



Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto

Yhteenveto vuoden 2012 toiminnasta

Tiivistelmä

Tämä raportti on yhteenveto vuoden 2012 toiminnasta Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuollossa. Yhteenveto sisältää ydinenergialain ja -asetuksen mukaisen selvityksen voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2012.

Vuonna 2000 valtioneuvosto teki Posivan hakemuksesta periaatepäätöksen käytetyn polttoaineen loppusijoituksesta Eurajoen Olkiluotoon. Vuonna 2003 kauppaja- ja teollisuusministeriö päätti, että kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa on haettava vuoden 2012 loppuun mennessä. Posiva jätti rakentamislupahakemuksen työ- ja elinkeinoministeriölle vuoden 2012 lopussa. Hakemus koostui ydinenergia-asetuksen edellyttämistä selvityksistä mm. yhtiöön, sijoituspaikkaan, rakennettavaan laitospakettiin, suunnittelu- ja turvallisuusperiaatteisiin sekä turvallisuusmerkitykseen liittyen. Lisäksi hakemukseen liitettiin aikaisemmissa periaatepäätöksissä edellytetyt selvitykset kuljetuksiin, palauttavuuteen ja ympäristövaikutuksiin liittyen. Hakemuksen jättämisen yhteydessä Säteilysuojelukeskukselle (STUK) toimitettiin ydinenergia-asetuksen sekä valtioneuvoston asetuksen ja STUKin YVL-ohjeiston rakentamislupavaiheissa edellyttämät selvitykset.

Vuonna 2012 käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelu eteni TKS-2009-ohjelman mukaisesti. TKS-2009-ohjelma sisältää selvityksen suunnitelluista toimenpiteistä ja niiden valmistelusta vuosina 2010–2012. Vuoden 2012 syyskuussa toimitettiin ministeriöön YJH-2012-ohjelma, joka kuvaa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyön nykytilaa ja tarkempia suunnitelmia vuosille 2013–2015.

Vuoden 2012 aikana louhittiin ONKALO-laajuuteen määritellyt tilat lähes kokonaan valmiiksi. ONKALON

ja loppusijoituslaitoksen pääpiirustukset valmistuivat joulukuussa 2012 ja ne liitettiin rakentamislupahakemusaineistoon. ONKALON rakentamisen painopiste siirtyi vuoden aikana tunnelilouhinnasta rakentamiseen ja taloteknisiin varusteluihin.

Olkiluodon alueen tutkimukset jatkuivat vuonna 2012 mm. kairareitistä ja tutkimuskaivannoista kerättyjen tietojen avulla. Tutkimusten avulla saadaan tietoa alueen kallioperän ja pohjavesien ominaisuuksista. ONKALON geologinen kartoitus eteni edellisvuosien tapaan louhinnan tahdissa. Erilaisia tutkimuksia tehtiin vuoden aikana sekä ONKALON tutkimustiloissa että demonstraatio- ja muissa tiloissa.

Olkiluodon tutkimusalueen geotieteellistä mallinnusta koordinoi Olkiluoto Modelling Task Force -ryhmä, jonka työ käsittää eri tutkimusalojen (geologia, geofysiikka, hydrogeologia, hydrogeokemia ja kalliomekaniikka) paikan ymmärtämiseen tähtäävän tulkinta- ja mallinnustyön. Vuoden 2012 lopussa julkaistiin paikan kuvauksen integroiva ja kokoava raportti.

ONKALON rakentamisen aiheuttamia mahdollisia pitkäaikaisia muutoksia seurataan tätä varten erikseen perustetun Olkiluodon monitorointiohjelman avulla. Ohjelman piiriin kuuluu kalliomekaaninen, hydrologinen, hydrogeokemiallinen sekä pintaympäristön ja vieraiden aineiden monitorointi. Monitorointitutkimuksista julkaistaan vuosittain tutkimusalaakohtaiset tulosraportit.

Sekä kapselointi- että loppusijoituslaitoksen suunnittelussa keskityttiin vuonna 2012 rakentamislupahakemusaineiston laadintaan. Vuoden aikana valmistui suunnitelmapäivityksiä sekä kapselointi- että loppusijoituslaitosten eri järjestelmistä. Asennus- ja siirtotekniikoiden kehitystyössä alettiin valmistaa kapselin asennusajoneuvon ja bentoniittipuskurin asennuslaitteen prototyyppejä.

Posiva on laatinut ydinsulkuvalvontakäsikirjan, jossa kuvataan ONKALON rakentamisen aikainen ydinsulkuvalvontatoiminta. Nykyisessä muodossaan käsikirja kattaa kapselointi- ja loppusijoituslaitosten rakentamislupahakemuksen käsittelyajan.

Kalliotilat-tehtäväkokonaisuuden työt liittyivät vuonna 2012 demonstraatiotilojen toteuttamiseen, koeloppusijoitusreikien poraamiseen, injektointiin ja lujitukseen sekä louhinnan vauriovyöhyke-tutkimusten toteutukseen.

Loppusijoituskapselin suunnitteludokumentaatiota päivitettiin vuoden 2012 aikana vastaamaan valmistuneiden tutkimus- ja kehitystöiden tuloksia ja rakentamislupahakemuksen taustaineistoille asetettuja vaatimuksia. Sekä kapselin valmistustekniikan että kapselin hitsin tarkastustekniikan kehitystyötä jatkettiin vuoden 2012 aikana yhteistyössä Svensk Kärnbränslehantering AB:n (SKB) kanssa. Kapselin sulkemishitsauksen kehitystyötä on jatkettu elektronisuihkuhitsausmenetelmään perustuen.

Bentoniittipuskurin kehitystyö jatkui vuoden 2012 aikana erilaisten tutkimusten sekä testien ja valmistustestauksen avulla. Viime vuosien puskurin suunnittelutyön tuloksena julkaistiin rakentamislupahakemukseen liittyen puskurin tuotantolinjaraportti vuoden 2012 lopussa.

Loppusijoitustunneleiden täyttötekniikan kehityksessä keskityttiin vuonna 2012 loppusijoitustunneleiden täyttösuunnitelman päivittämiseen ja täytön tuotantolinjaraportti viimeisteltiin. Raportti sisältää myös loppusijoitustunneleiden päätytulpan.

Vuonna 2012 turvallisuusperustelun tuottamisen keskeisiä tehtäviä oli usean rakentamislupahakemukseen liitetyn, Safety Case-raporttisalkkuun kuuluvan raportin koostaminen. Vapautumisesteiden toimintakyvyn tutkimukseen liittyen Posiva on totuttuun tapaan teh-

nyt vuoden aikana yhteistyötä suomalaisten ja ulkomaisten yritysten kanssa ja osallistunut useisiin kansainvälisiin projekteihin.

Posivan referenssiratkaisuna olevan pystysijoitusratkaisun rinnalla on yhdessä SKB:n kanssa jatkettu vaakasijoitusratkaisun kehitystyötä. Vuoden 2012 aikana mm. aloitettiin usean kapselin rikkoutumiseen liittyvät analyysit ja titaanin pitkäaikaisvuorovaikutuksiin liittyvä tutkimus. Vuoden 2012 aikana

on aloitettu myös kahden tuotantolinjaraportin laatiminen.

Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosjätteiden osalta jatkettiin vakiintuneita käytännön toimenpiteitä sekä tutkimus- ja selvityshankkeita. Olkiluodon voimalaitosjäteluolan (VLJ-luola) kalliotilojen käytönaikainen seuranta jatkui laaditun VLJ-luolan kalliooperän tutkimus- ja seurantaohjelman mukaisesti. Myös Loviisan voimalaitosjätteen loppusijoitustilan käytönaikaisia tutkimuksia jat-

kettiin vuonna 2012 seurantaohjelman mukaisesti.

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma päivitettiin viimeksi vuonna 2008. Vuoden 2012 aikana valmistuivat selvitykset mm. käyvien laitosten purkulaaajuuden uudelleen arvioimisesta sekä käytetyn polttoaineen varaston käytöstäpoistosta. Loviisan voimalaitosten käytöstäpoistosuunnitelman päivitys valmistui vuoden 2012 lopussa.

Sisällysluettelo

JOHDANTO	7
Ydinjätehuollon vastuut ja velvollisuudet	7
Ydinjätehuollon aikataulut	8
Nykytilanne käytetyn polttoaineen varastoinnissa	8
YJH-2012-ohjelma	9
Eurooppalainen yhteistyö	9
ONKALO	10
Suunnittelu	10
Rakentaminen	11
LOPPUSIJOITUSPAIKAN OMINAISUUDET JA SOVELTUVUUS	12
Olkiluodon kallioperän ja pintaympäristön kuvaus	12
Kenttätutkimukset	12
ONKALOSSA tehdyt tutkimukset	12
Mallinnus	15
Kallioluokittelu	16
Monitorointiohjelma	17
Kalliomekaniikka	17
Hydrologia	17
Hydrogeokemia	18
Pintaympäristö	19
Vieraat aineet	19
LAITOSSUUNNITTELU	20
Kapselointilaitos	20
Loppusijoituslaitos	21
Asennus- ja siirtotekniikat	21
YDINMATERIAALI- JA YDINSULKUVALVONTA	22
LOPPUSIJOITUSJÄRJESTELMÄ	23
Kalliotilat	23
Kapseli	24
Kapselin valmistus	25
Kapselin sulkeminen	25
Kapselin hitsin tarkastus	25
Puskuri	26
Tunnelien täyttö	26
Tilojen sulkeminen	28
TURVALLISUUSPERUSTELUN PÄÄKOHDAT JA TUOTANTOPROSESSI	29
Suunnitelma turvallisuustodisteiden tuottamisesta	29
Vapautumisesteiden toiminta	29
Ulkoiset olosuhteet	29
Polttoaine	30
Kapseli	30
Puskuri, loppusijoitustilan täyttö ja sulkeminen	31
Kallioperä vapautumisesteenä	31
Biosfääri	32

VAAKASIJOTUSRATKAISUN KEHITYS	33
LUVITTAMINEN JA MUU TOIMINTA.....	35
Rakentamislupahakemus.....	35
Muut vaadittavat luvat ja päätökset.....	35
Laadun ja ympäristön hallinta.....	36
Työturvallisuus.....	36
Tiedonhallinta.....	36
VOIMALAITOSJÄTTEIDEN HUOLTO.....	38
Olkiluodon voimalaitos.....	38
Toimintaperiaate.....	38
Nykytilanne varastoinnissa ja loppusijoituksessa.....	39
VLJ-luolan käytönaikaiset tutkimukset.....	40
Voimalaitos- ja käytöstäpoistojaätteisiin liittyvät tutkimukset.....	41
Loviisan voimalaitos.....	44
Toimintaperiaate.....	44
Loppusijoitustila.....	45
Kiinteytysmenetelmien tutkimukset.....	45
Loppusijoitustilan käytönaikaiset tutkimukset.....	46
Voimalaitosjätteen loppusijoituksen turvallisuusselvitykset.....	47
KÄYTÖSTÄPOISTOSELVITYKSET.....	48
Olkiluodon voimalaitos.....	48
Loviisan voimalaitos.....	48
VARAUTUMINEN YDINJÄTEHUOLLON KUSTANNUKSIIN.....	50
RAPORTTILUETTELO.....	51

Johdanto

Ydinjätehuollon vastuut ja velvollisuudet

Suomessa ydinenergiaa sähköntuotantoon käyttävien yhtiöiden, Teollisuuden Voima Oyj:n (jäljempänä TVO) ja Fortum Power and Heat Oy:n (jäljempänä Fortum) on ydinenergiain mukaisesti huolehdittava omistamiensa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätteiden huoltoon kuuluvista toimenpiteistä sekä vastattava niiden kustannuksista. Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) päättää periaatteista, joita ydinjätehuollossa on noudatettava. Periaatteet on esitet-

ty ministeriön päätöksissä 19.3.1991 (KTM), 26.9.1995 (KTM), 23.10.2003 (KTM) ja viimeiseksi Olkiluoto 3 -yksikön ydinjätehuoltojärjestelyistä 9.12.2011 (TEM). Nämä päätökset ovat lähtökohtana sekä ydinjätehuollon käytännön toteutuksessa että tulevia toimenpiteitä koskevassa tutkimus- ja kehitystyössä.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimus- ja kehitystyöstä sekä kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamisesta ja käytöstä huolehtii TVO:n ja Fortumin yhdessä omistama Posiva Oy (jäljempänä Posiva). Kaikista

matala- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden käsittelyyn ja loppusijoitukseen sekä voimalaitosten käytöstäpoistoon ja käytetyn polttoaineen välivarastointiin liittyvistä toimenpiteistä TVO ja Fortum huolehtivat erikseen.

Posiva huolehtii omistajiensa puolesta vuosittain tehtävän Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimaloiden ydinjätehuollon toimintakertomuksen laatimisesta. Käsillä on vuoden 2012 toimintakertomus, joka sisältää ydinenergiain ja -asetuksen mukaisen selvityksen kyseisten voimayhtiöiden ydinjätehuollon tilanteesta ja toimenpiteistä vuonna 2012.

Teollisuuden Voima Oyj:llä on Eurajoen Olkiluodossa kaksi kiehuvesireaktoria. Olkiluoto 1 (OL1) kytkettiin valtakunnan verkkoon ensimmäisen kerran syyskuussa 1978 ja Olkiluoto 2 (OL2) helmikuussa 1980. Vuonna 2012 OL1:n käyttökerroin oli 90,4 % ja OL2:n 96,9 %. OL1 ja OL2 -laitosyksiköiden sekä matala-aktiivisen 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. Olkiluotoon on rakenteilla myös TVO:n kolmas ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3 (OL3) ja uuden laitoshankkeen Olkiluoto 4 (OL4) valmistelutyöt etenevät vuonna 2010 saadun periaatepäätöksen mukaisesti.

Toimintavuonna 2012 OL1:llä toteutettiin loppuun historian suurimmat vuosihuoltotyöt, joista merkittävimpiä olivat suuret modernisointityöt. OL2:lla vastaavat muutokset toteutettiin vuonna 2011 ja 2012 oli vuorossa lyhyt polttoaineenvaihtoseisokki. OL1 ja OL2:n nimellistehoja nostettiin toteutetuilla modernisointityillä 860 MWe tehosta 880 MWe:hen.

Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitoksella on kaksi painevesireaktoria, kumpikin nimellisteholtaan 496 MWe (netto). Loviisa 1:n (LO1) kaupallinen käyttö alkoi toukokuussa 1977 ja Loviisa 2:n (LO2) tammikuussa 1981. Vuonna 2012 LO1:n käyttökerroin oli 83,8 % ja LO2:n 90,9 %. Toimintavuonna 2012 LO1:llä toteutettiin laaja, kahdeksan vuoden välein tehtävä vuosihuolto. LO2:lla toteutettiin lyhyt vuosihuolto.

Laitosyksiköiden LO1 ja LO2 sekä niiden ydinpolttoaine- ja ydinjätehuoltoon liittyvien laitosten käyttöluvut ovat voimassa LO1:n käyttämiseksi vuoden 2027 ja LO2:n vuoden 2030 loppuun saakka. Voimalaitosjätteiden loppusijoitustilan (VLJ-luola) osalta käyttö lupa on voimassa vuoden 2055 loppuun asti.



Ydinjätehuollon aikataulut

Posiva jätti vuoden 2012 lopussa kapasointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen valtioneuvostolle. Tavoitteena on aloittaa käytetyn polttoaineen loppusijoitus 2020-luvun alkupuolella. Tätä ennen käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosalueilla.

Ydinenergialain ja ministeriön päätösten mukaisesti kaikki Olkiluodon ja Loviisan laitosten käytetty polttoaine valmistaudutaan loppusijoittamaan Suomen kallioperään. Päätöksessään 23.10.2003 ministeriö asetti käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelujen aikataulun siten, että kapasointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa varten tarvittavat alustavat selvitykset ja suunnitelmat oli esitettävä vuonna 2009. Lopulliset selvitykset ja suunnitelmat oli varauduttava esittämään vuoden 2012 loppuun mennessä.

Joulukuussa 2000 valtioneuvosto teki periaatepäätöksen Posivan hakemuksesta käytetyn polttoaineen loppusijoituksesta Eurajoen Olkiluotoon. Eduskunta vahvisti päätöksen lähes yksimielisesti toukokuussa 2001. Periaatepäätös on voimassa 17.5.2016 asti.

Suomen viidennestä ydinvoimalaitosyksiköstä (OL3) tehtiin periaatepäätös vuonna 2002. Samassa yhteydessä tehtiin periaatepäätös käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamisesta laajennettuna siten, että myös OL3-laitosyksikön käytetty polttoaine voidaan sijoittaa sinne. OL3-laitosyksikön jätehuoltovelvoite alkaa vasta laitoksen käynnistyttyä. Sama koskee myös uusinta vuonna 2010 tehtyä periaatepäätöstä TVO:n OL4-laitosyksiköstä.

Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen valmistelu eteni vuonna 2012 vuoden 2009 syyskuussa julkaistun TKS-2009-ohjelman mukaan. Kuvassa 1 on esitetty ydinjätehuollon kokonaisaikataulu.

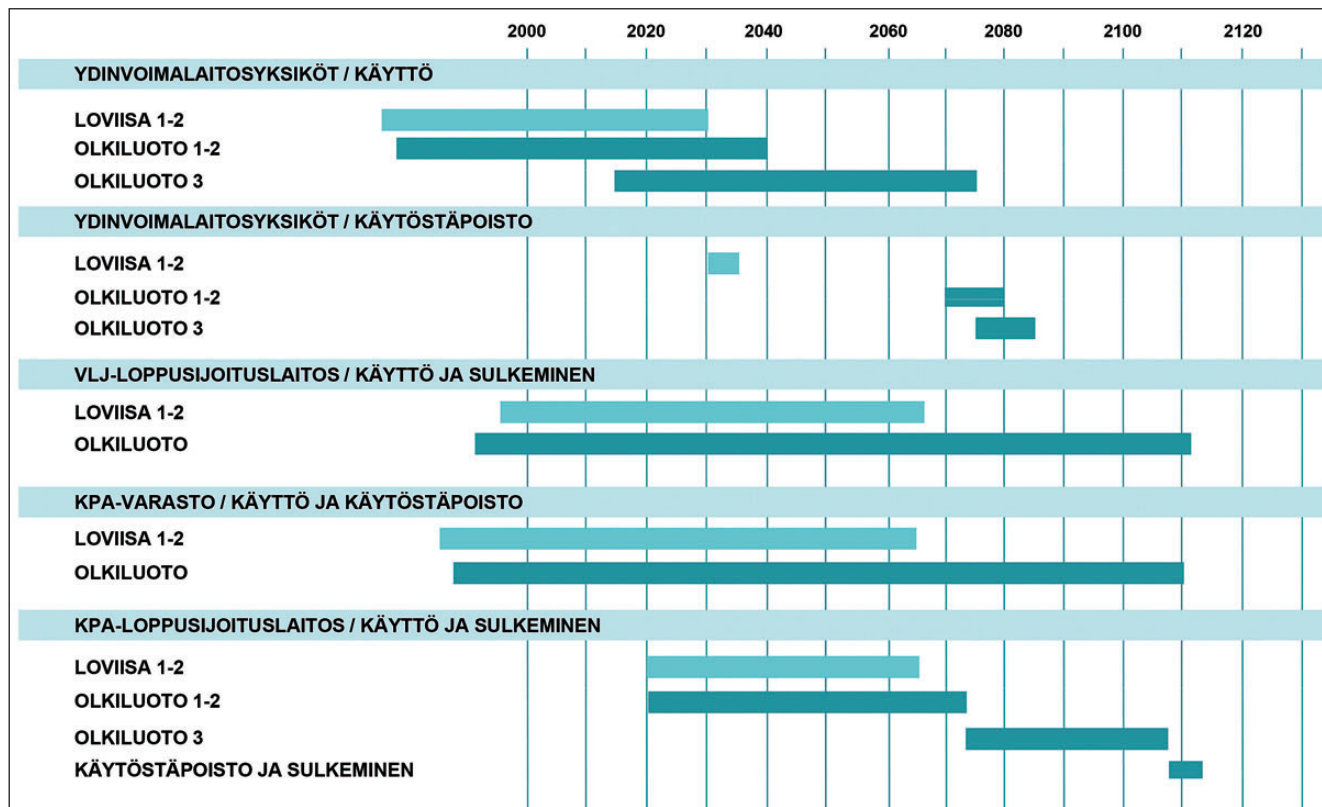
Nykytilanne käytetyn polttoaineen varastoinnissa

Olkiluodon ydinvoimalan käytettyä polttoainetta varastoidaan väliaikaisesti sekä voimalaitosyksiköillä että voimalaitosalueella olevassa KPA-varastossa. Varastoon mahtuu tällä hetkellä OL1 ja OL2 -laitosyksiköiden noin 30 vuoden toiminnasta kertyvä polttoainemäärä.

KPA-varaston laajennusprojekti

aloitettiin vuonna 2009. Alue- ja rakennustyöt on tarkoitus suorittaa vuosina 2010–2013, jolloin laajennus voidaan ottaa käyttöön vuoden 2014 alussa. Laajennuksessa rakennetaan kolme allasta. OL1 ja OL2 -laitosyksiköille tarvitaan uusi allas käyttöön vuonna 2014, OL3-yksikölle ensimmäinen allas noin vuonna 2020. Laajennusprojekti toteutetaan ydinlaitoksen rakenteellisenä muutostyönä. OL1 ja OL2 -yksiköiden käyttöluvassa on riittävästi kapasiteettia niiden polttoaineen varastointiin. OL3:n tarpeisiin lupaa kapasiteetin laajennukselle ja polttoaineen varastoinnille haetaan OL3-käyttölupahakemuksen yhteydessä.

