-06

Future Climate Scenarios for Olkiluoto with Emphasis on Permafrost

Jannika Cedercreutz

Teknillinen korkeakoulu

Joulukuu 2004

ISBN-951-652-132-0

72 s.

Fortum Power and Heat Oy,

TJATE-G12-00082

Long-term durability experiments with concrete-based waste packages in simulated repository conditions

Ari Ipatti and Juha Ratvio

Contesta Oy

Vantaa, December 2004

83 s.

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
www.posiva.fi