Toimintavuonna 2012 OL1:llä vaihdettiin polttoainetta 33. kerran ja OL2:lla 31. kerran. Vuoden lopussa käytettyä polttoainetta oli varastoituna yhteensä 7 886 nippua, jotka sisältävät noin 1 327 tonnia uraania. Varastoiduista nipuista 6 556 oli KPA-varastossa, 670 OL1:n vesialtaissa ja 660 OL2:lla. Lisäksi OL1:n reaktorissa oli 500 ja OL2:n reaktorissa samoin 500 nippua käytössä. Luvuissa ovat mukana myös sauvatelineet (1 kpl/laitos), joissa säilytetään vaurioituneita polttoainesauvoja (vuoden 2012 lopussa yhteensä 38 kpl).



Kuva 1. Ydinjätehuollon kokonaisaikataulu YJH-2012-ohjelman mukaisesti.

Myös Loviisassa käytettyä polttoainetta varastoidaan voimalaitosyksiköillä ja käytetyn polttoaineen varastoissa. Loviisan käytetyn polttoaineen varastoaltaiden määrää on viimeksi lisätty vuonna 2000. Nykyiset altaat on päätetty varustaa tiheillä telineillä. Näin saadaan lisäkapasiteettia 2020-luvun alkupuolelle saakka, jolloin käytetyn polttoaineen kuljetukset loppusijoitusta varten on määrä aloittaa. Seuraavat tiheet telineet on tarkoitus hankkia vuonna 2013.

Vuoden 2012 lopussa Loviisan voimalaitoksella oli varastoituna yhteensä 4 507 käytettyä polttoainepippua, mikä vastaa noin 543 tonnia tuoretta uraania. Polttoainepiippuista oli LO1:llä 174 kpl ja LO2:lla 347 kpl. Käytetyn polttoaineen varastoissa 1 ja 2 oli 480 ja 3 506 pippua vastaavasti. Lisäksi LO1:n reaktorissa oli 313 ja LO2:n reaktorissa samoin 313 pippua käytössä.

YJH-2012-ohjelma

Toimintakertomuksen lisäksi Posiva huolehtii kolmen vuoden välein laadittavan ydinjätehuollon kokonaisohjelman tekemisestä. Posivan valmisteleva käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyötä

linjaava YJH-2012-ohjelma toimitettiin TEM:lle aikataulun mukaisesti syyskuun lopussa. Ydinenergia-asetuksen 74 §:n mukainen kolmivuotisohjelma on aiemmin ollut nimeltään TKS-ohjelma. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen tähtäävän työn muuttuessa tutkimus- ja kehitystyöstä toteutuspainotteiseksi katsottiin aiheelliseksi muuttaa asiakirja ydinjätehuollon ohjelmaksi (YJH-ohjelmaksi).

YJH-2012-ohjelmassa kuvataan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen nykytila ja suunnitelmat vuosille 2013–2018. Lisäksi raportissa kuvataan nykytila ja tulevaisuuden suunnitelmat TVO:n ja Fortumin vastuulla olevien käytetyn polttoaineen varastoinnin, voimalaitosjätteen käsittelyn sekä käytöstäpoiston osalta.

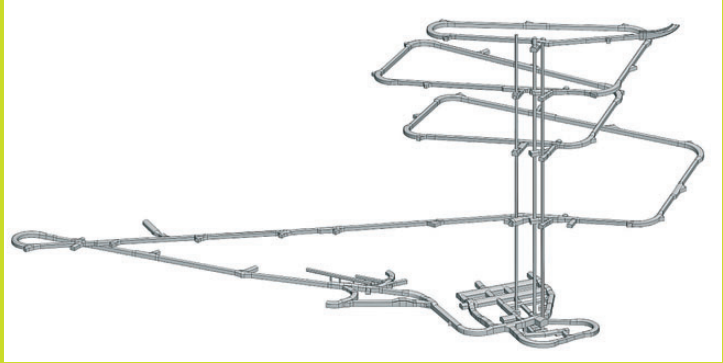
Eurooppalainen yhteistyö

Posivan osallistumista Euratomien 7. puiteohjelman loppusijoitusjärjestelmän osajärjestelmiä ja vapautumisesteiden toimintakykyä tutkiviin yhteishankkeisiin ohjaa geologisen loppusijoituksen teknologiayhteisön (IGD-TP) strateginen tutkimusohjelma. Uusin ohjelma on vuodelta 2011 ja sen toteutussuun-

nitelma julkaistiin vuonna 2012. 7. puiteohjelman yhteishankkeet LUCOEX, FIRST Nuclides, DOPAS ja BELBaR ovat myös osa vuonna 2009 perustetun IGD-TP:n strategisen tutkimusohjelman Euroopan laajuista toteutusta. Posiva on teknologiayhteisön perustajajäsen. Yksittäisten hankkeiden toteutus toimintavuonna 2012 on esitelty tarkemmin luvuissa ”Loppusijoitusjärjestelmä” ja ”Turvallisuusperustelun pääkohdat ja tuotantoprosessi”.

Posiva tutkii ja kehittää loppusijoituskonseptia yhteistyössä ruotsalaisen ydinjäteyhtiön, Svensk Kärnbränslehantering AB:n (SKB) kanssa. Posiva ja SKB ovat sopineet yhteistyöstä, jonka avulla yhtiöt pyrkivät välttämään päällekkäisen työn tekemistä, tehostamaan resurssien käyttöä sekä edistämään loppusijoituksen yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä. Yhteistyösopimus mahdollistaa yhteisten projektien toteuttamisen ja näiden kustannusten jakamisen. Ensimmäinen yhteistyösopimus allekirjoitettiin vuonna 2001 ja sopimusta jatkettiin viimeksi vuonna 2011 kolmella vuodella eli vuoden 2014 loppuun saakka. Vuodesta 2001 lähtien on sopimuksen puitteissa toteutettu noin 160 yhteisprojektia.

Maanalaisesta kallioperän tutkimustilasta ONKALOn hankitaan tarkkaa tietoa loppusijoitustilojen yksityiskohtaista suunnittelua sekä turvallisuuden ja rakennusteknisten ratkaisujen arviointia varten. ONKALO tekee mahdolliseksi loppusijoitustekniikan testausten ja demonstraatiot aidoissa olosuhteissa. ONKALOn rakennuslupahakemus jätettiin Eurajoen kunnalle toukokuussa 2003 ja rakentaminen aloitettiin kesäkuussa 2004.



Loppusijoitussyvyydelle (-420 m) on louhittu kaksi demonstraatiotunnelia, joista jälkimmäinen valmistui vuoden 2012 alussa. Demonstraatiotunneleissa selvitetään ja testataan varsinaista loppusijoitusta sekä siihen liittyviä menettelytapoja. Loppusijoituksessa tarvittavat tekniset aputilat tulevat sijaitsemaan tasolla -437 m ja ne saatiin louhittua vuoden 2012 aikana. Tutkimuksia ONKALOn rakentamisen alusta lähtien.

Suunnittelu

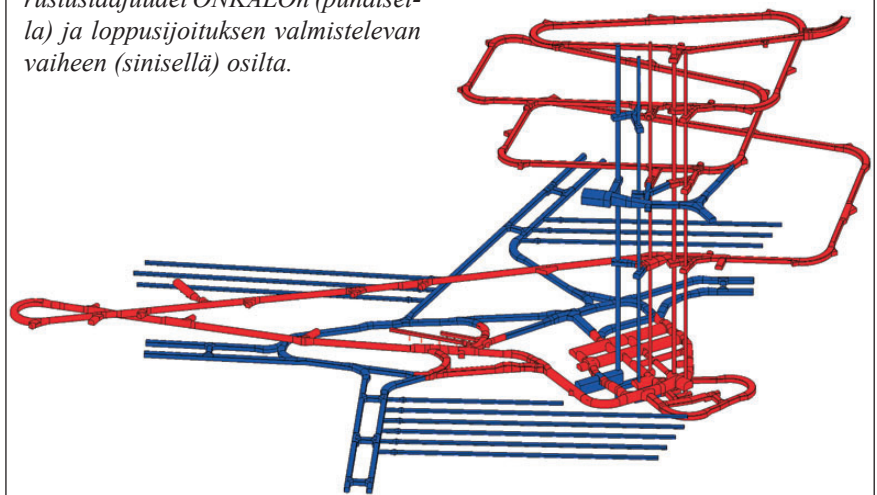
Rakentamislupa-aineistoon liitetyt ONKALOn ja loppusijoituslaitoksen pääpiirustukset (kuva 2) valmistuivat joulukuussa 2012. Samassa yhteydessä päivitettiin ONKALOn palotekninen suunnitelma, johon sisällytettiin loppusijoituslaitoksen valmistelevan vaiheen osuus. Samanaikaisesti pääpiirustusten kanssa tuotettiin myös ONKALOn ja loppusijoituslaitoksen 3D-tilamalli.

Suunnittelu tuotti teknisen tason rakennusurakkavaiheeseen työnaikaisen rakennus-, rakenne (RAK) -, sähkö (S) - ja LVI-suunnitelmien päivitykset. Louhintasuunnittelu tuotti vuoden 2012 aikana tason -455 m tarkentavat louhinta- sekä injektointisuunnitelmat tuloilmakuilulle ja henkilökuilulle tasolta -290 m tasolle -437 m. Kallioteknisen suunnittelun yhteydessä tuotettiin suunnitelmat demonstraatiotunneleiden louhinnalle sekä koeloppusijoitusreikien toteuttamiselle.

Vuoden 2012 aikana tuotettiin toteumapiirustukset ajotunnelin osuiksille TU1–TU4. ONKALOn safeguards-ilmotukseen tuotettiin vuoden 2012 aikana havainnekuvat. Järjestelmien ja suunnitelmien katselmointitilaisuuksia pidettiin noin 2 kertaa kuukaudessa.

ONKALO-laajuuteen sisältyneet nostinlaiterakennuksen rakennus- ja louhintasuunnitelmat urakkakyselyjä varten valmistuivat vuoden 2012 aikana. Nostinlaiterakennuksen suunnittelu toteutettiin kaikilla suunnittelualoilla (arkkitehtuuri, RAK, S, LVIA).

Kuva 2. Maanalaisten tilojen pääpiirustuslaajuudet ONKALOn (punaisella) ja loppusijoituksen valmistelevan vaiheen (sinisellä) osilta.



Aluesuunnittelu jatkui vuoden 2012 aikana ja siinä tarkennettiin mm. ONKALO-alueen tiejärjestelyjä sekä alueen turvajärjestelyihin liittyviä asioita. Aluesuunnitelmien päivitykset tehtiin eri ajanjaksoille vuosille 2012, 2014, 2018 ja 2020.

Rakentaminen

ONKALOn rakentamisen painopiste siirtyi vuonna 2012 tunnelilouhinnasta rakentamiseen ja taloteknisiin varusteluihin.

Vuoden 2012 aikana louhittiin

ONKALO-laajuuteen määritellyt tilat lähes kokonaan valmiiksi. Viimeisimpiä louhittuja tiloja olivat esimerkiksi ns. pumppaamolenkki ONKALOn alimmalle tasolle syvyyteen -455 m paaluluvulle 4986 (etäisyys tunnelin suuaukolta päähän metreinä, ONKALOn pääte piste). Lisäksi valmistuivat demonstraatiotunnelit tutkimuksen ja kehitystyön tarpeisiin. Demonstraatiotunnelien pituudet ovat 105 m (tunneli 2) ja 52 m (tunneli 1).

Louhintojen loppuessa vuoden 2012 kesällä aloitettiin teknisten tilojen rakennusurakka, jossa teetetään mm. beto-

nirakenteita tekniselle tasolle syvyyteen -437 m ja LVIS-tekniikkaa ajotunnelin loppuosaan noin puolentoista kilometrin matkalle.

Vuoden 2012 lopulla käynnistettiin maan päällä nostinlaiterakennuksen toisen vaiheen louhintaurakka. Nostinlaiterakennus tulee vuonna 2011 valmistuneen ilmanvaihtorakennuksen viereen.

Panostus rakentamisen työturvallisuuteen tuotti vuonna 2012 tavoitellun lopputuloksen, sillä tapaturmataajuus ONKALO-työmaalla vuoden lopussa oli 0.

Loppusijoituspaikan ominaisuudet ja soveltuvuus

Olkiluodon kallioperän ja pintaympäristön kuvaus

KENTTÄTUTKIMUKSET

Olkiluodon tutkimusalueen itäisen osan kairaukset jatkuivat vielä vuoden 2012 tammikuussa kairareian OL-KR56 viimeisten metrien sekä reiän pesun osalta. Lisäksi kairattiin reikien OL-KR56 ja -57 yhteinen putkitetun pintaosuuden kattava reikä OL-KR57B (45 m). Kairaus tutkimusten tarkoitus on täydentää paikkatutkimustietojen kattavuus myös Olkiluodon saaren itäisellä alueella.

Tutkimusalueelle tehtiin myös yksi uusi tutkimuskaivanto OL-TK19, jossa kalliopinta paljastettiin ja puhdistettiin. Kalliopinnasta tehtiin geologinen kartoitus ja selvitettiin alueelle mallinnetun hauraan vyöhykkeen jatkuvuutta. Kaivannosta otettiin myös näytteitä eri moreenikerroksista mineralogisia analyysijä varten tarkoituksena selvittää karbonaattien ja sulfidien esiintymisen yleisyyttä Olkiluodon maaperässä.

Hydrogeologiset tutkimukset keskittyivät monitorointiohjelman (esitetty jäljempänä) mukaisten tutkimusten tekemisen lisäksi tutkimusalueen itäisen osan kallioperän virtausominaisuuksien mittauksiin Posiva Flow Log (PFL DIFF) - ja Hydraulic Testing Unit (HTU) -laitteistoilla. PFL DIFF -laitteistolla mitattiin kairareiat OL-KR56 ja OL-KR57. HTU-mittauksia tehtiin kairareii'issä OL-KR54 ja OL-KR55. Itäisellä alueella tehtiin myös vuorovai- kutuskokeita. Kairareikien OL-KR49 ja -50 välisiä hydraulisia yhteyksiä tutkit- tiin alentamalla pohjaveden korkeutta toisessa reiässä ja mittaamalla toinen reikä PFL DIFF -laitteistolla. Lisäksi hydraulisia yhteyksiä tutkittiin mittaamalla PFL DIFF -laitteistolla itäisen alueen kairareikiä pohjavesinäytteen- oton ollessa käynnissä kairareiiässä OL-KR56, joka aiheuttaa pohjaveden korkeu- den muutoksen. Poikkivirtausmittauk- sia (PFL TRANS) tehtiin kairareii'issä

OL-KR32, -40 ja -42.

Hydrogeologisista tutkimuksista saatuja tuloksia käytetään hydrogeolo- gisessa mallinnuksessa, hydrogeolo- gisen rakennemallin ja virtausmallien taustatietona sekä muiden tutkimusten kuten vesinäytteenotto-ohjelman suun- nitelussa.

Pohjavesinäytteenottoja tehtiin monitorointi- ja karakterisointiohjel- man mukaisesti. Pääpaino oli ON- KALOn aiheuttamien potentiaalisten suolaisuusmuutosten seurannassa sekä karakterisoinnin yhteydessä tehtyjen sulfidihavaintojen jatkomonitoroinnissa. Näytteitä otettiin myös aiemmin karak- terisoimattomista syvistä kairareii'istä OL-KR55 ja OL-KR56. Lisäksi täyden- nettiin aiempaa näytteenottoverkostoa saaren pohjoisosassa. Pohjavesikemi- allisten näytteiden lisäksi otettiin myös kaasu- ja mikrobinäytteitä analysointia varten.

Pintaveden suotautumista pohjave- deksi koskeva kolmivuotinen kenttäkoe (INEX) päättyi vuonna 2012. Kokeen ta- voitteenä oli tutkia kallion puskurikykyä hapanta ja hapellista vajoavaa pintavettä vastaan. Suotautumista on kiihdytetty pumppaamalla eristettyä, HZ19-vyö- hykkeen yläosaan kuuluvaa kalliorakoa reiässä OL-KR14 sekä seuraamalla hydrologiaa ja pohjaveden koostumusta läheisissä matalissa kallioreii'issä ja poh- javesiputkissa. Mittaustuloksia on arvi- oitu pintahydrologian virtausmallinnuk- sen ja hydrogeokemiallisen reaktiivisen kulkeutumissimulointien avulla. Näiden avulla selvitetään suotautumisprosessia sekä kallion puskurikapasiteettia neut- raloida ja tehdä muodostuva pohjavesi hapettomaksi. Raportti suotautumisko- keesta valmistuu vuonna 2013.

Geofysikaalisia reikä tutkimuksia jatkettiin uusien kairareikien alueella (OL-KR56, -57 ja -57B) standardiksi valituilla menetelmillä, joita ovat esi- merkiksi optinen ja akustinen kuvaus sekä ominaisvastusmittaus. Tämän li-

säksi toteutettiin laaja latauspotentiaa- limittauskampanja, jonka tarkoitus oli laajentaa ko. mittausaluetta ja yhdistää uudet tulokset aikaisempiin. Mittaustyö jatkuu vuoden 2013 alkupuolelle. Syk- syllä 2012 toteutettiin myös SAMPO- monitorointimittaus, joka raportoidaan vuoden 2013 aikana.

Vuonna 2012 otettiin tuotanto- käyttöön uusi Posivan ja Geologian tutkimuskeskuksen kehittämä kallion termisten ominaisuuksien mittaukseen tarkoitettu TERO76-reikämittauslait- teisto. TERO-laitteistoa käytetään kal- lion termisten ominaisuuksien (lämmön- johtavuus, terminen diffusiviteetti, tila- vuuslämpökapasiteetti) määrittämiseen kairareii'issä. TERO-mittalaitteistolla tehtiin mittauksia kairareiiässä OL-KR46 syvyysvälillä 103–480 m.

ONKALOSSA TEHDYT TUTKIMUKSET

Geologiset kartoitukset

Geologinen kartoitus eteni vuonna 2012 ONKALOn louhinnan tahdissa. Ensimmäisen vaiheen geologinen kar- toitus seurasi louhinnan välittömässä läheisyydessä ja kuten aiemminkin, se suoritettiin aina lujitetulta alueelta edellisen katkon alta. Pitkien, tunnelia leikkaavien rakojen ja rakovyöhykkei- den mittauksen lisäksi ensimmäisessä kartoitusvaiheessa suoritettiin myös kal- liopintojen systemaattinen valokuvaus.

Toisen vaiheen geologinen kartoi- tus eteni myös suunnitellusti tunnelin louhintaa seuraten. Vuonna 2012 toisen vaiheen systemaattiseen kartoitukseen kuului aiempaa enemmän tunnelin lattian kartoituksia. Lattian kartoituk- sia suoritettiin pääasiassa ONKALOn teknisissä tiloissa tasolla -437 m, mut- ta myös henkilökuiluperässä tasolla -455 m. Aiemmin lattian kartoitusta on suoritettu ONKALOn tutkimustiloissa, kuiluperissä sekä eräissä muissa pinta- alaltaan pienemmissä kohteissa, kuten mittapatojen pohjissa. Kaikkien lou-

hittujen pintojen kartoitus suoritettiin myös kahdessa demonstraatiotunnelissa. Uutena kartoituskohdetyypinä tulivat kartoitukseen mukaan demonstraatiotunneliin 1 tehdyt neljä koeloppusijoitusreikää.

Kairaukset

Pilottireikiä kairattiin vuoden aikana etenkin demonstraatioalueen ympäristössä. Pilottireikä ONK-PH20 (40 m) tehtiin helmikuussa demonstraatiotunnelin 2 jatkamiseksi, ONK-PH19 (123 m) pysäköintihalliin 2 toukokuussa, ONK-PH23 (77 m) kesäkuussa ajoneuvoyhteyden 5 suunnitellulle paikalle ja ONK-PH22 (88 m) syyskuussa tarkoituksena laajentaa RSC-menetelmän testausta. Marraskuussa kairattiin pilottireiät ONK-PH26 ja ONK-PH27 (23 ja 20 m) tulevien demonstraatiotunnelien 4 ja 5 alueelle. Yllämainituista ainoastaan ONK-PH20:n tunneli on louhittu, muut reiät ovat mukana pitkäaikaisseurannassa ja tulppatunnelipilottien osalta tutkimukset ovat vielä kesken. Lisäksi demonstraatiotunneliin 2 kairattiin marraskuussa kuusi koeloppusijoitusreikien tutkimuspilottireikää (ONK-PP379–384, ä 7 m ja 8 m).

Tutkimustilaan 3 (PL3620) kairattiin tammikuussa kahdeksan 7,5–10 m pitkää pystyreikää (ONK-PP340–347) perimmäisen koereiän ympärille lämmityskoetta varten. Tutkimustilan alkuosuudelle tehtiin huhti- ja lokakuussa 30 lyhyttä kairareikää (ONK-SH22–49, ONK-SH151–152), joilla tutkittiin louhinnan aiheuttamaa vaurioitumista (EDZ, Excavation Damaged Zone) tunnelin lattiasta. Reiät ovat noin 1,5 m pitkiä.

Mikroseismisen verkon laajentamista varten porattiin neljä 10 m reikää tasolle -290 sekä 12 kappaletta 5–10 m reikiä tasolle -437 m.

Injektointikairaukset jatkuivat edelleen tuloilma- ja henkilökuiluilla tasolta -290 m alaspäin, jonne vuoden aikana kairattiin 33 injektointi- ja kontrollireikää. Lisäksi porattiin 12 reikää tuloilma-kuilun pintaosan injektioimiseksi.

Tutkimus-, demonstraatio- ja muissa tiloissa tehdyt tutkimukset

Demonstraatiotiloissa jatkettiin raken-

tamiseen ja kallion soveltuvuusluokitteluun (RSC) liittyviä tutkimuksia. Demonstraatiotunneli 1:n lattiaan poratuissa koeloppusijoitusrei'issä (4 kpl) suoritettiin geologinen kartoitus, jossa havainnoitiin kivilajien vaihtelu, rakoilu ja mahdolliset vesivuodot. Vuotoja havaittiin yhdessä reiässä, jossa aloitettiin vuotovesimittausmenetelmän kehitystyöt kokonaisvuotomäärän selvittämiseksi. Tunnelin perimmäisessä reiässä testattiin maatumkamittausten tekemistä ja menetelmän toimivuutta rakenteiden jatkuvuuden havainnoinnissa.

Demonstraatiotunnelissa 2 tehtiin louhinnan edetessä ensimmäisen vaiheen geologinen kartoitus. Sen yhteydessä muun muassa mitattiin tunneliprofilia leikkaavien rakojen ja rikkonaisuusvyöhykkeiden tarkat paikat takymetrillä sekä valokuvattiin kallio-pinta systemaattisesti ennen tunnelin verkotusta. Toisen vaiheen tarkka geologinen kartoitus tehtiin myöhemmin lujuusverkkojen läpi. Demonstraatiotunneli 2:n louhinnan saavutettua 85 m pituus kairattiin tunnelin päästä noin 40 m pitkä pilottireikä, jossa tehtiin Posivan vakiokäytännön mukaiset tutkimukset kallion soveltuvuusluokituksen ja tunnelin suunnitellun jatkeen tarkemmaksi karakterisoimiseksi. Tunnelin saavutettua lopullisen pituutensa (noin 105 m) tehtiin tunnelissa maatumkatutkimuksia sekä louhinnan vauriovyöhykkeen (EDZ) että rakojen ja rikkonaisuusvyöhykkeiden jatkuvuuden havainnoimiseksi. Tunnelissa mitattiin myös kallion jännitystilaa sekä tunnelissa havaittujen vesivuotojen kokonaisuutta. Vuotojen osalta mitaukset jatkuvat ja tarkentuvat vuonna 2013. Demonstraatiotunneliin 2 kairattiin kuusi pystyä tutkimuspilottireikää suunniteltujen koeloppusijoitusreikien paikoille ja rei'issä tehtiin Posivan vakiokäytännön mukaiset tutkimukset, joilla kerättiin tietoa tunnelin lattian alapuolisesta kalliotilavuudesta kallion soveltuvuusluokittelun käyttöön.

Demonstraatiotilojen alueelle kairattiin neljä uutta tutkimuspilottireikää. Kaksi rei'istä kairattiin demonstraatiotunnelien itäpuolelle osana suunniteltua kallion soveltuvuusluokittelun liittyvää demonstraatiolaajennusta; pilottirei'istä saatua aineistoa tullaan

käyttämään myös pienen mittakaavan mallin laajentamiseen alueelle. Toiset kaksi pilottireikää kairattiin loppuvuodesta 2012 nykyisten tilojen koillispuolelle tulevia demonstraatiotunneliteita 4 ja 5 varten. Ko. demonstraatiotunneliin on suunnitteilla rakentaa täyden mittakaavan tunnelin päätytulppa instrumentointineen osana tulevina vuosina toteutettavaa loppusijoitustunnelin tulppademonstraatiota (POPLU). Reiät kairattiin tulevien tunnelien kohdalle kalliotilavuuden karakterisoimiseksi ja soveltuvuuden arvioimiseksi ennen louhinnan aloitusta. Kaikissa neljässä reiässä suoritettiin tai suoritetaan Posivan vakiokäytännön mukaiset pilottireikä tutkimukset.

Geofysiikan tutkimukset ONKALOSSA vuonna 2012 keskittyivät suurimmaksi osaksi demonstraatioalueelle ja tutkimustilaan 3. Geofysikaalisia pilottireikämittauksia tehtiin rei'issä ONK-PH19, ONK-PH20, ONK-PH22 ja ONK-PH23 sekä demonstraatiotunneliin 2 porattavien koeloppusijoitusreikien kuudessa pilottireiässä. Geofysiikan reikäkuvauksia tehtiin tutkimustilan 3 louhintavauriotutkimuksiin (EDZ) liittyvissä 1,3 metrin pituisissa 16 tutkimusreiässä. Samalla tutkimusalueella louhintavauriotutkimuksen tarpeisiin tehtiin myös EDZ-maatumkamittausta, sähköinen maavastusluotaus sekä hydraulisia painekokeita. Tutkimustilan 3 lämmityskokeeseen liittyvässä neljässä reiässä sekä tutkimustilan 5 viidessä tutkimusreiässä toteutettiin supistettu geofysiikan reikämittauskokonaisuus.

Maatumkatutkimuksia tehtiin demonstraatiotunnelin 2 seinillä ja lattiasa RSC:n (Rock Suitability Classification) ja louhintavauriotutkimusten tarpeisiin. Teknisten tilojen pysäköintihallin lattiasa EDZ-maatumkamittausta suoritettiin louhintavauriotutkimusten tueksi. Näiden lisäksi koeluontoinen matalataajuusmaatumkatutkimus tehtiin myös demonstraatiotunnelin 1 koeloppusijoitusreiän EH9 seinillä.

Vuonna 2012 ONKALON kalliomekaniikan tutkimustilassa (tutkimustila 3) valmisteltiin kiven lujuustutkimuksiin liittyvän POSE *in situ* -kokeen jatkoa. Kokeen 3. vaiheessa lämmitetään yksittäistä 1,5 m halkaisijaltaan olevaa

tutkimusreikää rikkoutumiseen asti ja kallion rikkoutumista seurataan akustisella emissiolaitteistolla ja venymäliuskoilla. Maailmanlaajuisesti ainutlaatuisella akustisella emissiolaitteistolla on mahdollista havaita ja paikallistaa poikkeuksellisella tarkkuudella kallion rikkoutuminen kalliopinnan takana *in situ*-kokeen aikana. Aiemmissä POSE-kokeen vaiheissa aiheutettuja vaurioiden laatua ja laajuutta on tutkittu vuoden 2012 aikana. Saatujen tulosten tulkinta jatkuu vielä.

Vuoden 2012 merkittävin kalliomekaniikan kehitysaskel oli uuden LVDT (Linear Variable Differential Transformer) -jännitystilamittausmenetelmän kehittäminen ja menetelmän toimivuuden varmistaminen Äspön kalliolaboratoriossa SKB:n kanssa. Kehitetyllä menetelmällä tehtiin myös vuonna 2012 ONKALOn demonstraatiotunneleissa useissa kohdissa jännitystilamittauksia. Lisäksi LVDT-kennolla toteutettiin laaja jännitystilamittauskampanja poistoilmakuilussa tasoilla -315 m, -360 m ja -413 m. Mittausten avulla tutkittiin deformaatiovyöhykkeiden vaikutusta jännityskenttään. Mittausten perusteella odotetaan saatavan parempi käsitys loppusijoitusvyvydellä vallitsevasta jännitystilasta.

Hydrogeologian tutkimustilassa (tutkimustila 4) paalulla 3748 jatkettiin vuonna 2010 alkanutta yksityiskohtaista hydrogeologista tutkimusta (HYDCO).

Tutkimuksen tavoitteena on saada tietoa loppusijoitusvyvyttä vastaavan kallion pienen mittakaavan hydrogeologisista ominaisuuksista, kuten vettä johtavien rakojen välisistä hydraulisista yhteyksistä. Tutkimustilan 2 tutkimusreikiä ONK-PP262 ja -274 varusteltiin monitulppajärjestelmällä vuonna 2013 tehtävää pienen mittakaavan vuorovaihtuskoea varten.

Lisäksi hydrogeologista tietoa kerättiin ONKALOn tekemällä virtausmittauksia (PFL DIFF) tunnustelu- ja pilottirei'issä sekä kuilujen injektointirei'issä. Vuotovesikartoitusta ja vuotovesimittauksia tehtiin tunnelin edessä säännöllisin väliajoin. Näiden tutkimusten tarkempi kuvaus löytyy jäljempänä Olkiluodon monitorointiohjelma-osuudesta.

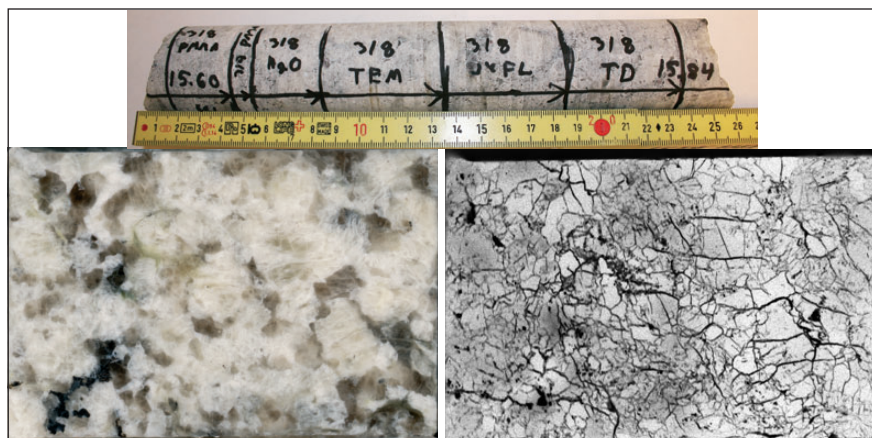
Maanalaisten tilojen louhinnan edessä tunneliprofiilin sisään porataan noin 20 metrin välein tunnustelureikiä. Rei'issä tehdään erillisten suunnitelmien mukaan vuotovesi-, vesimenneki- ja virtausmittauksia sekä vesinäytteenottoja. Manuaalinen virtausmittaus tehdään tunnustelureiässä aina, jos reiän tuotto ylittää 30 ml/min. Kaikkia ONKALOn tehtyjä virtausmittaustuloksia käytetään apuna Olkiluodon kallioperän yksityiskohtaisemmassa hydrogeologisessa mallinnuksessa.

Matriisidiffuusiokoe (REPRO) käynnistyi vuonna 2011 ONKALOn tutkimustilassa 5 noin 400 m:n syvyy-

dellä. REPRO tähtää loppusijoitusreikien lähialuetta edustavan kallion pidättymisominaisuuksien selvittämiseen. Kokeen tulokset auttavat arvioimaan matriisidiffuusion aiheuttamaa radionuklidien pidättymistä tilanteessa, jossa teknisten päästöesteiden on oletettu menettäneen toimintakykynsä. Kokeen toteuttamiseen osallistuu tutkijoita eri organisaatioista ja yliopistoista. Koetta varten kairattiin vuoden 2011 loppupuolella yhdeksän lyhyttä tutkimusreikää, joista otettiin kairasydännäytteitä laboratorioissa tehtäviin matriisidiffuusiokuoiksi- ja pidättymistutkimuksiin (kuva 3). Itse tutkimustilassa suoritetaan kulkeutumiskokeita, joissa merkkiaine johdetaan kosketuksiin kallion kanssa sekä veden että kaasun kuljettamana. REPRO-tutkimuksiin liittyen vuonna 2011 toteutettiin vesihöyrydiffuusiokokeen laitteiston esitestausta tutkimustilan 4 suulla.

Tutkimustilassa 5 suoritettavat merkkiainekokeet käynnistyivät vuoden 2012 alkupuolella. Tämä oli vesifaasi-virtauskokeen ensimmäinen vaihe, jossa lyhyt pulssi radioaktiivisia merkkiaineita (HTO, 125I, 26Cl ja 22Na) syötettiin kosketuksiin kallion kanssa noin kahden metrin matkalla kairareian ja virtausohjaimen välissä. Merkkiaineen läpitulo alkoi noin 100 tuntia tämän jälkeen. Merkkiaineen läpitulon seuranta jatkui kesän 2012 lopulle.

Sulfaatin pelkistyskokeessa (SURE) tutkitaan sulfaatin mikrobiologista pelkistymistä sulfidiksi sekä mikrobien prosessissa käyttämiä energialähteitä, erityisesti metaanin hyödyntämistä ja siihen kykeneviä mikrobilajistoa. Vuonna 2010 alkanutta koesarjaa (SURE 1) jatkettiin vuonna 2012 (SURE 2) kytkeällä virtaus/reaktiokennostot kairareikään ONK-KR15 (kuva 4) sekä kierrättämällä reiän metaanipitoista pohjavettä laitteistossa kahden kuukauden ajan ja istuttamalla samalla olosuhteita vastaava mikrobilajisto kennostoon. Laitteisto suljettiin ja siirrettiin Micans AB:n laboratoriotiloihin, jossa koetta jatkettiin aktivoimalla mikrobikantoja SO₄-pitoisella vedellä. Kokeen etenemistä seurattiin kemiallisen ja mikrobiologisen monitoroinnin avulla 106 päivän



Kuva 3. Yläkuva: Kairasydännäyte REPRO-kokeen tutkimusreistä ONK-PP318 ja sen suunniteltu jako eri tutkimusten kesken. Oikea alakuva: Helsingin yliopiston Radiokemian laboratoriossa PMMA-menetelmällä muodostettu kuva näytteen mikrorakoilusta. Mikrorakoilu näkyy kuvassa tummina juovina ja alueina; huokoisuus on suurin tummimmissa kohdissa. Näytteen kokonaishuokoisuus on 0,44 %. Näytteen valokuva vasemmalla. (kuvat: Helsingin yliopisto, Radiokemian laboratorio)

ajan. Mikrobiologisia analyysejä tehtiin ensimmäisen kerran sekä koevesistä että kasvualustaan (kairareian kivimurskaa) kiinnittyneestä biofilmistä. SURE 1 -koesarjan – joka tehtiin SO₄-pitoisessa pohjavesiympäristössä syöttämällä mikrobikantoja CH₄- ja H₂-kaasuilla – raportti valmistui 2012 ja SURE 2 -koesarja raportoidaan 2013 aikana.

MALLINNUS

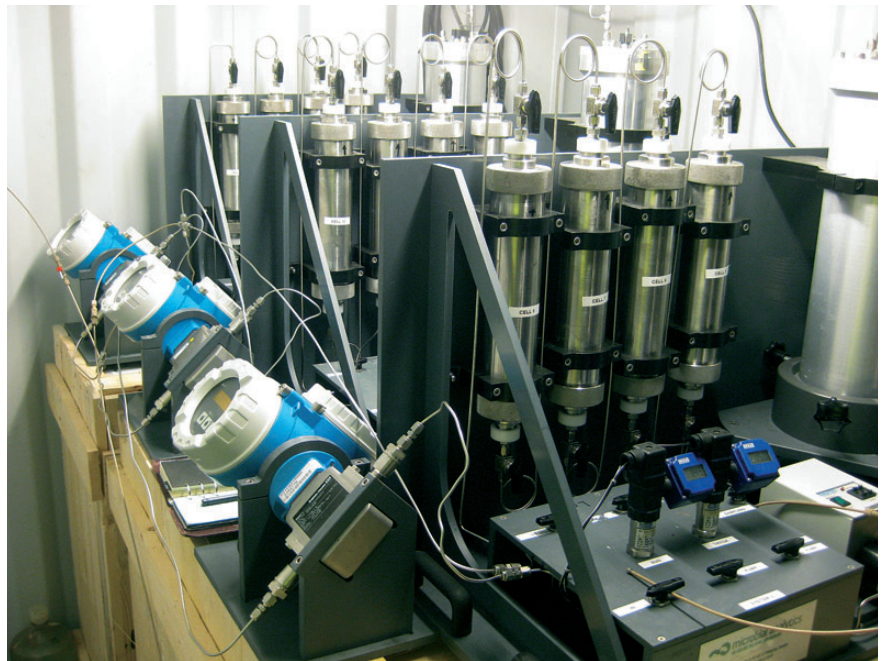
Vuoden 2012 lopulla julkaistiin paikan kuvauksen integroiva ja kokoava raportti Olkiluoto Site Description 2011. Kyseessä on neljäs versio Olkiluodon paikan kuvauksesta. Olkiluodon tutkimusalueen geotieteellistä mallinnusta koordinoi Olkiluoto Modelling Task Force -ryhmä (OMTF). Mallinnustyön tarkoituksena on tuottaa Olkiluodosta geologinen, hydrogeologinen, geokemiallinen ja kalliomekaaninen kuvaus. Vuoden 2012 aikana keskityttiin lisäksi useiden mallinnustyön taustaraporttien tekemiseen.

Geologian ja geofysiikan mallinnus

Vuoden 2012 lopulla julkaistussa paikankuvausraportissa (Site Description) esitettiin geologian mallin versio 2.1. Kallioperän 3D-kuvausta päivitettiin edelleen versioksi 2.3 hauraiden rikkonaisuusvyöhykkeiden ja kivilajien osalta. Tätä päivitystä ei ole erikseen raportoitu, vaan se on luovutettu muistiona jatkokäyttäjille.

Geologisen mallin päivitys on sisältänyt pääasiassa uuden aineiston ja tulkintojen perusteella tehtyjä muutoksia. Kivilajimallin ja duktiilin deformaation 3D-kuvaukset on kehitetty yhteneväksi kallioperäkartan kanssa uusien tutkimuskaivantojen, kartoitusten ja kairaus-ten avulla. Duktiilin deformaation historia sekä kivessä tapahtuneet kemialliset ja mineralogiset muutokset on kuvattu paikankuvausraportissa aikaisempaa paremmin, ja käsitys hauraan deformaation historiasta on tarkentunut siirrosten tutkimisen myötä. Päivitetty geologinen rakoverkkomalli raportoitiin kesällä Posiva-raporttina (POSIVA 2012-27).

Geologinen mallinnustyö keskittyi vuonna 2012 ns. pienen mittakaavan mallinnukseen, jota on tehty ONKALON demonstraatiotilojen alueelta ja pää-



Kuva 4. SURE-kokeessa käytetty laitteisto ONKALON tutkimuskontissa noin 400 m:n syvyydessä. Virtauskennostot (3 kpl) on kytketty ONK-KR15:een ja laitteistossa kiertävästä pohjavedestä istutetaan mikrobilajistoja kivimurskaan, jolla kennot on täytetty. (kuva: Karsten Pedersen)

asiassa kallion soveltuvuusluokittelun (RSC) tarpeisiin. Pienen mittakaavan mallinnus on keskittynyt kallion soveltuvuuden kannalta merkittäviin ominaisuuksiin, kuten laajoihin ja vettä johtaviin rakoihin sekä siirrosvyöhykkeisiin. Mallia ja siihen perustuvaa tilojen soveltuvuusarviota päivitettiin useaan otteeseen demonstraatiotilojen rakentamisen ja tutkimusten edetessä. Pienen mittakaavan mallinnusta on alustavasti kuvattu RSC-raportissa (POSIVA 2012-24). Mallinnuksessa käytettyjen menetelmien ja tulosten kattava raportointi on suunniteltu tehtävän vuonna 2013.

Lineamenttitulkinta ja sen raportointi

Olkiluodon alueen kallioperän rakenteen selvitykseen kuuluvaa lineamenttitulkintaa täydennettiin uusilla vuosina 2008 ja 2009 tehdyillä geofysikaalisilla lentomittausaineistoilla. Lineamenttitulkintaa tehtiin tarkastelemalla visuaalisesti erilaisia geofysikaalisia karttaversioita ja poimimalla niistä lineamenttien geometria. Lisäksi tehtiin kvantitatiivista tulkintaa lineamenttien kaateiden ja kontaktien paikkojen selvittämiseksi. Tulkintatulokset yhdistettiin aiempaan

geofysikaaliseen, topografiseen sekä meren syvyysaineistoon perustuvaan lineamenttimalliin. Yhdistetyssä tulkinnassa on yhteensä 200 lineamenttia, jotka toimivat lähtökohtana Olkiluodon alueen geologiselle mallille. Täydennetty lineamenttitulkinta julkaistaan Posiva-raporttina vuonna 2013.

Hydrogeologia

Olkiluodon pintahydrologian mallinnus keskittyi vuonna 2012 ONKALON vaikutusten arviointiin ja lyhyen aikavälin ennusteiden laatimiseen sekä erityisesti ONKALON vuotovesien pitkäaikaisen vaikutusten mallinnukseen liittyen vuotovesiraja-arvojen määrittämiseen. Malliin lisättiin vuonna 2011 suolaisuus ja tietoa hyödynnettiin vuonna 2012 raja-arvojen määrittämisohjelmassa mallinnuksessa. Mallia käytettiin edellisten vuosien tapaan myös erillisen Olkiluodossa toteutettavan pitkäaikaisen suotaumakokeen vaikutusten mallintamiseen. Lisäksi pintahydrologian mallinnuksessa arvioitiin Korvensuon altaaseen liittyviä hydrologisia taseita sekä Olkiluodon alueen pintahydrologian pitkän ajanjakson kehitystä tulevaisuudessa. Korvensuon allas rakennettiin

1970-luvulla tuottamaan voimalaitos-toiminnan tarvitsemaa prosessi- ja talousvettä. Suurin osa Korvensuon altaasta purkautuvasta kokonaisvesimäärästä ei suotaudu kovin syvälle kallioperään, vaan virtaa matalia reittejä vaakasuunnassa altaan alueelta pois päin ja purkautuu maakerrokseen. Vuoden 2012 aikana altaan länsipuolelle kaivetussa tutkimuskaivannossa OL-TK19 tehtiin vuotohavainto, joka on yksi todiste pintahydrologian mallin ennustamien maanpintaa lähellä olevien yhteyksien olemassa olosta. Korvensuon altaasta ympäristöön purkautuva kokonaisvesimäärä on vesitasemittausten mukaan ollut vuosien 2010–2011 aikana noin 150–180 litraa minuutissa. Mallinnuksen mukaan vesimäärä on ollut 2010–2011 aikana noin 110–120 litraa minuutissa ja se jakaantuu kutakuinkin seuraavasti: noin 30 l/min ns. luontainen arvo ennen ONKALON rakentamisen aloitusta, noin 5–10 l/min ONKALON vuotojen vaikutus ja noin 70–80 l/min altaan vedenpinnan noston vaikutus (vedenpintaa nostettiin pysyvästi noin 1 m vuonna 2007). Korvensuon altaasta syvälle kallioperään suotautuvan veden määrä oli mallin mukaan noin 3 l/min ennen ONKALOA ja nykytilanteessa noin 15–20 l/min (josta ONKALON vaikutusta siis on noin 5–10 l/min).

Vuoden 2011 puolella tuotetun kalliopohjavesivirtausmallin päivityksen raportointi viimeisteltiin alkuvuodesta 2012 sekä osana paikkamalliraporttia (POSIVA 2011-02) että hydrogeologisen rakoverkkomallin työraporttina. Muutoin hydrogeologian mallinnuksella tuotettiin laskentatuloksia toisaalta sekä kallion soveltuvuusluokittelun kehitystyötä varten että turvallisuusperustelusta tehtyjen radionuklidien kulkeutumismallinnusten lähtötiedoiksi. Tulosten mukaan mallinnettujen loppusijoitusreikien vuotovesimäärät ovat vähäisiä, esimerkiksi vuotovesiraja 0,1 l/min ylittyy vain 1,6 %:ssa loppusijoitusreistä ja vuotovesivirtaaman 0,01 l/min ylittävien loppusijoitusreikien osuus on vain noin 12 %. Vuotovesivirtaamia rajoittaa erityisesti hydraulisesti kytkeytyneen rakoverkoston harvuus. Siten vuotovesimäärä näyttää riippuvan myös loppusijoitusreiän

etäisyydestä isoihin kalliorakoihin. Vaikutusetäisyydeksi voitiin arvioida noin 20 metriä kalliorakoihin, joiden koko oli vähintään 150 m.

Hydrogeokemia

Hydrogeokemian osalta viimeisteltiin Olkiluodon paikkakuvausten (Site Description) hydrogeokemian mallinnusosuus. Malli kuvaa mennyttä hydrogeokemiallista kehitystä, pohjavesityyppien alkuperää ja viipymää, suolaisuusjakaumaa, pohjavesisysteemin kemiallista puskurikykyä ja ONKALON aiheuttamia muutoksia pohjavesiolosuhteissa. Paikankuvaus sisältää ensimmäisen miljoonia vuosia käsittävän Olkiluodon geokemiallista kehitystä kuvaavaan mallin. Tämän paleohydrogeokemiallisen mallin avulla tulkitaan myös pohjaveden virtauskäyttäytymistä menneiden ympäristömuutosten seurauksena. Mallin tueksi tehtiin virtaussimulointeja, joilla tarkasteltiin kallion rakopohjaveden ja kiven matriksihuokosveden välistä diffuusiota, suolaisuuden kehitystä ja vuorovaikutusaikoja, sekä tarkennettiin käsitystä matriksihuokoisuuden rakenteesta. Lisäksi tehtiin täydentäviä geokemiallisia mallitarkasteluja liuenneen sulfidin käyttäytymisestä Olkiluodon pohjavesiolosuhteissa. Suotautumiskokeen tuloksia on simuloitu reaktiivisen kulkeutumismallinnuksen avulla.

Kalliomekaniikka

Kalliomekaniikan mallinnus keskittyi vuonna 2012 POSE-kokeen kolmannen vaiheen ennustemallinnukseen, jonka perusteella on suunniteltu ja instrumentoitu vuonna 2013 toteutettava koe. Lisäksi on tehty aiempien POSE-kokeen vaiheiden takaisinlaskentaa ja tulosten raportointia.

Olkiluodon kalliomekaanisen mallin (RMM) koostamista jatkettiin vuonna 2012 lisäämällä malliin aiempien vuosien aikana kertynyttä tutkimustietoa sekä kehittämällä mallin käytettävyyttä ja visualisointia laajemman käyttöönoton mahdollistamiseksi. Mallinnuksen tarkoituksena on tarkastella mm. rikkonaisuusvyöhykkeiden vaikutusta jännityskentän suuntaan tai suuruuteen. Mallinnukset raportoidaan erillisinä raporteina.

Pintaympäristö

Pintaympäristön monitoroinnin (ks. kohta Monitorointiohjelma) lisäksi vuonna 2012 toteutettiin kampanjaluonteisia biosfääritutkimuksia: Olkiluodon sekä Eurassa ja Eurajoella sijaitsevan kahden järven ranta- ja vesikasvillisuudesta ja sedimenteistä kerättiin näytteitä ja vuonna 2010 aloitettua suokohteiden tietojen täydentämistä Olkiluodon ulkopuolella sijaitsevilla soilla jatkettiin Eurajoen Lastensuon täydentävillä kasvillisuus- ja turvetutkimuksilla. Maaperätutkimuksiin liittyen Olkiluodossa kaivettiin kaivinkonekuoppa, josta kartoitettiin maaperän kerrosrakenne ja otettiin laboratorionäytteitä mm. raekoostumuksen ja alkuainepitoisuuksien määrittämiseksi. Lisäksi Posiva osallistui valtakunnalliseen saaristolintuseurantaan Olkiluodon merialueen ulkoluodoilla ja -saarilla.

KALLIOLUOKITTELU

RSC-lyhenteen merkitys laajennettiin vuonna 2012 käsittämään pelkkien kallion soveltuvuuskriteereiden (Rock Suitability Criteria) sijaan kallion soveltuvuusluokittelumenetelmä kokonaisuudessaan, ja lyhenteen uudeksi merkitykseksi määriteltiin Rock Suitability Classification, kallion soveltuvuusluokittelu. Vuoden 2012 aikana tehtiin vuoden 2011 lopulla hyväksytyihin soveltuvuuskriteereihin vielä pieniä muutoksia, lähinnä sanamuotojen selvennyksiä, ja jatkettiin kriteereiden käytännön soveltamisen ja varmentamisen sekä kallion soveltuvuusluokittelussa käytettävän prosessin kehittämistä demonstraatiotilojen rakentamisen edetessä. Demonstraatiotilojen yhteydessä nousivat esille erityisesti louhittuun tunneliin sallittavaan vesivuotomäärään liittyvät kysymykset, joita pohdittiin mm. loppusijoitustunneleiden täyttöä käsitellessä kaksipäiväisessä työkokouksessa. Myös laajoihin rakoihin liittyvien kysymysten pohdintaa jatkettiin, mm. suunnitelmalla Olkiluodon kallioperän hauraiden rakenteiden stabiiliuden ja mahdollisiin postglasiaalisiin maanjäristyksiin liittyvän siirrostumisalltiuden lisätarkastelua numeerisen mallinnuksen keinoin.

Demonstraatiotilojen rakentamisen edetessä luokiteltiin kallion soveltuvuus

useaan otteeseen. Demonstraatiotunnelin 1 osalta viimeinen soveltuvuusluokittelu suoritettiin marraskuussa, jolloin koeloppusijoitusrei'issä tehtyjen tutkimusten ja niitä seuranneen pienen mittakaavan mallin päivityksen jälkeen määritettiin koereikien lopullinen soveltuvuus; neljästä koeloppusijoitusrei'istä kolme täytti kaikki rei'ille asetetut soveltuvuus-kriteerit ja luokiteltiin soveltuviksi. Demonstraatiotunnelin 2 soveltuvuus luokiteltiin sekä toukokuussa tunnelin loppuosalle kairatun pilottireiän tutkimusten jälkeen, että elokuussa tunnelin louhinnan valmistumista seuranneiden tutkimusten jälkeen. Jälkimmäisen soveltuvuusluokittelun tulosten perusteella määritettiin tunneliin sijoitettavien koeloppusijoitusreikien paikat, joille kairattiin marraskuussa pystyt pilottireiät valittujen paikkojen soveltuvuuden varmentamiseksi. Demonstraatiotunnelin 2 osalta kallion soveltuvuusluokittelutyö jatkuu edelleen vuonna 2013.

Vuoden 2012 lopulla ilmestyi kalliion soveltuvuusluokittelua kuvaava raportti (POSIVA 2012-24). Raportissa on mm. esitetty hyväksytyt soveltuvuus-kriteerit sekä niihin johtanut kehitys- ja testaustyö, kuvattu kalliion soveltuvuusluokittelumenetelmä ja sen soveltaminen demonstraatiotilojen rakentamisen yhteydessä, sekä esitetty yhteenveto Olkiluodon kallioperän geologisista ominaisuuksista loppusijoitusyvytydelä ja paikan yleisestä soveltuvuudesta loppusijoitukseen.

Monitorointiohjelma

ONKALOn rakentamisen aiheuttamia mahdollisia muutoksia on seurattu tätä varten erikseen perustetun monitorointiohjelman (OMO) avulla (POSIVA 2012-01). Ohjelman tavoitteena on tuottaa tietoa loppusijoituspaikan tilasta ja Posivan toiminnan ympäristövaikutuksista Olkiluodossa. Ohjelmaan kuuluu kalliomekaaninen, hydrologinen, hydrogeokemiallinen, pintaympäristön ja vieraiden aineiden monitorointi. Lisäksi ohjelman piiriin on lisätty teknisten vapautumisesteiden käyttäytymisen monitorointi. Monitorointitutkimuksista julkaistaan vuosittain tutkimusalakoh-

taiset tulosraportit Posivan työraportti-sarjassa. Teknisten vapautumisesteiden monitorointi on vielä kehitysasteella, joten siihen liittyvät kehitys- ja tutkimustulokset raportoidaan muun teknisten vapautumisesteisiin liittyvän raportoinnin yhteydessä.

Alla on esitetty yleispiirteisesti loppusijoituspaikkaan liittyvät monitorointiaktiiviteetit osa-alueittain vuonna 2012.

KALLIOMEKANIikka

Kalliomekaaninen monitorointi jatkui vuonna 2012 edellisten vuosien tapaan. Mikroseismisen monitoroinnin osalta aineiston analysointi ja havaintojen seuranta on jatkuvaa. Asemaverkon havaitsemista tapauksista suurin osa on ONKALOn louhintaräjähdyksiä. Muut seismiset tapahtumat ovat tyyppillisesti joko maanpäällisten tai maanalaisten rakennustöiden aiheuttamia.

GPS-mittaukset Olkiluodossa ja lähialueella tehtiin keväällä ja syksyllä. Lisäksi tehtiin kalliion kiintopisteiden tarkkavaaitus GPS-pisteillä, ONKALOn ja VLJ-luolan ympäristössä sekä Olkiluodonsalmen yli. Mittausten tarkoituksena on mikroseismisen monitoroinnin tavoin varmistaa käsitystä Olkiluodon kallioperän vakaudesta sekä arvioida maannousun nopeuden vaihtelua Olkiluodossa ja sen lähialueilla. Vuonna 2012 raportoitujen tarkkavaaitustulosten perusteella vuonna 2007 havaittu pieni liike Olkiluodonsalmessa on tasaantunut. GPS-asemaverkon laajennus ja kehitys aloitettiin vuonna 2010 ja sitä on jatkettu edelleen vetämällä sähköjä vanhoille pilareille ja asentamalla jatkuvasti mittaavia antennejä. Kehitystyöllä sekä laajennetaan havaintoaluetta että parannetaan havaintotarkkuutta.

ONKALOn teknisten tilojen alueelle syksyllä 2011 asennettujen kahden ekstensometrin lukeminen on jatkunut. Ekstensometreillä seurataan kahden itä-länsisuuntaisen hallin välissä olevan pilarin muodonmuutosta. Ennustetut ja toteutuneet siirtymät ovat olleet 1–2 millimetrin luokkaa. Lisäksi ONKALOn poistoilmakuilussa tasovälillä -290...-437 m sekä demonstraatiotiloissa tehtiin vuoden 2012 aikana kymmeniä jännitystilamittauksia, joista saadaan tietoa jännityskentästä sen monitorointia varten.

HYDROLOGIA

Hydrologinen monitorointi toteutettiin vuonna 2012 pääpiirteissään saman ohjelman mukaisesti kuin vuonna 2011. ONKALOn rakentamisen alkuvaiheeseen verrattuna suurin muutos on ollut painopisteen keskittyminen kairareikien virtausolosuhteiden monitoroinnista paineseurantaan.

Pohjaveden pinnankorkeutta havainnoitiin sekä matalissa pohjavesiputkissa ja kairarei'issä että avoimissa syvissä kairarei'issä manuaalisesti kerran kuu-kaudessa. Muutamia pinnankorkeuden referenssireikiä sekä suotaumakoalueella sijaitsevia matalia reikiä on myös seurattu automaattisten pinnankorkeusantureiden avulla. Paine korkeuden seuranta tapahtui monitulattujen syvien kairareikien automaattisen paineseurantaverkoston (GWMS) avulla. Datojen online-seuranta toimi vuonna 2012 suunnitellusti ja vuoden aikana datan käsittelyä ja analysointia kehitettiin edelleen. Vuoden 2012 alusta alkaen otettiin käyttöön alenemamäärittelyssä havainnoille tehtävän luonnontilakorjauksen (pohjavesi ja merenpinnankorkeus) lisäksi vuorovesi- ja painekorjaus.

Vuoden 2012 lopussa oli 28 syvä kairareikää monitulattuna ja liitettynä monitorointiverkoston. Vuoden 2012 aikana tehtiin reikien OL-KR11 ja OL-KR28 tulppausten korjauksia ja tulpattiin uusi reikä OL-KR51. Isot vetäjohtavat HZ20-rakenteet lävistettiin ONKALOn ajotunnelilla vuoden 2008 lopussa sekä 2008–2009 vaihteessa. Vuosien 2009–2012 aikana on lävistetty samat rakenteet useasti kuilujen injektointirei'illä. Lisäksi poistoilmakuilu ONK-KU2 nousuporattiin syvyysväliltä -290...-437 m lokakuussa 2011. Rakennelävistyksiin liittyvien vuotojen vaikutuksia pohjaveden paineeseen on seurattu ja analysoitu edellisten vuosien tapaan myös vuoden 2012 aikana.

Vuoden 2012 aikana koottiin suunnitellusti neljännesvuosimuistioita, joissa käsiteltiin pinnan- ja painekorkeuksien tuloksia sekä analysoitiin muiden kenttätapahtumien sekä ONKALOn rakentamisen aiheuttamia lyhytaikaisia vaikutuksia painekorkeuksiin.

Lisäksi monitoroitiin avoimien reikien virtausolosuhteita, vedenjohtavuut-

ta sekä syvistä kairarei'istä että matalista kairarei'istä ja pohjavesiputkista, pohjaveden suolaisuutta (EC), pintavalunnan määrää, merenpinnan korkeutta ja ONKALOn vuotovesiä. Poikkivirtausmittauksia tehtiin vuonna 2012 ensimmäistä kertaa virallisesti monitorointiohjelman puitteissa, kun tehtiin uusintamittaukset rei'issä OL-KR31, -33, -35 ja -36. Hydrologian monitorointiohjelmaan kuuluvista parametreista pintavalunta, sadanta (ml. lumi), roudan paksuus ja suotauma raportoidaan ympäristön vuosittaisessa monitorointiraportissa.

ONKALOSSa monitorointi jatkui vuoden 2012 aikana kerran kuukaudessa tehdyillä kokonaisvuotovesimittauksilla. Mittaukset tehdään mahdollisuuksien mukaan koko tunnelin pituudelta sekä mittapadoilta, joita vuoden 2012 lopussa oli käytössä yhdeksän (PL208, 580, 1255, 1970, 3003, 3125, 3356, 3941, 4580). Mittapatojen avulla mitataan niille kertyvän veden määrää sekä kemiallisia ominaisuuksia (pH, johtokyky). Erikseen mitattiin myös kuilujen vuotovesiä kuiluosuuksien alapäässä sijaitsevien keräysurien avulla. Mittapatojen 3125 ja 3356 välissä sijaitsevat HZ20-rakenteet. ONKALOn keskimääräinen kokonaisvuotovesimäärä lisään-

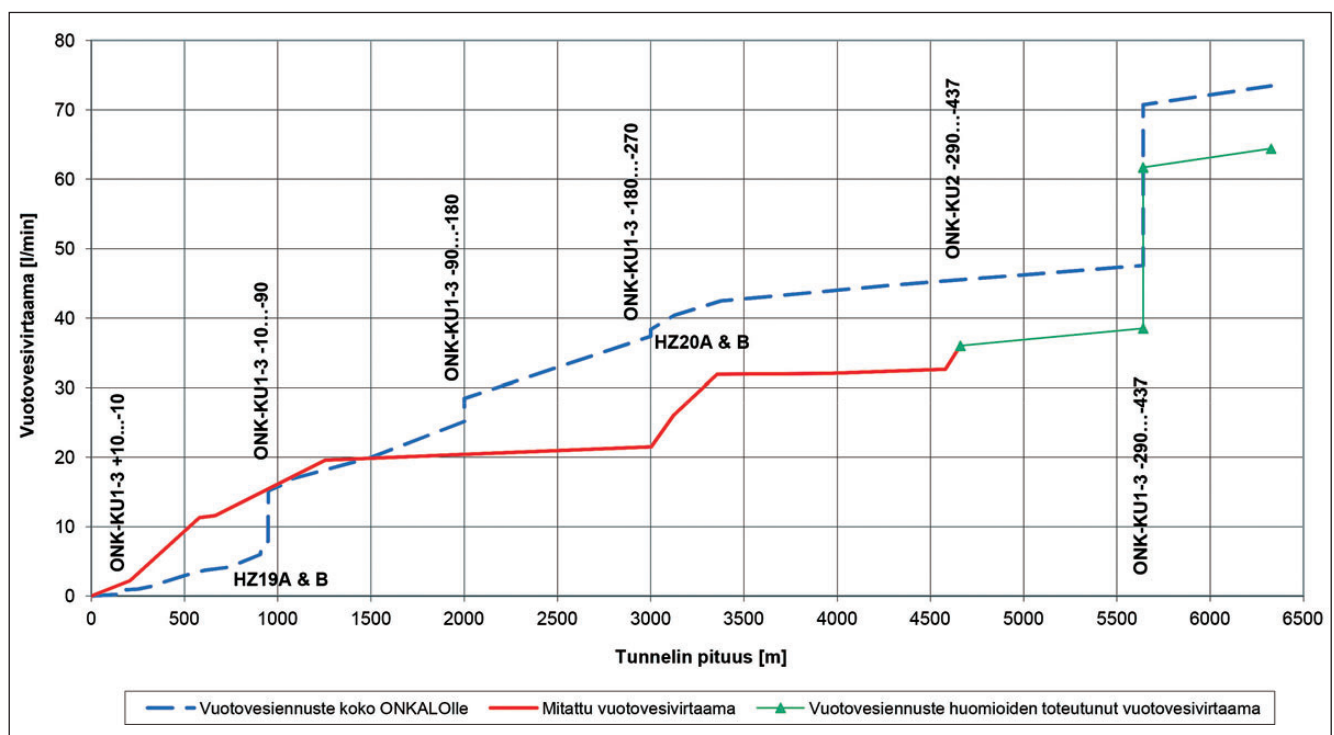
tyi vuoden 2008 20 l/min:sta vuoden 2009 33 l/min:ssa, mihin tärkeimpänä syynä olivat HZ20-rakenteiden lävistys ajotunnelilla ja kolmen kuilun nousu- ja laskeutuminen tasolle -290 m asti. Ajotunnelin osalta vuotovesimäärä on pysynyt lähes samana kuin edellisinä vuosina (2012 keskimäärin 34 l/min paalulle 4580 asti), koska vuosien 2010–2012 aikana louhitussa ajotunneliosuudessa on esiintynyt hyvin vähän vettäjohtavia rakoja ja rakenteita. Lokakuussa 2011 nousu- ja laskeutuneen poistoilmakuilun (-290...-437 m tasoväli) vuoto on vuoden aikana tehtyjen mittausten mukaan ollut keskimäärin noin 3,5 l/min. ONKALOn kokonaisvuotovesimäärä on vuoden 2012 aikana ollut keskimäärin noin 37 l/min (edustava mittaustulos 18.11.2012 on esitetty kuvassa 5). Vuoden 2012 aikana tehtiin kerran silmämääräinen vuotovesikartoitus koko tunnelin pituudelta vuotavien rakojen ja vyöhykkeiden paikallistamiseksi ja vuotokohtien mahdollisten muutosten seuraamiseksi. Lisäksi ONKALOSSa tehtiin monitorointivirtausmittaus karakterisointireiässä ONK-KR13.

HYDROGEOKEMIA

Olkiluodon hydrogeokemian monito-

rointiohjelma toteutui vuonna 2012 pääpiirteittäin tehtyjen näytteenottosuunnitelmien mukaisesti. Tutkimusten pääpainona oli seurata suolaisuusmuutoksia ja sulfaatin pelkistymiseen liittyviä ilmiöitä, joita molempia on aikaisempien vuosien aikana havaittu etenkin pääraukovyöhykkeissä 100–500 m syvyydellä. Lisäksi tutkimukset painoutuivat myös syviin (> 500 m) vettäjohtaviin rakenteisiin. Kattavia tutkimuksia tehtiin myös ONKALOn monitorointikohteista.

Olkiluodon alueen pohjavesikemiasa on havaittu muutoksia, mm. kallion yläosan bikarbonaattipitoisia vesiä on kulkeutunut syvemmälle monitorointipisteisiin ONKALOn aiheuttaman hydraulisen gradientin vuoksi. Hydrologiset rakenteet HZ20A ja -B vetävät voimakkaasti pohjavettä kohti ONKALOA, mikä aiheuttaa joko laimenemista tai suolaantumista riippuen monitoroitavan kairareiän avoimuudesta/tulppauksesta. Vyöhykkeessä HZ20A, joka on yhteydessä maan pintaan, tapahtuu yleisesti laimenemista. Sen sijaan vyöhykkeessä HZ20B sijaitsevien monitorointikohteiden on havaittu laimenevan, jos kairareikä on avoin, ja suolaantuvan joissakin tapauksissa, jos kairareikä on tulpattu. Suolaantumisten todettiin tasaantuneen



Kuva 5. Vuotovesimittauksen tulos 18.11.2012 36 l/min (josta 3,4 l/min on poistoilmakuilusta) ONKALOn ajotunnelin paalulle 4580 sekä poistoilmakuilun tasolle -437 m.

2012. Lisäksi reiän OL-KR22 tulppauksen peittäminen kesällä 2009 on tehostanut bikarbonaattiveden virtausta HZ20-vyöhykkeeseen. Tämä havaittiin jo vuoden 2010 näytteenotoissa ja se on edelleen nähtävissä vuoden 2012 tuloksissa. Vastaava kemiallinen häiriö havaitaan myös 2011 tapahtuneen OL-KR28 tulppauksen peittämisen seurauksena. HZ21-rakenteen monitorointikohteista on kuitenkin havaittu, ettei ONKALOn aiheuttama korkea hydraulinen gradientti ole vielä vaikuttanut syviin suolaisiin pohjavesiin. Selkein yksittäinen muutos monitorointikohteissa on havaittu kairareikässä OL-KR1 syvyydellä 311–336 m, jossa suolaisuus on noussut merkittävästi. Kyseinen monitorointikohte sijaitsee HZ056-rakenteen vaikutusalueella, joka on yhteydessä ONKALOn. Tämä yhteys voi mahdollistaa suolaisuuden nousun tutkimusvälissä. Tästä syystä kairareikä OL-KR1 suolaisuuden muutoksia tullaan tarkkailemaan tehostetusti.

Korvensuon altaan laimentava vaikutus pohjavesiin on havaittu etenkin sen läheisyydessä sijaitsevilla matalissa pohjavesiputkissa ja kalliorei'issä. ONKALossa pohjavesinäytteitä on otettu ohjelman mukaisesti ensisijaisesti pohjavesiasemista. Pohjavesiasemia on vuoden 2012 aikana ollut säännöllisessä seurannassa kymmenen. Näissä on tehty sekä pohjavesikemiallisia että mikrobiologisia tutkimuksia, ja tulokset ovat vastanneet muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta hyvin pohjaveden luonnollista tilaa. Poikkeuksista mainittakoon nouseva sulfaattipitoisuus, joka havaittiin jo vuoden 2011 sekä nyt myös vuoden 2012 näytteenotoissa loppusijoitusyvydellä olevassa pohjavesiasemassa (ONK-PVA9) sekä havaintokohteena olevan rakovyöhykkeen (ONK-RV4385) vesinäytteenotoissa. ONK-PVA9 ja ONK-RV4385 on katsottu liittyvän pystyrakenteeseen BFZ045. Nämäkin muutokset johtuvat todennäköisesti ONKALOn aiheuttamasta hydraulisesta gradientista.

ONKALOn rakentamisen välittömästi aiheuttamien vaikutusten tutkimuksia jatkettiin vesinäytteenotoin vettä vuotavista raoista ja rakovyöhykkeistä sekä ONKALOn pois pumpattavista vesistä. ONKALOn rakentaminen, eri-

tyisesti ruiskubetonointi, aiheuttaa ONKALOn pois pumpattaviin vesiin aika ajoin huomattavan korkeita pH-arvoja (10–12), joka kuitenkin neutraloituu nopeasti laskuojassa, eikä sen ole todettu aiheuttavan ympäristölle haittaa.

PINTAYMPÄRISTÖ

Olkiluodon pintaympäristön monitorointi jatkui vuonna 2012 pääosin suunnitellun tutkimusohjelman mukaisesti. Säännöllinen tutkimustoiminta käsitti Olkiluodon metsien tilan seurannan, pintavesien näytteenotto-ohjelman ja riistaeläinkantojen seuraamisen metsästäjien haastattelututkimuksella. Syyskuussa toteutettiin Olkiluodon etelä- ja pohjoisrantojen matalien vesialueiden laserkeilaus (ns. vihreä lidar). Lisäksi Posiva seuraa TVO:n ja muiden tahojen alueella tekemiä ympäristötutkimuksia.

VIERAAT AINEET

Vieraiden aineiden seuranta ja valvonta on osa Posivan monitorointiohjelman. Vierailta aineilla tarkoitetaan kaikkia ONKALOn rakentamisessa käytettyjä materiaaleja ja aineita, jotka eivät kuulu loppusijoitusjärjestelmään. Vuoden 2012 aikana käsiteltiin kaikkiaan 63 kappaletta vieraisiin aineisiin liittyvää hakemusta tai aiemman käyttöalueen muutosehdotusta. Kunkin vierasaineen käyttöä kuvataan erillisessä asiakirjassa, jonka liitteinä ovat aineen käyttöturvalisuuksiedote ja käyttöohje. Tiedot on talletettu materiaalikäsikirjaan.

Vuoden 2012 aikana seurattiin sovitun käytännön mukaisesti ONKALOnsa käytettyjen rakennusmateriaalien määrää. Urakoitsijoiden toimittamien pöytäkirjojen avulla lasketaan sementin kulutus niin injektioinneissa kuin ruiskubetonoinnissa vuosittain. Myös räjähdysaineiden, maalien ja rakentamisessa käytettyjen erityyppisten metallipulttien määrää seurataan.

ONKALOn louhintatyössä syntyvien ja kallioseiniin jäävien räjähdysainejäämien analysointia jatkettiin vuonna 2012. Saatujen analyysitulosten perusteella arvioitiin, kuinka paljon 10 cm paksussa kalliokerroksessa on räjähdysainejäämiä. Olettamalla, että kaikki yhdisteet liukenisivat ONKALOn koko tilavuuteen, saatiin selville aineiden

molaariset pitoisuudet yksikössä mol/L. Vuoden lopulla alettiin arvioida kyseisten pitoisuuksien mahdollista vaikutusta pitkäaikaisturvallisuuteen.

Vuoden 2012 aikana valmistuivat ONKALOn ajoväylän päällystämiseen suunnitellun Densiphalt-pinnoitteen liukoisuustutkimustulokset. Näytteistä analysoitiin CEN/TS 14405 -standardin mukaisella läpivirtaustestillä haitallisten metallien kokonaispitoisuudet kuningasvesiuutolla ja pyrolyttisesti sekä PAH, PCB ja mineraaliset öljyt. Testin liuoksista määritetään asetuksessa mainitut haitalliset alkuaineet ja anionit sekä liennut orgaaninen hiili, pH ja johtokyky. Kokonaispitoisuuksia ja liukoisuuksia verrattiin asetuksen raja-arvoihin. Liukoisuudet olivat erittäin pienet, joten Densiphalt-pinnoite näyttäisi soveltuvan ajoväylän päällystämiseen. Sulkemisen yhteydessä pinnoite poistetaan, mutta pinnoitteen käyttöaika on noin 100 vuotta, joten jatkossa tullaan selvittämään, voiko sen pitkäaikaisesta käytöstä aiheutua haittaa ONKALOn pitkäaikaisturvallisuudelle.

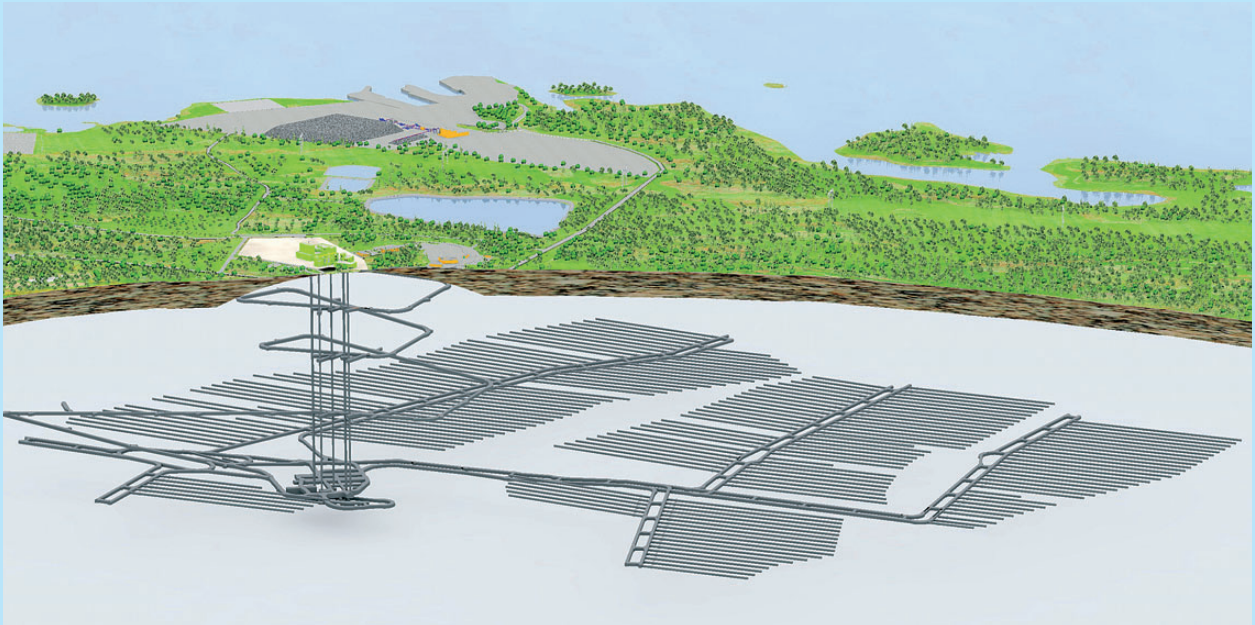
Vuonna 2012 tehostettiin ONKALOn läjitysalueen ja sieltä pois johtavien ojien tutkimusta. Tutkimuksella pyritään selvittämään, onko läjitysalueelle ja sieltä pois johtaviin ojiin joutunut ONKALOnsa käytettävää niskavoiteluöljyä tai räjähdysainejäämiä.

Laitossuunnittelu

Kapselointi- ja loppusijoituslaitos koostuu maanpinnalle rakennettavasta kapselointilaitoksesta, muista toimintaa palvelevista maanpäällisistä rakennuksista ja rakennelmista sekä maanalaisesta loppusijoituslaitoksesta. Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakennustyöt alkavat sen jälkeen, kun rakentamislupa on myönnetty. Laitoksen käyttötoiminta on tarkoitus aloittaa 2020-luvun alkupuolella käyttöluvan myöntämisen jälkeen.

Välivarastoista tuotu käytetty ydinpolttoaine pakataan

kapseleihin kapselointilaitoksessa ja siirretään hissillä loppusijoitustilaan. Nykyisten suunnitelmien mukaan loppusijoitustilat louhitaan tasovälille -400...-450 m yhteisen kerrokseen. Kulku maanalaisiin tiloihin tapahtuu ajotunnelin ja kuilujen kautta. Loppusijoitustunneleiden lattiaan porataan loppusijoitusreiät, joihin kapselit sijoitetaan. Kapseleita ympäröivät kauttaaltaan puristetut bentoniittilohkot, jotka paisuvat voimakkaasti vettymisen seurauksena. Tiloja laajennetaan loppusijoituksen edessä louhimalla lisää loppusijoitus- ja keskustunneleita.



Kapselointilaitos

Kapselointilaitoksen suunnittelussa keskityttiin vuoden 2012 aikana rakentamislupahakemusaineiston laadintaan. Aineistot valmistuivat toimintavuoden lopussa. Työssä pyrittiin huomioimaan parhailtaan päivityksen kohteena olevien STUKin YVL-ohjeiden täsmentyneet vaatimukset niiltä osin, kun ne olivat jo tiedossa.

Kapselointilaitoksen järjestelmäsuunnittelussa valmistuivat suunnitelmapäivitykset polttoaineen käsittelykammion (kuva 6) laitteistojen esisuunnitelmille, joista merkittävin on polttoaineen siirto-

koneen suunnitelma. Samassa yhteydessä polttoaineen siirtokoneelle valmistui systemaattinen vaatimusmäärittely tukemaan tulevaisuuden yksityiskohtaista suunnittelua ja laitteen hankintaa. Kehitettyä menettelyä on tarkoitus hyödyntää myös muiden kapselointilaitoksen järjestelmien vaatimusmäärittelyssä. Lisäksi valmistui kapselin siirtotrukin suunnitelmapäivitys. Siirtotrukkia käytetään kapselin siirroissa kapselointilaitokselta kapselihissiin ja loppusijoitusvyödyllä siirtoihin hissistä pois. Siirtotrukin perustana on valmis kaupallinen sovellus, jota modifioimalla voidaan täyttää kapselin siirtoa koskevat erityisvaatimukset.

Kapselointilaitoksen ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien sekä sähköjärjestelmien suunnitelmapäivitykset valmistuivat ja päivitettyjä suunnitelmia käytettiin rakentamislupa-aineiston perustana. Myös laitoksen säteilymittausjärjestelmistä laadittiin periaatesuunnitelmat ja järjestelmäkuvaukset.

Kapselointilaitoksen suunnittelussa jatkettiin myös valmisteluja laitoksen toteutussuunnitteluvaiheen käynnistämiseksi. Kapselointilaitoksesta valmistuivat pääpiirustustasoiset suunnitelmat rakentamislupahakemusaineistoa sekä muiden tekniikan alojen jatkosuunnittelua varten. Myös laitoksen rakennustek-

ninen mitoitus päivitettiin vastaamaan nykyistä laitossuunnitelmaa.

Loppusijoituslaitos

Loppusijoituslaitoksen suunnittelutyö keskittyi vuonna 2012 niin ikään rakentamislupahakemusaineiston laadintaan. Loppusijoitustiloille laadittiin hakemusaineistoa varten asemointisuunnitelmat 9 000 tU:n polttoainemäärälle huomioiden viimeisimmät kallioperän tutkimustiedot ja muut asemointia koskevat rajoitteet.

Loppusijoituslaitokseen kuuluvan valmiiden loppusijoituskapselien välivaraston suunnitelmia täydennettiin ja suunniteltiin varaston jäädytysjärjestelmä. Kapselivarasto sijaitsee loppusijoituslaitoksen teknisten tilojen yhteydessä kapselikuilun alapäässä. Varasto on mitoitettu siten, että yhden loppusijoitustunnelin kapselit voidaan valmistaa odottamaan loppusijoitusta ja näin ollen se mahdollistaa mahdollisimman nopean loppusijoituksen avoimma loppusijoitustunneliin.

Kapselikuilun alapäähän suunnittelun iskunvaimentimen toimivuuden varmentamista jatkettiin edellisenä vuonna suunnitellulla koejärjestelyllä, jossa noin 75 kg painava kappale ammutaan putoamisnopeutta vastaavalla nopeudella vaimenninmateriaaliin. Vaimenninmateriaalina tutkitun Leca®-soran materiaalimallin parametrien selvittämiseksi tehtiin lisää materiaalikokeita optimaalisen materiaalin löytämiseksi. Samassa yhteydessä tarkasteltiin myös kapselin putoamisonnettomuutta bentoniitilla vuorattuun loppusijoitusreikään kapselin asennuksen yhteydessä. Kummankin putoamistilanteen analysoinnin tulokset osoittavat kapselin säilyvän ehjänä onnettomuustilanteessa. Jatkossa kuilun pohjalle tulevan vaimentimen materiaaliselvityksiä jatketaan, jotta vaimentimen dimensioita pystytään optimoimaan.

Loppusijoituslaitoksen järjestelmäsuunnittelussa valmistui laitoksen sähköjärjestelmien suunnitelmien päivitys. Lisäksi loppusijoituslaitoksen palosimulointeja ja ilmanvaihdon toiminnan analysointia jatkettiin aiemmin kehitetyn APROS-mallin avulla.



Kuva 6. Polttoaineen käsittelykammio kapselointilaitoksesta. Etualalla kapselin telakointiasema, vasemmalla polttoaineen kuivausasemat ja oikealla kuljetussäiliön telakointiasema. Ylhäällä polttoaineen siirtokone.

Asennus- ja siirtotekniikat

Asennus- ja siirtotekniikoiden kehitystyössä aloitettiin kapselin asennusajoneuvon prototyypilaitteen ensimmäisen vaiheen valmistus. Laite valmistuu vuoden 2013 aikana. Ensimmäisessä vaiheessa keskitytään kapselin asennuksessa tarvittavien laitteistojen toimivuuden varmentamiseen sekä tiukkojen asennustoleranssien toteutumisen osoittamiseen käytännön asennuskokein.

Bentoniittipuskurin asennuslaitteen prototyypin valmistus on niin ikään käynnissä. Tämän asennuslaitteen haasteena ovat tiukat bentoniittipuskurin asennuksen tarkkuusvaatimukset, jotta kapselin asennuksessa tarvittava suora bentoniitilla vuorattu loppusijoitusreikä voidaan saavuttaa. Laite valmistuu vuoden 2013 aikana.

Tunnelin täyteaineen asennuslaitteen prototyypin suunnittelutyö käynnistyi vuonna 2012 konseptisuunnittelulla, jossa kehitettiin laitteen toimintaperiaatteet. Suunnittelu jatkuu konseptivaiheen

jälkeen prototyypin toteutussuunnittelulla. Laitteella on tarkoitus suorittaa täyteainelohkojen sekä lohkojen ja kalliopinna väliin tulevan pellettikerroksen asennus. Haasteena ovat lohkojen vaatimustenmukainen asennustarkkuus sekä riittävä asennusnopeus.

Ydinmateriaali- ja ydinsulkuvalvonta

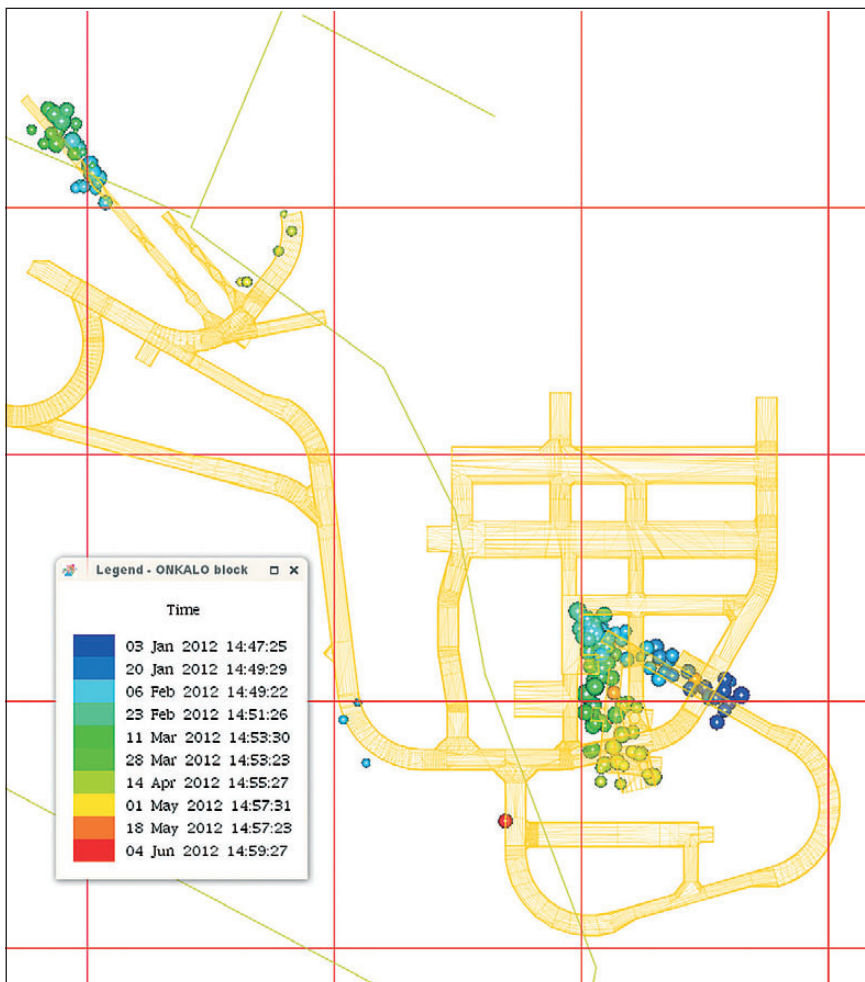
Posivan ydinsulkuvalvonta perustuu ydinsulkuvalvontaa koskevien lakien ja asetusten sekä kansainvälisten sopimusten velvoitteiden täyttämiseen. Posiva on laatinut ydinsulkuvalvontakäsikirjan, jossa on kuvattu ONKALON rakentamisen aikainen ydinsulkuvalvontatoiminta. Nykyisessä muodossaan käsikirja kattaa kapselointilaitoksen ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen käsittelyajan. Ydinlaitosten rakentamisaikana käsikirjaa täydennetään tarpeen mukaan. Loppusijoitustoimintaa varten käsikirjaa on täydennettävä kattamaan Posivan vastuulle tuleva ydinmateriaalin kirjanpito ja raportointi sekä loppusijoitustila valvonta. Rakentamislupahakemuksen liitteenä toimitettiin suunnitelma Posivan valvonnasta rakentamisen ja

loppusijoitustoiminnan aikana.

Posivan ydinsulkuvalvontakäsikirja määrittelee ONKALOA koskevat ennako-, toteuma- ja monitorointitiedot, jotka raportoidaan kolme kertaa vuodessa STUKille. STUK suorittaa lisäksi tarkastuksia, jotka sisältävät ONKALON kalliotilojen katselmukset sekä määrävällein koko ydinsulkuvalvonnan järjestelmätarkastuksen. STUK teki vuonna 2012 neljä ydinsulkuvalvonnan tarkastusta, joista yksi tarkastus oli yhteinen IAEA:n ja Euroopan komission kanssa. Tarkastuksissa ei löytynyt huomautettavaa ONKALON ydinsulkuvalvonnasta.

Maanalaisten kalliotilojen louhinnan valvonta ja monitorointi perustuu velvoitteeseen osoittaa, että ONKALOSSA ei ole suunnittelutietoihin sisällymättö-

miä tiloja. Valvonta tuottaa toteumakuvia, joissa neljän kuukauden jaksoissa on kuvattu louhinta- ja rakennustyöt. Toteumakuvia täydentävät laserkeilauskuvat, joissa kaikki ONKALON muodot näkyvät tarkasti. Monitoroinnissa käytetään Olkiluotoon rakennettua mikroseismistä asemaverkkoa, jonka valvontatiedoista saadaan ajantasaista tietoa räjäytyksistä Olkiluodossa ja lähialueilla. Järjestelmä on osoittautunut hyväksi menetelmäksi valvoa louhintaa mittalaittein ulkopuolelta (kuva 7). Mikroseismistä asemaverkkoa laajennetaan tarpeen mukaan paikannustarkkuuden parantamiseksi. Vuonna 2012 asemaverkkoa laajennettiin asentamalla paikallisverkko ONKALON kuilujen alueelle tasoille -290 ja -437 m.

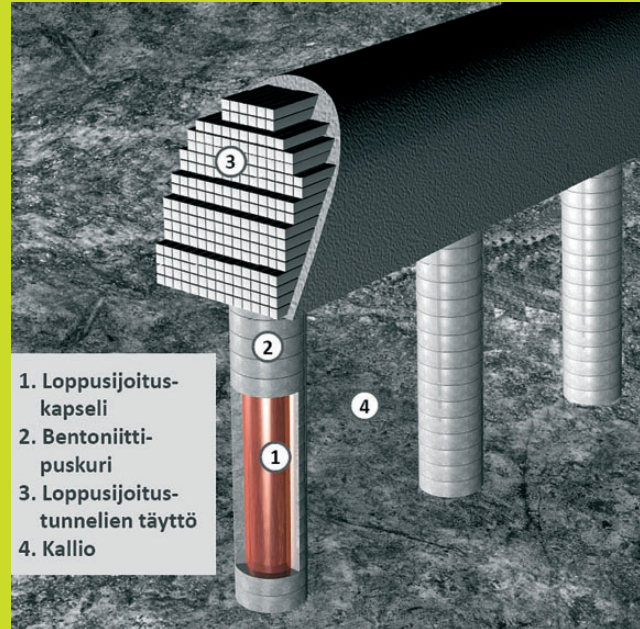


Kuva 7. Mikroseismisen asemaverkon paikantamat ONKALON louhintaräjähdykset vuonna 2012. Louhintoja on tehty pääasiassa demonstraatioalueella, ajotunnelin alaosassa ja kuiluliittymissä tasolla -455 m. Räjähdyspaikkoja osoittavat pallot on väritetty ajankohdan mukaan siten, että sininen edustaa alkuvuotta ja punainen alkukesää, minkä jälkeen louhintoja ei ole tehty. ONKALON louhintasuunnitelma on esitetty keltaisella. (kuva: Marianne Malm, ÅF Consult Oy)

Loppusijoitusjärjestelmä

TVO:n ja Fortumin käytetylle ydinpolttoaineelle suunniteltu loppusijoitusratkaisu perustuu alun perin Ruotsin Svensk Kärnbränslehantering AB:n (SKB) kehittämään KBS-3-ratkaisuun. Kupari-valurautakapseliin pakatut käytetyt polttoaineput sijoitetaan satojen metrien syvyyteen peruskallioon. Loppusijoitusreikiin kalliota ja kapselin väliin asetetaan puristettuja bentoniittiloikoja. Loppusijoituksen päätyttyä kaikki louhitut tilat ja kulkureiitit loppusijoitustilaan täytetään ja suljetaan.

Kapseli, bentoniitti ja kallio muodostavat monikerroksiset, toisiaan varmentavat esteet radioaktiivisten aineiden vapautumiselle. Kapselin kuparinen ulkokuori kestää erinomaisesti pohjaveden aiheuttamaa korroosiota ja valurautainen sisäosa takaa mekaanisen kestävyys. Bentoniitti vähentää pohjaveden pääsyä kapselin pinnalle ja suojaa kapselia kalliosta pieniltä liikunnoilta. Syväällä kallioperässä kapselia ympäröivät olosuhteet säilyvät vakaina pitkiä ajanjaksoja. Kallio suojaa loppusijoitettua polttoainetta myös ulkopuolisilta häiriöiltä.



Kalliotilat

Kalliotilat-tehtäväkokonaisuuden työt liittyivät vuonna 2012 demonstraatiotilojen toteuttamiseen, koeloppusijoitusreikien poraamiseen, injektointiin ja lujitukseen sekä tutkimustilassa 3 tehtyjen louhinnan vauriovyöhyke (EDZ)-tutkimusten toteutukseen.

Ensimmäiset neljä koeloppusijoitusreikää toteutettiin demonstraatiotunneliin 1 Sanna-porakoneella vuoden 2012 alussa (kuva 8). Teknisesti koereikien poraus ja porasoijan poisto onnistui suunnitelmien mukaan. Reikien toteutuneissa mitoissa (esim. syvyys ja reiän suuruus) ei täysin päästy asetettuihin tavoitteisiin. Porausohjeistusta parannetaan seuraavilla koeloppusijoitusreikillä demonstraatiotunnelissa 2.

Demonstraatiotilojen suunnittelu toteutettiin normaalina suunnittelutyönä muun ONKALO-suunnittelutyönä osana. Samoin tunnelit louhittiin osana rakennuttamistoimintaa.

Demonstraatiotunnelissa 2 vuonna 2011 tehdyssä silikainjektointikehitys-

Kuva 8. Loppusijoitusporakone demonstraatiotunnelissa 1. Etualalla väliaikainen kansi ONK-EH7:n päällä.



työssä varsinainen injektointityö tehtiin vuonna 2011, mutta tulosten analysointi ja raportointi tehtiin vuonna 2012. Posivan työraportti kehitystyöstä valmistuu 2013. Silikainjektointia on kehitetty edelleen kaarteissa ONK-TT-4366. Injektointi on kesken ja sen tulokset raportoidaan myöhemmin.

Lujituksen osana on vuoden 2012 aikana kehitetty matalan pH:n pultti-juotosmassaa loppusijoitusvyyhdellä käytettäväksi.

Posiva on tehnyt EDZ:n osalta tutkimustyötä jo vuosia ONKALOn yläosan louhinnasta alkaen. Vuonna 2012 aloitettiin tutkimustilassa 3 EDZ:n hydrologisten tutkimusten ensimmäinen vaihe (kuva 9). Ensimmäisessä vaiheessa lattiaa kairattiin noin 1,5 m syviä reikiä, joissa testattiin veden virtauman tutkimiseen kehitettyjä sekä hydrologisia että geofysikaalisia mittausten menetelmiä. Menetelmät todettiin toimiviksi ja mittauksia jatketaan keväällä 2013 samaisessa tutkimustilassa. Mittausten tarkoituksena on saada määritettyä EDZ-vyöhykkeen hydraulisia ominaisuuksia

ja käyttää saatuja arvoja edelleen pitkäaikaisturvallisuusmallinnuksissa. Tulokset raportoidaan myöhemmin Posivan raporttisarjoissa.

Kapseli

Kapselin suunnitteludokumentaatiota päivitettiin vuoden 2012 aikana vastaamaan valmistuneiden tutkimus- ja kehitystyöiden tuloksia ja rakentamislupahakemuksen tausta-aineistoille asetettuja vaatimuksia sekä aineistoista luonnosvaiheessa saatujen kommenttien perusteella. Uutta tietoa saatiin kapselimateriaalien käyttäytymisestä valmistuksen yhteydessä, materiaalien pitkäaikaiskäyttäytymisestä rasiusten alaisena sekä rakennemateriaalien kyvystä sietää materiaalivikoja kuormitusten aikana. Valurautasisäosan sekä kuparin EB-hitsin jäännösjännityksistä on saatu uutta tietoa, kuten myös valuraudan murtumisvastuksesta ja kuparivaipan muodonmuutoksen ja virumisvenymien kehittämisestä sekä jännitysten relaksaatiosta kapselin odotettavissa

olevien lämpötila- ja kuormitusolosuhteiden aikana pitkällä aikavälillä. Lisätiedot vahvistivat merkittävästi jo aiempaa käsitystä kapselijärjestelmän kyvystä täyttää sille asetetut vaatimukset. Tulokset julkaistiin kapselin suunnitelmaraporttina.

Ydinvoimalaitoksissa käytettävien ydinpolttoaineiden jatkuva kehittyminen korkeampien väkevöintiasteiden ja korkeampien palamien suuntaan on aiheuttanut kapselisuunnittelussa jatkuvaa tarvetta tarkastella kapselirakenteen muodostaman konfiguraation alikriittisyyttä sellaisissa harvinaisissa tilanteissa, joissa yksittäiseen kapseliin joudutaan sijoittamaan korkealle väkevöityä mutta vain vähän tai ei ollenkaan käytettyä ydinpolttoainetta. Tällaisissakin tapauksissa kapselien tulee säilyä alikriittisenä riittävällä varmuudella myös tilanteissa, joissa kapselin sisään pääsee tunkeutumaan vettä. Tarkastelujen mukaan tilanne uusien polttoaineidenkin suhteen on hallinnassa toteutettaessa kapseloitavien polttoainepippujen valinnan yhteydessä



Kuva 9. EDZ-tutkimuksia tutkimustilassa 3.

sopivia seurantatarkastuksia ja sijoittamalla poikkeuksellisen reaktiiviset niput eri kapseluihin.

Kapselien päämitat eivät ole enää pitkään aikaan muuttuneet, sen sijaan yksityiskohtaisiin välyksiin ja mittatoleransseihin on edelleen tehty tarkennuksia. Vuoden aikana osallistuttiin myös SKB-Posiva-yhteistyöprojekteihin vaatimusten määrittämiseksi kapselin eheydelle ja käsittelyille.

KAPSELIN VALMISTUS

Kuparikapselien valmistuksen kehitystä jatkettiin yhteistyössä SKB:n kanssa vuonna 2012. Vuonna 2011 pisto-vetomenetelmällä valmistettujen kuparikapselien tutkimustyö saatettiin loppuun vuoden 2012 aikana ja valmistusprosessin optimointia jatkettiin. Kolme kuparivaluainhiota valettiin käytettäväksi kuparikapselien valmistuskokeissa pisto-vetomenetelmällä. Materiaalin laadullisten ominaisuuksien varmistamisen lisäksi pisto-vetovalmistuskokeen myötä tuotettiin kuparikapselimateriaalia demonstraatiokokeisiin sekä hankittiin valmistuskokemusta. Kuparikapselien valmistuskokeet sujuivat suunnitellusti, mutta kapselien rikkovat materiaalitutkimukset jatkuvat vielä. Varsinainen NDT-tarkastus tehtiin ultraääntä ja pyörrevirtatekniikkaa käyttäen SKB:n kapselilaboratoriossa Oskarshamnissa. Lisäksi tehtiin putkien pinnan visuaalinen tarkastus tallentavalla kameratarkastuksella. Tarkastuksissa havaittiin muutama pintavika, mutta ei sisäisiä vikoja. Yhdessä putkessa havaittiin yksi lähellä pohjaa ulkopinnalla oleva särö, jota vielä tutkitaan. Muutoin putkissa oli paikoitellen lähinnä vaimentumisen vaihteluista, jotka johtunevat raekoon vaihteluista.

OL1 ja OL2 -polttoaineelle suunnitellun BWR-sisäosan valmistuksen kehitystyötä jatkettiin Suomessa. Vuonna 2012 valmistettiin kolme BWR-sisäosaa (I69, I70 ja I71). Sisäosille asetetut vaatimukset täyttyivät sekä mekaanisten ominaisuuksien että mikrorakenteen osalta. Valmistuksen kehitystyössä keskityttiin teräskasetin putkien suuruusvaatimuksen saavuttamiseen sekä teräsputkien tulkattavuuteen valun jälkeen. Samalla keskityttiin teräskasetin valmistusprosessin optimointiin. Teräs-

kasetin polttoainekanavien suuruusvaatimus täyttyi sisäosan I70 osalta. Sisäosa oli vaatimusten mukainen myös pinnanlaadun, mekaanisten ominaisuuksien ja mikrorakenteen suhteen. Viimeiseksi valetun BWR-sisäosan (I71) tarkastukset ovat vielä kesken. Vuoden ensimmäisen sisäosan (I69) NDT-tarkastukset ovat valmistuneet ja niissä havaittiin erilaisia vikoja: pistemäisiä vikoja, joilla ei arvioida olevan merkitystä sisäosan lujuuden kannalta sekä sisäosan kanavan ja ulkopinnan välillä viivamaisia vikoja, jotka sijoittuvat lähelle ulkopintaa noin 20–30 mm syvyydelle. Näiden vikojen tyyppien analysointi on vielä kesken.

Aiemmin Suomessa valmistetulle BWR-sisäosalle tehtiin sarja murtumisitkeyskokeita. Kokeista saadut murtumissitkeysarvot olivat varsin hyvällä tasolla.

Vuonna 2011 valetun, kolmannen VVER-tyyppisen sisäosan (IPV3) tarkastukset saatiin valmiiksi ja sisäosan polttoainekanavat täyttivät niiden suuruusvaatimukset.

KAPSELIN SULKEMINEN

Posivan kapselin sulkemishitsauksen kehitystyötä on jatkettu elektronisuihkuhitsausmenetelmään (EBW) perustuen. Vuoden 2011 lopussa tehty täyden halkaisijan, mutta lyhyen sisäosallisen kapselin sulkemiskoe onnistui ongelmitta. Tämän hitsin tuloksia on analysoitu, mutta lopulliset koetulokset saadaan vasta vuoden 2013 alussa.

Vuonna 2012 hitsattiin useita hitsejä, joiden tavoitteena on selvittää hitsauksen toistettavuutta, luotettavuutta ja virheettömyyttä. Tuloksia käytetään mm. kapselin sulkemismenetelmän valinnassa ja hitsauksen suorituskyvyn eli käytännössä luotettavuuden arviointiin.

Hitsin lähtötilassa merkittävä avoina oleva asia hitsin pitkäaikaisominaisuuksien osalta on hitsin jäännösjännitykset. Jäännösjännitysselvityksiä on jatkettu numeerisella tietokonemallinnuksella (FEM), rikkovilla kokeilla ja erityisellä mittaumenetelmällä, ns. syvän reiän porausmenetelmällä. Alustavien tulosten perusteella jäännösjännitystaso on aikaisemmin havaittua alhaisempi, suuruusluokkaa 40–50 MPa. Tulokset tarkentuvat vuonna 2013,

jolloin tehdään jäännösjännityksistä koosteraportti.

Hitsauksen laadunvarmistusta on kehitetty EBW:n säteen karakterisoinnilla ja työohjeistusta tarkentamalla. Säteen muoto ja ominaisuudet vaikuttavat hitsin virheettömyyteen. Nykyisessä hitsauslaitteistossa on säteen ominaisuuksien mittauspää, jolla voidaan mitata mm. säteen tehokajuma eri hitsausarvoilla ja olosuhteissa. Tätä apuna käyttäen saadaan hitsauslaitteiston säädöt varmennettua ja säteen ominaisuudet tallennettua sähköiseen muotoon.

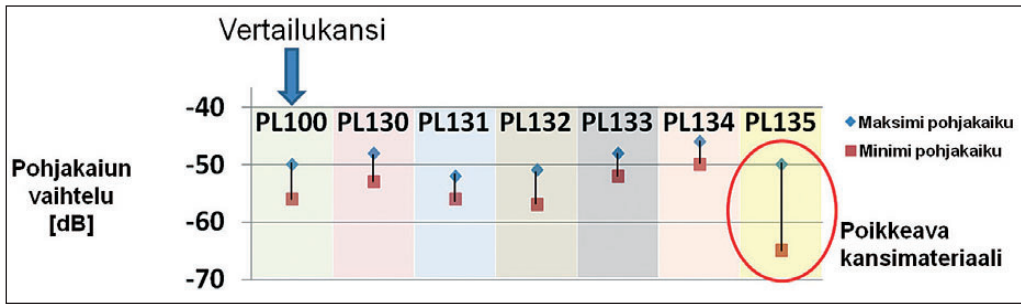
Kitkatappihitsauksen eli FSW:n osalta syksyn 2012 aikana on koostettu tällä hetkellä olemassa olevaa tietoa hitsausprosessin eri osa-alueista raporttiin, jota tullaan käyttämään vuoden 2013 aikana tehtävässä hitsausprosessien vertailussa. Hitsauslaitteiston osalta selvitettiin vaihtoehtoisia laiteratkaisuja eri laitevalmistajilta ja pyrittiin löytämään vastaavanlaisia laitteistoja, jotta saataisiin lisää käyttökokemuksia FSW-laitteiston käyttöön otosta ja tuotantokäytöstä. FSW-laitteistolla SKB:n kapselilaboratoriossa Oskarshamnissa keväällä 2013 tehtävien hitsauskokeiden suunnittelu ja tarpeiden määrittely aloitettiin vuonna 2012.

KAPSELIN HITSIN TARKASTUS

Vuonna 2012 jatkettiin SKB:n ja Posivan tarkastusyhteistyötä. Yhteistyö keskittyi tarkastusten luotettavuuden tutkimiseen, pintatarkastusmenetelmien kehittämiseen ja komponenttien tarkastamisiin. Tarkastusten luotettavuustutkimus keskittyy komponenttien tarkastustulosten arviointiin, POD (Probability of Detection) -käyrien tekemiseen ja inhimillisten tekijöiden arviointiin.

Vuonna 2012 tarkastettiin lukuisia EB-hitsejä, jotka olivat laadullisesti hyvää luokkaa. Edelleen tehtiin merkittävä EB-hitsien parametrien evaluointityö pohjautuen hitsien NDT-mittauksiin. Raporttien viimeistely jatkuu vuoden 2013 alkuun. Tuloksia käytetään omalta osaltaan hitsauksen menetelmän valintaan 2013.

Pyörrevirtatarkastusta kehitetään kuparivaluainhioiden pintatarkastukseen. Kupariputken valmistukseen valetuissa kolmessa valuaihiossa havaittujen tun-



Kuva 10. Takaseinäkaiunmukainen kansimateriaalin luokittelu.

keumanestenäyttämien syvyyksiä arviointiin pyörrevirtatekniikalla. Aihioissa havaitut näyttämät poistettiin hiomalla, mikäli ne olivat syviä, joten ne eivät päätyneet itse putkiin.

Kuparikansia tarkastettiin seitsemän kappaletta (kuva 10). Tarkastuksessa havaittiin, että yhdessä kannessa vaimentuminen oli selkeästi voimakkaampaa kuin muilla johtuen ilmeisesti perusaineen suuresta raekoosta ja sen vaihteluista. Tämä kansi oli valmistettu poikkeavalla valmistusprosessilla.

Kapselin suunnitelma, kapselikomponenttien valmistus, niiden tarkastukset, kapselin sulkemishitsaus sekä hitsin tarkastus, kapselin siirto loppusijoitustiloihin sekä sen asennus loppusijoitusreikään kuvattiin Canister Production Line 2012 -raportissa (POSIVA 2012-16), joka julkaistiin rakentamislupahakemuksen aihekohtaisena raporttina.

Puskuri

Aikaisemmin aloitettua puskurin vettämistutkimusta jatkettiin vuonna 2012 ja tuloksena saatiin tietoa puskurin alkuvaiheen käyttäytymisestä erilaisissa olosuhteissa. Myös tutkimusta ja laboratoriotestejä puskurin ja kallion välisen raon täyttämistä bentoniittipelleteillä jatkettiin. Testejä varten valmistettiin erimuotoisia, -kokoisia ja -tyyppisiä bentoniittipellettejä.

Vuoden 2011 lopussa ONKALON tutkimustilaan 1 asennettu 1/3-mittakaavan puskurikoe jatkui vuonna 2012.

Puskurilohkojen asentaminen loppusijoitusreikään pystysuorustoleranssiensa mukaisesti edellyttää loppusijoitusreiän pohjan tasaisuutta, johon ei loppusijoitusreiän porauslaitteella päästä. Siksi loppusijoitusreiän pohjan tasaamiseen ryhdyttiin suunnittelemaan erillistä tasauslaitetta. Puskurin

asennuksenaikaisen kosteussuojauksen suunnittelua jatkettiin ja työn tuloksena kosteussuojaukseen liittyvien komponenttien (pohjalevy ja siihen kiinnittyvä suojalaineri) yksityiskohtainen suunnitelma saatiin valmiiksi.

Puskurilohkojen valmistustekniikan kehitystyö on jatkunut suunnitelmalla vuonna 2013 alkavaa täysimittakaavaisen lohkojen valmistusta. Valmistustestausta on suoritettu valmistamalla muutamia kooltaan 3/4-mittakaavaisia puskurilohkoja. Samanaikaisesti on laboratoriomittakaavassa valmistettu suurempia määriä pieniä koekappaleita, joilla on voitu tutkia tarkemmin eri tekijöiden vaikutusta lohkojen valmistusprosessiin.

Erityyppisten pellettien valmistusta on testattu laboratoriossa tehdyillä valmistuskokeilla ja tutkittu niiden soveltuvuutta puskurin ja kallion välisen raon täyttämiseen. Tutkittavina ominaisuuksina ovat olleet asennettavuus ja tiivistyminen, pellettien lämmönjohtavuus, eroosioherkkyys ja paisumisominaisuudet.

Puskurilohkojen asennustekniikan kehittäminen on jatkunut Euratomin 7. puiteohjelman LUCOEX-projektissa Posivan, SKB:n, Andran (Ranska) ja Nagran (Sveitsi) yhteistyönä, jossa Posivan osuutena on kehittää puskurilohkojen asennusta, laadunvalvontaa ja asennuksen aikana mahdollisten ongelmien hallintaa. Puskurilohkojen asennuksessa käytettävän asennusvaunun ja lohkojen siirtolaitteen suunnittelu saatiin valmiiksi ja asennusvaunun valmistus käynnistyi vuoden toisella puoliskolla. Samanaikaisesti on suunniteltu vuonna 2013 tapahtuvaa asennusdemonstraatioiden toteutusta ja asennusongelmien hallinnassa käytettäviä työkaluja.

Viime vuosien puskurin suunnittelutyön tuloksena julkaistiin rakentamislupahakemukseen liittyen puskurin

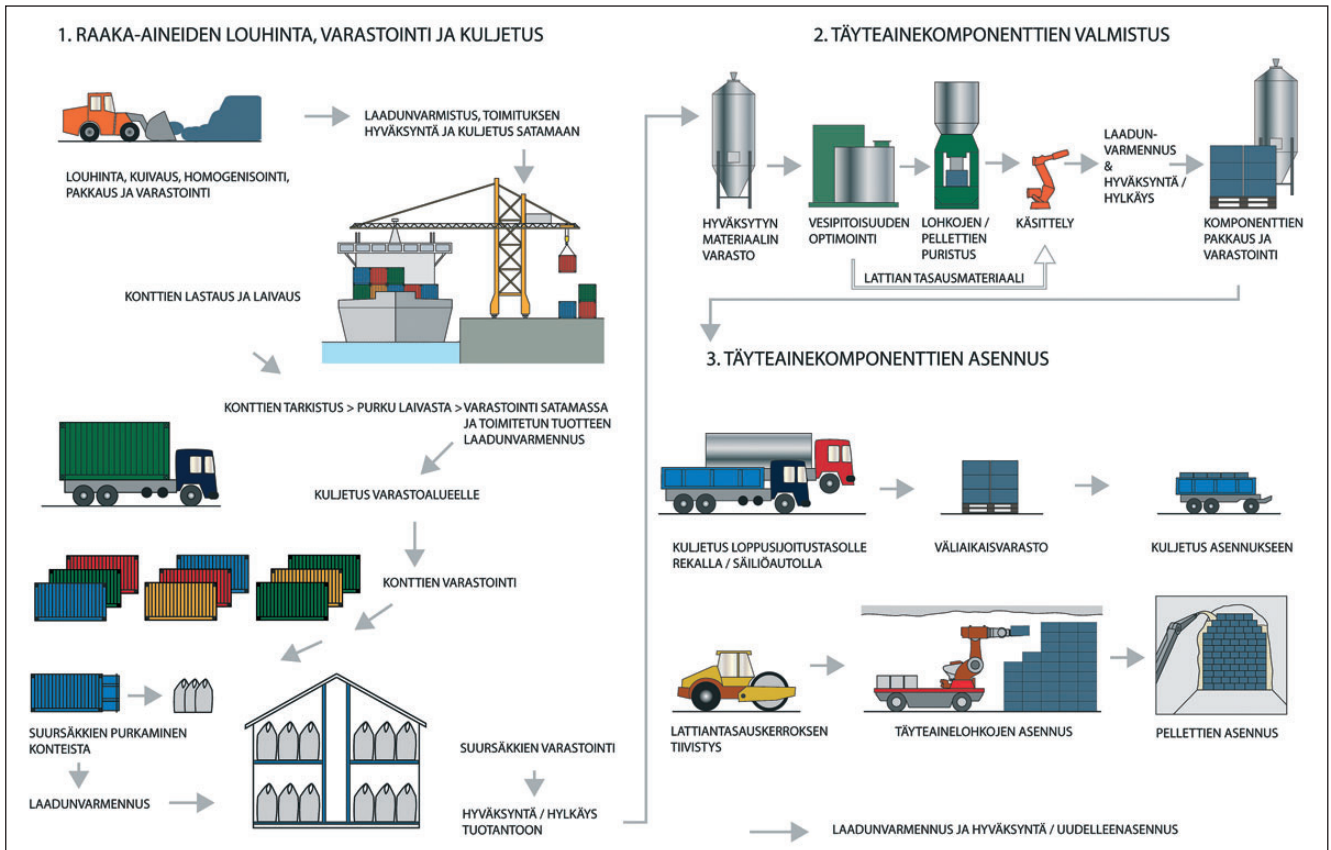
tuotantolinjaraportti (POSIVA 2012-17) vuoden 2012 lopussa.

Tunnelien täyttö

Loppusijoitustunnelien täyttökemian kehityksessä keskityttiin vuonna 2012 loppusijoitustunnelien täyttösuunnitelman päivittämiseen. Täytön tuotantolinjaraportti (POSIVA 2012-18) viimeisteltiin. Raportti sisältää myös loppusijoitustunnelin päätytulpan. Tuotantolinjaraportti kuvaa loppusijoitustunnelin täyttömateriaalin ja päätytulpan tuotannon raaka-aineiden hankinnasta valmistukseen ja aina komponenttien asennukseen asti (kuva 11). Tuotantolinjaraportissa on esitetty tuotantoketjun eri vaiheiden toteutus mukaan lukien kussakin vaiheessa käytettävät laadunvalvontatoimenpiteet. Lisäksi tuotantolinjaraportti kuvaa sekä loppusijoitustunnelien täyttömateriaalin että päätytulpan vaatimukset, alkutilan ja alkutilan vaatimustenmukaisuuden.

Loppusijoitustunnelien lattian tasauskerroksen asentamista ja käyttäytymistä tutkivien testien suunnittelu aloitettiin vuonna 2012. Testien tarkoituksena on tutkia erilaisten tiivistystekniikoiden tehokkuutta ja soveltuvuutta lattian tasauskerroksen asentamiseen. Lisäksi tasauskerroksen laadunvalvontamenetelmien suunnittelu ja testaus on testeissä keskeisessä roolissa.

SKB:n kanssa yhteistyössä tutkittiin osana täyttösuunnitelman kehitystä täytön reunuspellettien kykyä varastoida vuotovesiä, jotka tulevat tunneliin täytön asennuksen aikana. Testeissä pyrittiin jakamaan pistemäisesti tunneliin tulevat vuotovedet laajemmalle alueelle jo asennettuun pellettirintamaan, jotta pellettirintaman kyky varastoida vuotovesiä saataisiin paremmin hyödynnettyä.



Kuva 11. Loppusijoitustunneleiden täytön tuotantolinjan yleiskatsaus.

Täyttölohkojen teollisen mittakaavan valmistusta on testattu valmistamalla pieniä koesarjoja lohkoja, joiden kokoluokka vastaa lopullista loppusijoitustunneleiden täytössä käytettävää lohkokokoa. Lohkoista on otettu näytteitä, joista on analysoitu lohkojen tiheyttä, kosteusominaisuuksia sekä käytetyn menetelmän soveltuvuutta. Saatujen tulosten perusteella on suunniteltu teolliseen tuotantoon soveltuva puristusmuotti ja valmistettu lohkovalmistukseen liittyvää robotilla tehtävää pakkauskäsittelyprosessia. Valmistusmenetelmän toimivuutta on tutkittu puristustestien lisäksi mallintamalla numeerisesti puristusprosessia.

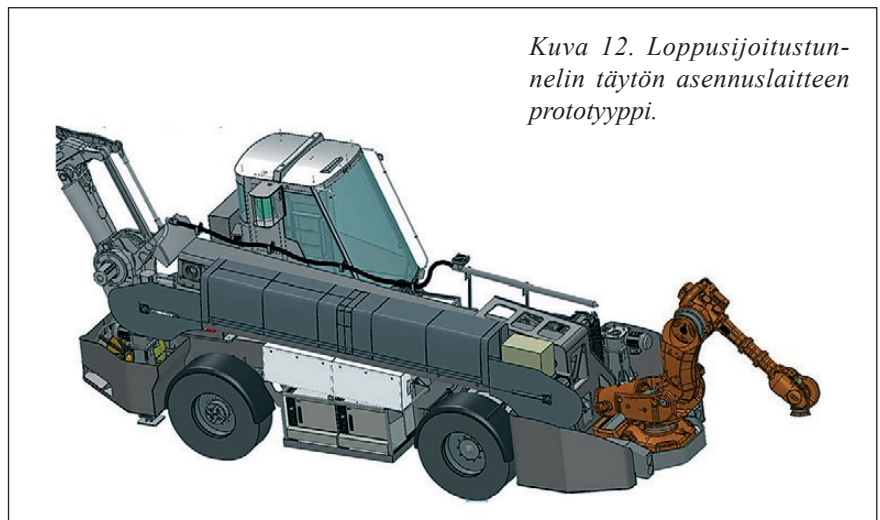
Tunnelin täyttömateriaalien asennuslaitteen suunnittelu on aloitettu. Suunnittelun pohjaksi valittu konsepti on sähköisillä toimilaitteilla varustettu laite (kuva 12). Laitteen tärkeimpiä kokonaisuuksia ovat mm. täyttölohkojen kuljetin, jonka molemmissa päissä on alipainetarttujalla varustettu robotti lohkojen käsittelyä varten. Pellettitäytössä tarkastellaan ykkösvaihtoehtona

paineilmapuhallusta. Täyttömateriaalien logistiikkaa laitteen välittömässä läheisyydessä tarkastellaan konseptitasolla.

Vuonna 2012 käynnistettiin demonstraatioprojekti (POPLU), jonka tarkoituksena on toteuttaa loppusijoitustunnelin päätytulppa komponentti-kohtaisena testinä ONKALON demonstraatioalueella vuonna 2014. Vuodesta

2012 Posiva on osallistunut myös SKB:n kanssa yhteistyöprojektiin, jonka tarkoituksena on vuoden 2013 alussa rakentaa täydenmittakaavan tulppatesti (DOMPLU) Äspön kalliolaboratorioon.

Sekä Posivan POPLU- että SKB:n täydenmittakaavan DOMPLU-tulppatestit ovat mukana Euratomin 7. puiteohjelman DOPAS-hankkeessa, joka käynnistyi syksyllä 2012 ja jota Posiva



Kuva 12. Loppusijoitustunnelin täytön asennuslaitteen prototyyppi.

koordinoi. Hankkeeseen osallistuu 14 ydinjätehuollosta vastaavaa yhtiötä ja tutkimuslaitosta. DOPAS-hanke keskittyy erityisesti käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilojen tulppien ja sulkurakenteiden kehitystyöhön ja testaamiseen täydessä mittakaavassa. Täyden mittakaavan tulppia toteutetaan ONKALOSSA toteutettavan POPLU-projektin lisäksi Ranskassa, Tšekin tasavallassa, Ruotsissa ja Saksassa erilaisissa geologisissa

ympäristöissä sijaitsevissa maanalaisissa tutkimustiloissa.

Tilojen sulkeminen

Tilojen sulkeminen on kuvattu sulkemisen tuotantolinjaraportissa (POSIVA 2012-19), joka valmistui vuoden 2012 lopussa. Tutkimusreikien sulkemisen osalta on suunniteltu reiässä OL-KR24 sijaitsevan tulpan irtikairausta ja per-

foroidun kupariputken sisällä sijaitsevan bentoniitin tutkimuksia. Ruotsissa Äspön kalliolaboratoriossa syvyydessä -460 m sijaitsevaan tunneliin rakennetun täyden mittakaavan loppusijoitusdemonstraation, Prototype Repositoryn, purkamisprojekti on jatkunut tulosten analysoinnilla. SKB:n ja Posivan lisäksi projektiin osallistuu kuusi muuta ydinjäteorganisaatiota.

Turvallisuusperustelun pääkohdat ja tuotantoprosessi

Suunnitelma turvallisuustodisteiden tuottamisesta

Posiva jätti vuonna 2012 käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen. Loppusijoituksen pitkäaikais-turvallisuus on käsitelty lupahakemuksessa ns. turvallisuusperusteluna (Safety Case), jolla kansainvälisesti omaksutun määritelmän mukaisesti tarkoitetaan kaikkea sitä teknis-tieteellistä aineistoa, analyysejä, havaintoja, kokeita, testejä ja muita todisteita, joilla perustellaan loppusijoituksen turvallisuus ja turvallisuudesta tehtyjen arvioiden luotettavuus. Turvallisuusperustelun pääraportit ja raporttien suunniteltu aikataulu vuoteen 2012 asti on esitetty Safety Case Plan 2008 -raportissa (POSIVA 2008-05) ja tätä suunnitelmaa on edelleen päivitetty STUKilta saatujen kommenttien perusteella.

Vuoden 2012 aikana koostettiin Safety Case -raporttisalkkuun sisältyvät seuraavat raportit:

- raportti koskien loppusijoitusjärjestelmän toimintakyvyn osoittamista, ns. Performance Assessment -raportti (POSIVA 2012-04),
- merkityksellisten piirteiden, tapahtumien ja prosessien sekä niiden vuorovaikutusten kuvaus, ns. Features, Events and Processes (FEP) -raportti (POSIVA 2012-07),
- KBS-3V-loppusijoitusratkaisun suunnitteluperusteet pitkäaikaisturvallisuuden näkökulmasta perustuen Posivan vaatimustenhallintajärjestelmään, ns. Suunnitteluperusteet -raportti (Design Basis) (POSIVA 2012-03),
- Skenaarioiden muodostaminen -raportti, jossa esitetään sijoituspaikan ja loppusijoituspaikan kehityskulkujen systemaattisesti perusteltu valinta skenaarioanalyysejä varten (Formulation of radionuclide release scenarios) (POSIVA 2012-08),

- Skenaarioanalyytit -raportti (Assessment of radionuclide release scenarios for the repository system), joka analysoi sellaiset skenaariot, jotka johtavat radionuklidien päästöihin (POSIVA 2012-09),
- loppusijoituslaitosta kuvaava Description of Disposal System -raportti (POSIVA 2012-05),
- Täydentävät tarkastelut -raportti (Complementary considerations), jossa kuvataan antropogeenisiä ja luonnonanalogoita, yksinkertaisin menetelmin tehtyjä laskelmia sekä loppusijoituspaikan geologista historiaa koskevia havaintoja ja muita mahdollisia tarkasteluja turvallisuusperustelun tueksi (POSIVA 2012-11),
- Biosfäärin kuvaus -raportti (Biosphere Description) (POSIVA 2012-06),
- Biosfäärin analyysi -raportti (Biosphere Assessment), jossa esitetään ihmisille, eläimille ja kasveille aiheutuvat annokset (POSIVA 2012-10), ja
- Synteesi -raportti (Synthesis), jossa on esitetty yhteenveto Olkiluotoon rakennettavan loppusijoituslaitoksen suunnitteluperusteista, turvallisuusperustelun metodologiasta sekä toimintakykyanalyysin ja turvallisuusanalyysin keskeisimmistä tuloksista (POSIVA 2012-12).

Raportit tullaan julkaisemaan vuoden 2013 aikana. Lisäksi vuoden 2012 aikana tehtiin alustavat suunnitelmat Mallit ja lähtötiedot -raportin (Models and Data) ja Biosfäärin data -raportin (Biosphere Data Basis) sisällöistä. Raporteissa kuvataan kaikki turvallisuusperustelussa käytetyt mallit ja lähtötiedot. Raportit tullaan julkaisemaan vuoden 2013 aikana.

Vapautumisestien toiminta

ULKOISET OLOSUHTEET

Posiva aloitti vuonna 2009 yhdessä

SKB:n ja kanadalaisen NWMO:n kanssa nelivuotisen Grönlannin analogiaprojektin (GAP), jonka päätavoitteena on selvittää mannerjäätikön vaikutuksia pohjaveden kiertoon ja kemiallisiin ominaisuuksiin. Projektin tuloksia tarvitaan arvioitaessa KBS-3-ratkaisun mukaisen loppusijoituksen turvallisuutta jääkausioloissa. Lisäksi projektin tulosten avulla voidaan tarkastella olemassa olevien jääkausimallien sekä jääkauden aikaisen pohjavesikemiamallinnuksen realistisuutta. Vuosi 2012 oli tutkimusalueella ja koko Grönlannissa poikkeuksellisen, sillä kansainvälisissä tutkimuksissa havaittiin pintasulamista tapahtuvan lähes koko mannerjäätikön alueella. Tutkimusalueella mm. ilman lämpötilaa, auringon lämpösäteilyn määrään ja jäätikön pinnan lämpötilaa mitataan kuvassa 13 nähtävillä automaattisilla sääsensilla. GAP projektin päätavoitteena vuonna 2012 oli tutkimusalueen jäänalaisen topografian tarkentava selvittäminen sekä jäänalaisten paineolosuhteiden ja pohjalla esiintyvän sulan veden geokemiallinen tutkiminen. Vuonna 2011 jäätikön edustalle kairatusta syvästä kairareikästä, joka ulottuu 648 metrin syvyydelle, pyrittiin myös saamaan vesinäytteitä. Vesinäytteenotto ei kuitenkaan teknisistä syistä johtuen onnistunut, joten sitä yritetään uudelleen syksyllä 2013. GAP-projektin vuoden 2012 kenttätyöt ja tutkimustulokset raportoidaan vuoden 2013 loppuun mennessä.

Vuosien 2011 ja 2012 aikana on yhteistyössä Oulun yliopiston kanssa tehty rekonstruktio Järvi-Suomen kielekivirran käyttäytymisestä sekä paleoympäristöistä mannerjäätikön reunan läheisyydessä viime jääkauden aikana Saimaalla ja Salpausselän alueella. Tutkimusten pääkohteena oli Toiseen Salpausselkään kuuluva Kylänniemen alue, jossa geologisin ja geofysikaalisin menetelmin tutkittiin alueen deglasiatiovaiheita. Vuoden 2011 tutkimukset on



Kuva 13. Automaattinen sääasema mannerjäätiköllä Grönlannin Analogia -projektin tutkimusalueella. (kuva: Dirk van As)

jo raportoitu, mutta vuoden 2012 tutkimukset raportoidaan alkuvuodesta 2013.

Posiva on yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen kanssa päivittänyt Olkiluodon ilmastoskenaarioita vuosien 2010–2012 aikana. Vuonna 2012 mallinnuskuvauksia täydennettiin 10 000 vuoden ilmastosimuloinnilla, jossa käytettiin Max Planck Institute -tutkimuslaitoksen UW- ja UVIC-malleja. Näiden mallien avulla simuloinneissa voidaan ottaa huomioon myös hiilen kierto, toisin kuin vuonna 2011 tehdyssä 100 000 vuoden ilmastomallinnuksessa. Tulosten mukaan maapallon ilmasto lämpenee 0,3–8 astetta kuluvan vuosituhannen aikana johtuen ihmiskunnan tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä. Lämpenemisen suuruus riippuu päästöjen määrästä. Ilmaston palautuminen esiteolliselle tasolle kestäisi yli 10 000 vuotta. Mallisimulaatiot, joissa käytettiin pieniä, melko suuria tai suuria päästöjä, ennustivat Olkiluodossa ilmaston jatkuvan lauhkeana seuraavien

10 000 vuoden aikana. Tulevaisuuden merenpinnan korkeuteen liittyvät epävarmuudet ovat hyvin suuria. Seuraavien vuosituhansien aikana Itämeren keskimääräinen pinnankorkeus voi kohota merten lämpölaajenemisen, maa-alueiden jäätiköiden sulamisen ja Pohjois-Atlantin termohaliinisessa kiertoliikkeessä tapahtuvien muutosten takia 0,3–8 m. Samanaikaisesti käynnissä olevan viime jääkauden jälkeisen maanko- hoamisen ennustetaan olevan noin 8 m seuraavien 1 500 vuoden aikana ja noin 36 m seuraavien 10 000 vuoden aikana.

Ikirouta-, biosfääri-, pintahydrologia ja kallio pohjavesivirtausmallinnukset, jotka perustuvat vuonna 2010–2012 tehtyihin ilmastoskenaarioihin ja niiden kuvauksiin tulevaisuuden lämpimistä ja kylmistä aikakausista ja sadannasta, saatiin loppuun vuonna 2012. Ikirouta-, pintahydrologia ja kallio pohjavesivirtausmallinnuksista julkaistaan englanninkieliset työraportit ja biosfäärimal-

linnuksista julkaistaan POSIVA-raportti vuoden 2013 aikana.

POLTTOAINE

Posiva on mukana vuonna 2010 aloitetussa Euratomin 7. puiteohjelman REDUPP-projektissa (Reducing Uncertainty in Performance Prediction), jossa parannetaan ymmärrystä siitä, kuinka hyvin laboratorio-olosuhteissa saadut tutkimustulokset edustavat loppusijoitusolosuhteissa tapahtuvia ilmiöitä ja prosesseja. Vuoden 2012 aikana projektissa tehtiin uraanioksidin liukoisuuskokeita luonnonvesissä. Vuonna 2012 alkoi myös Euratomin 7. puiteohjelman FIRST Nuclides -projekti, jossa Posivan osuudessa tutkitaan korkean poistopalaman polttoaineen liukoisuutta.

KAPSELI

Vuonna 2012 jatkuivat monivuotiset kuparin korroosioon vedessä liittyvät tutkimukset. Kokeita tehdään yhteis-

työssä SKB:n kanssa ja niissä pyritään toistamaan Hultquistin ja Szakálosin vuonna 2008 julkaisemia kokeita.

Vuonna 2006 aloitettujen kuparin virumiskokeiden dataa lähtötietoina käyttäen tehtiin vuoden 2012 aikana mallinnussimulointeja kuparikapselin eliniän arvioimiseksi. Tulokset on esitetty Posivan työraportissa 2012-96. Vuoden 2012 aikana jatkettiin myös kuparin eri korroosiomallien kehitystyötä.

PUSKURI, LOPPUSIJOITUSTILAN TÄYTTÖ JA SULKEMINEN

Puskurin, täytön ja sulkemisen käytäytymisen selvityksistä ja haitalliseksi oletettujen prosessien tutkimuksista saadaan arvioita teknisten ratkaisujen vaatimustenmukaisuudesta sekä lähtötietoja turvallisuusarviointiin ja suunniteluvaatimusten kehittämiseen. Näiden teknisten päästöesteiden toimintakykytutkimuksia tehtiin vuoden 2012 aikana. Tutkimuksissa keskityttiin puskuriin ja loppusijoitustunneleiden täyttöön. Vuoden 2012 aikana jatkettiin bentoniitin mineralogisen ja kemiallisen karakterisoinnin sekä kokeellisten ja numeeristen menetelmien kehittämistä sisällyttäen tutkimuksiin myös täyttömateriaalit. Tämän lisäksi merkittävimmät yksittäiset tutkimuskohteet ovat edellisten vuosien tapaan olleet:

- vedellä kyllästyminen yleisesti,
- vedellä kyllästyminen alkuaikaan mahdollisesti liittyvä puskuri- ja täyttömateriaalien eroosio,
- puskurimateriaalin eroosio laimeissa vesissä,
- saturoituneen bentoniitin ja sementin vuorovaikutus,
- puskurin ja tunnelitäytön mekaaninen vuorovaikutus, ja
- puskurimateriaalin mineraloginen muuntuminen.

Teknisten päästöesteiden toimintakyvyn arviot esitetään Safety Case -raporttisalkun Performance Assessment -raportin yhteydessä.

Posiva osallistui vuoden 2012 aikana myös bentoniitin käyttäytymistä tutkiviin kansainvälisiin projekteihin, kuten

- Euratomin 7. puiteohjelman FORGE (Fate Of Repository GasEs) -projektiin,
- Grimselin kalliolaboratorion CFM

(Colloid Formation and Migration) -projektiin,

- FEBEXe (Collaboration in the Full Scale Engineered Barrier Experiment in Crystalline Host Rock) -projektiin, sekä
- Euratomin 7. puiteohjelman BELBaR (Bentonite Erosion: effects on the Long term performance of the engineered Barrier and Radionuclide Transport) -projektiin.

FORGEen liittyvä työ keskittyi vuoden 2012 aikana edelleen suunnitelmien mukaisesti LASGIT (Large Scale Gas Injection Test) -kokeen seuraamiseen. CFM:ssä tehtiin kenttäkokeita kolloidien muodostumisen ja kulkeutumisen arvioimiseksi laimeissa vesissä sekä jatkettiin menetelmien kehittämistä näiden koetulosten arvioimiseksi. FEBEXe-projektissa jatkettiin edellisten vuosien tapaan pitkänajan kokeen monitorointia ja siitä saatavien datajien keräämistä. BELBaRissa jatkettiin aiemmin aloitettuja pienen mittakaavan kokeita sekä tietokonemallinnusta laimeiden vesien aiheuttaman bentoniitin eroosion arvioimiseksi.

Posiva on aikaisempien vuosien tapaan osallistunut SKB:n koordinoimaan EBS Task Forceen kehittäen menetelmiä ja mallinnustyökaluja savien käyttäytymisen arvioimiseksi. Vuoden 2012 aikana jatkettiin edelleen työryhmän kanssa sovittuja bentoniitin saturoitumiseen liittyvien mallinnustapausten analysointia.

Vuonna 2012 Posiva osallistui Äspössä meneillään oleviin monivuotisiin ABM (Alternative Buffer Materials) - ja LOT (Long term test of buffer material at the Äspö HRL) -projekteihin, joissa tutkitaan eri bentoniittimateriaalien pitkäaikaisprosesseja ison mittakaavan kokeessa.

Posiva on osallistunut asiantuntijana kolmivaiheiseen kansainväliseen luonnonanalogiaturvakuuteen, jonka tarkoituksena on parantaa käsitystä bentoniitin pitkäaikaisstabiiliudesta korkean pH:n vaikutuksen alaisena. Vuonna 2012 tehtiin vuoden 2011 aikana raportoituja tutkimustuloksia tarkentavia selvityksiä.

Posiva osallistui edelleen vuonna 2012 monivuotiseen, kuilun sulkemisessa käytetyn tulpan toimintakykyä monitoroivaan, kansainväliseen ESP

(Enhanced Sealing Project) -projektiin Kanadassa. Muut projektin osallistajat ovat SKB Ruotsista, Andra Ranskasta ja NWMO Kanadasta. Lisäksi Posiva jatkoi vuoden 2011 alussa alkanutta SKB:n loppusijoitustunnelien tulppauksen jatkokehittämissyhteistyöprojektia.

KALLIOPERÄ VAPAUTUMISESTEENÄ

Pitkäaikaisturvallisuuden sementtitutkimukset jatkuivat Nagran (Sveitsi), JAEA:n (Japani), NDA:n (Iso-Britannia) ja SKB:n kanssa LCS (Long-term cement studies) -projektissa, jonka tavoitteena on tutkia injektointisementin vuorovaikutuksia kallion kanssa *in situ* Grimselin kalliolaboratoriossa, Sveitsissä. Kenttäkoetta tukevien laboratorikokeiden avulla mallinnetaan sementin liukenemista ja vuorovaikutuksia kallioperän kanssa. Lisäksi laboratorikokeiden ja kenttäkokeiden tuloksia mallinnetaan käyttäen hyväksi luonnonanalogiaturvakuuteesta saatavaa tietoa. Projektin ensimmäinen vaihe kesti vuodenvaihteeseen 2008–2009 ja tulokset on raportoitu Nagran raporttisarjassa. LCS-projektista on aloitettu toinen vaihe, jonka suunniteltu kesto on vuodet 2009–2013.

Käytetyn polttoaineen turvallisuusanalyysiin tulee kuulumaan arvio radionuklidien geosfäärikäyttäytymisestä. Osana tätä arviota tarkastellaan radionuklidien kulkeutumista ja pidättymistä kivimateriaaliin sekä kalliorakojen pintoihin. Liuenneiden radionuklidien pidättymisen suuruutta kuvataan jakaantumiskertoimella. Jakaantumiskertoimen arvo on olosuhteista riippuva, minkä vuoksi kulkeutumisarvioihin valitaan ne arvot, jotka mahdollisimman hyvin kuvaavat jakaantumista tarkasteltavissa kemiallisissa ja fysikaalisissa ympäristöissä (Olkiluodon kivilajit ja mineraalit sekä pohjaveden koostumus). Vuonna 2008 aloitettiin kokeellinen työ näiden parametrien arvojen päivittämiseksi tärkeimmille radionuklideille ja kokeellista työtä jatkettiin suunnitellun aikataulun mukaisesti vuonna 2012. Tulosten raportointi on vielä kesken.

EU:n CROCK (Crystalline Rock Retention Processes) -hankkeessa tutkitaan sorption arvioinnin epävarmuuksia ja

menetelmiä arvioida Kd-arvoja kallion pohjavesiolosuhteissa, joista ei ole olemassa suoria kokeellisia määryksiä. Posiva osallistuu hankkeeseen loppukäyttäjänä sekä rahoittamalla osaksi VTT:n työpanoksen työpaketeissa, joista ensimmäinen käsittelee molekyyli- ja pintakompleksaatiomallinnusta ja toinen mallinnuksen soveltamista loppusijoitusjärjestelmän toimintakykytarkasteluihin. Vuonna 2012 mallinnettiin nikkelin sorptiota biotiittiin, joka on Olkiluodon kalliolla yleisesti esiintyvä mineraali. Molekyyli- ja pintakompleksaatiomallinnuksella kuvattiin nikkelin kationinvaihtoa biotiitin basaalinnoille ja kompleksimuodostusta päätyypinnoille. Sovittamalla reaktiivisen kemian

sorptiomallia ensin Luumäen referenssibiotiittinäytteiden titraustuloksiin havaittiin alustavien tulosten mukaan, että sorptio Olkiluodon biotiittiin on huomattavasti voimakkaampaa kuin mitä voisi päätellä BET-mittauksiin perustuvasta ominaispinta-alasta.

ONKALOSTA on kerran vuodessa otettu vesinäytteitä valituilta pohjavesiasemilta pohjaveden kolloidi- tai humus- ja fulvohappopitoisuuksien määrittämiseksi. Toistaiseksi määritetyt pitoisuudet ovat olleet alhaisia, mutta seuranta jatketään edelleen.

BIOSFÄÄRI

Biosfääriin liittyvää työtä on toteutettu vuonna 2012 TKS-2009-ohjelman ja

uudistetun Safety Case -suunnitelman (POSIVA 2008-05) mukaisesti pääpainon ollessa rakentamislupavaiheen biosfääriarvioinnin edellyttämässä mallinnuksessa ja sen taustatöissä, jotka raportoidaan pääosin vuoden 2013 alussa. Lisäksi maaperän sorptiokokeita jatkettiin. Kuten edellisnäkin vuonna, Olkiluodosta ja muutamasta sen läheisyyteen tulevaisuudessa muodostuvia kohteita vastaavasta järvestä Satakunnassa kartoitettiin ja kerättiin vesi- ja rantakasveja ainekiertomallinnuksen lähtötiedoiksi. Lastensuolla vuonna 2010 aloitettua turvekerroksen ja kasvillisuuden yhdistettyä kartoitusta täydennettiin. Posiva myös osallistui aktiivisesti kansainvälisen BIOPROTA-foorumien toimintaan.

Vaakasijoitusratkaisun kehitys

Posivan referenssiratkaisuna olevan pystysijoitusratkaisun (KBS-3V) rinnalla on yhdessä SKB:n kanssa jatkettu vaakasijoitusratkaisun (KBS-3H) kehitystyötä, jossa keskitytään vaakaratkaisun erityispiirteisiin. Vaakasijoitusratkaisun jatkokehitystyötä varten perustettiin vuonna 2011 yhteisprojekti ”KBS-3H System Design 2011–2016”. Perustetun yhteisprojektin rinnalla Posivan laitossuunnittelussa on varauduttu myös 3H-ratkaisun asettamiin tilatarpeisiin ja vaatimuksiin.

Yhteisprojektin päätavoitteena on kehittää 3H-vaihtoehdon teknistä suunnittelua ja järjestelmien ymmärrystä tasolle, jonka perusteella alustava turvallisuusperustelu (PSAR) voidaan laatia 3H-vaihtoehdolle sekä 3V- ja 3H-vaihtoehtojen vertailu voidaan toteuttaa. Suunnitelmaratkaisujen vertailuun sisältyvät myös ympäristöasiat, kustannukset ja turvallisuusasiat (pitkäaikais-, käyttö- ja työturvallisuus). Pitkäaikaisturvallisuuden osalta tavoitteena on osoittaa, että 3H on vähintään yhtä turvallinen vaihtoehto kuin 3V.

Vuonna 2010 referenssiratkaisuksi valitusta DAWE (Drainage and Artificial Watering and Air Evacuation) -suunnitteluratkaisusta toteutetaan Äspön kalliolaboratoriossa täysimittakaavainen demonstraatio, ns. Multipurpose test (MPT). MPT sisältyy 4-vuotiseen kansainväliseen LucoeX-projektiin, joka käynnistyi vuonna 2011 ja päättyy vuoden 2014 lopussa. MPT:n tavoitteena on testata tärkeimpien komponenttien valmistus, kuljetus, asennus ja DAWE-suunnitteluratkaisun mukaiset tekniikat, kuten esim. savimateriaalin keinokastelu. Lisäksi testataan komponenttien toimintaa yhdessä ja savimateriaalin käyttäytymistä, jonka selvittämiseksi otetaan näytteitä testin lopussa. MPT:n asennustyö on aikataulutettu alkavaksi vuoden 2013 huhtikuussa ja kenttävaiheen suunniteltu kestoajaksi 400 päivää.

Multipurpose Test toteutetaan aiemmin Äspössä tasolle -220 m poratussa 3H-vaakareissä, jonka pituus on 95 m ja halkaisija noin 1,85 m. Kyseisestä vaakareistä on erotettu noin 20 metrin pituinen osuus testiä varten. Vuoden 2012 aikana MPT-demonstraation valmistelutoimenpiteet ovat liittyneet pääasiassa

- testialueen valmistelutöihin mukaan lukien karakterisointi,
- testissä tarvittavien komponenttien (osastotulppa, asennuspakkaus, välitulpat ja täyttökomponeetit (vaihettumistulppa, pellettitäyttö ja pohjatulppa)) valmistamiseen,
- komponenttien instrumentoinnin suunnitteluun,
- asennuslaitteen ja ohjelmiston päivittämiseen sekä testaukseen, ja
- MPT:n etukäteismallintamiseen tähtääviin laboratorikokeisiin ja mallintamistöihin esim. bentoniitin paisuminen rei’itetyn suojasynterinin läpi.

Välitulpat ja täyttökomponeetit valmistetaan MX80-tyyppisestä bentoniitista. Em. komponenttien ohella bentoniittia on asennuspakkauksessa kapselin ympärillä. Osastotulppana käytetään vastaavaa terästulppaa, josta saatiin hyviä tuloksia projektin edellisessä vaiheessa. Tässä vaiheessa ei vielä ole valmiuksia testata DAWE-suunnitteluratkaisun mukaista titaanivalmisteista osasto- tai päätytulppaa.

Äspön kalliolaboratorioon tasolle -420 m myöhemmin tässä projektivaiheessa louhittavaksi suunnitellun KBS-3H-ratkaisun demotunnelin asennustila on louhittu. Suoran pilottireiän kairaamisen/poraamisen edellytyksenä on riittävän tarkka sivusuunta/kaltevuusmittauslaitteisto. Äspön saarelle on rakennettu maanpintatasoon koereikä, jonka koordinaatit on mitattu tarkasti. Koereikä on rakennettu 60 m pituiseksi alkuvaiheessa, mutta sitä suunnitellaan jatkettavaksi 300 m pituiseksi myöhem-

min. Se soveltuu em. mittalaitteiden testaamiseen ja kalibroimiseen.

Yhteisprojektiin on lisäksi kuulunut mm. välitulppien jalkojen, keinokasteluputkien ja ilmastusputken yksityiskohdista suunnittelua sekä titaanin hitsaukseen liittyvien erityispiirteiden selvitystä.

Multipurpose Testin etukäteismallintamiseen tähtääviä kokeita ja mallintamistöitä on tehty seuraavasti:

- Pienen mittakaavan laboratorikoe ”Bentoniitin paisunta asennuspakkauksen rei’itetyn suojasynterinin läpi” ja sen mallintaminen.
- Aiemmassa projektivaiheessa tehdyn, bentoniitin paisumista 3H-vaakareissä tutkivan Big Bertha -kokeen (nro 1) mallintaminen.

MPT:n etukäteismallintamista on valmisteltu, mutta työn mahdollinen toteutus/tilaaminen ml. työn laajuus ovat sidoksissa mm. yllämainittujen mallinnusraporttien tuloksiin ja niistä laadittavaan arvioon mallintamistyön edellytyksistä. Big Bertha -kokeen (nro 2) käynnistäminen on siirtynyt tammikuulle 2013. Tämä koe on tärkeä MPT:n kannalta, koska molemmissa kokeissa testataan eri mittakaavassa mm. bentoniitin paisumista rei’itetyn suojasynterinin läpi.

Vuoden 2012 aikana on aloitettu kahden tuotantolinjaraportin *Kalliotilat* ja *Puskuribentoniitti ja täyttökomponeetit* laatiminen. Näiden lisäksi myöhemmin aloitettavia muita 3H-ratkaisun erityispiirteitä kuvaavia tuotantolinjaraportteja ovat *Asennuspakkaus* ja *Tulpat*. Tuotantolinjaraportteissa kuvataan myös mahdolliset Posivan ja SKB:n keskinäiset eroavaisuudet 3H-ratkaisun yhteisen osuuden ohella.

SKB-Posiva-yhteisprojektissa Forsmarkin osalta on aloitettu usean kapselin rikkoutumiseen liittyvät analyysit, jotka koskevat jääkauden jälkeisen laimean glasiaaliveden aiheuttamaa bentoniitin eroosiota ja siitä koituvaa kapselin korroosiota sekä kalliosierokkeen aiheut-

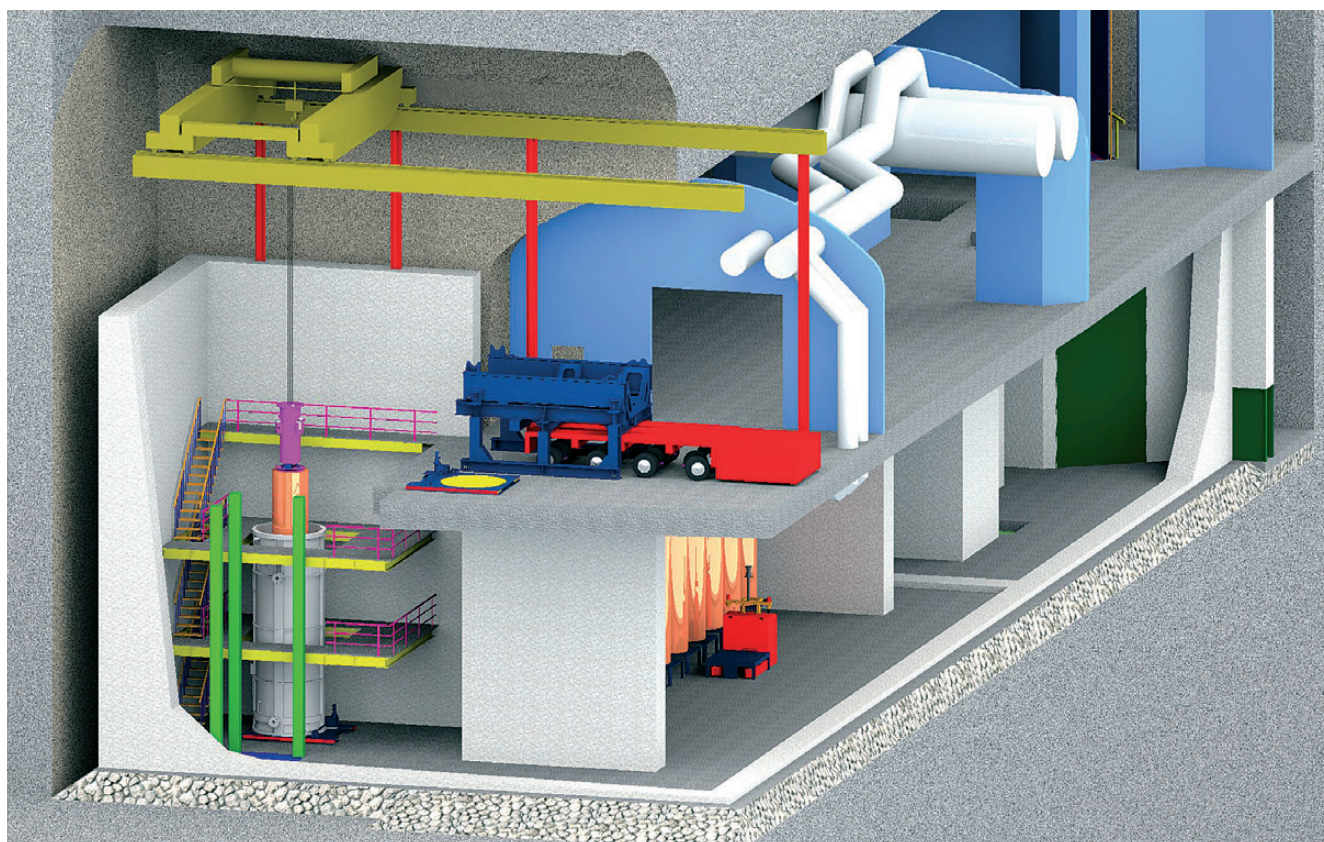
tamaa kapselin rikkoutumista. Nämä ovat alustavassa KBS-3H-turvallisuus-analyysissä vuonna 2008 identifioidut keskeisimmät selvitystarpeet. Forsmarkin osalta työ valmistuu vuonna 2013, jolloin aloitetaan vastaava analyysi Olkiluodon tapaukselle. Työ tehdään valitulle DAWE-referenssiratkaisulle.

Puskuribentoniitin ja suojasynterimateriaaliksi valitun titaanin pitkäai-

kaisvuorovaikutuksista käynnistettiin tutkimus, joka päättyi vuonna 2014. Työ pohjautuu aiempaan tutkimukseen titaanin ja puskuribentoniitin vuorovaikutuksesta. Tutkimuksen pääpaino on kemiallisissa prosesseissa, jotka saattavat vaikuttaa puskurin turvallisuustoimintaan sitä heikentävästi.

KBS-3H-konseptin asemoinnista ja vaiheittaisesta rakentamisesta Olki-

luodon kallioperään on tehty raportti vuonna 2011. Seuraava päivitys tehdään vuoden 2013 aikana. Posivan laitossuunnittelussa 3H-ratkaisun suunnittelutyötä on jatkettu. Kuvassa 14 on esitetty laitossuunnittelussa kehitetty konseptuaalinen kuvaus 3H-ratkaisun vastaanottoaseman yhteyteen rakennettavasta tilasta, jossa asennuspakkaus kootaan loppusijoitusvalmiuteen.



Kuva 14. Konseptuaalinen kuva KBS-3H-ratkaisuun liittyvästä vastaanottoasemasta. Pystyasennossa olevan kuljetussäiliön sisällä kootaan asennuspakkaus, joka koostuu rei'itetystä suojasynteristä (materiaali titaani) sekä sen sisälle tulevista puskuribentoniitista ja kuparikapselista. Kuvassa kapseli asennetaan asennuspakkaukseen. Tämän jälkeen asennuspakkaukseen asennetaan vielä viimeinen bentoniittilohko ja suojasynterin päätykappale. Lopuksi asennetaan kuljetussäiliön säteilysuojaportti. Kuljetussäiliö nostetaan kuljetustelineen päälle vaakatasoon. Kuljetusajoneuvo siirtää kuljetussäiliön loppusijoitusalueelle. (kuva: Timo Kirkkomäki, Fortum Power and Heat Oy)

Luvittaminen ja muu toiminta

Rakentamislupahakemus

Posivan ja sen omistajien TVO:n ja Fortumin toiminta tähtää siihen, että käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittaminen Eurajoen Olkiluotoon voisi alkaa noin vuonna 2020. Tälle aikataululle on yhteiskunnassa laaja yhteinen pyrkimys, joka on kirjattu myös KTM:n vuonna 2003 tekemään päätökseen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelun aikataulukysymyksistä. KTM:n päätöksessä edellytettiin lisäksi Posivan jättävän kapselointi- ja loppusijoituslaitosten rakentamista koskevan lupahakemuksen ministeriölle vuoden 2012 loppuun mennessä.

Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamista koskeva lupahakemus jätettiin liiteaineistoinen työ- ja elinkeinoministeriölle vuoden 2012 lopussa. Hakemus koostui ydinenergia-asetuksen (161/1988) 31 §:n ja 32 §:n edellyttämistä selvityksistä mm. yhtyiön, sijoituspaikkaan, rakennettavaan laitospakettisuuteen, suunnittelu- ja turvallisuusperiaatteisiin sekä turvallisuusmerkitykseen liittyen. Lisäksi hakemukseen liitettiin aikaisemmissa periaatepäätöksissä edellytetyt selvitykset kuljetuksiin, palautettavuuteen ja ympäristövaikutuksiin liittyen. Hakemusaineiston keskeinen johtopäätös on, että Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitos on rakennettavissa niin, että käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus voisi alkaa noin vuonna 2020.

Ministeriölle toimitettu hakemusaineisto koostui yhteensä lähes viidestä sadasta sivusta. Hakemus laadittiin suomen kielellä ja se tullaan keskeisiltä osiltaan kääntämään ruotsiksi. Hakemus on luettavissa Posivan www-sivujen kautta.

Hakemuksen jättämisen yhteydessä Säteilyturvakeskukselle toimitettiin ydinenergia-asetuksen 35 §:n sekä valtioneuvoston asetuksen 736/2008 ja STUKin YVL-ohjeiston rakentamislupa-

pavaiheessa edellyttämät selvitykset. STUKille toimitettu hakemusaineisto koostui yhteensä useasta sadasta erillisestä asiakirjasta ja lukuisasta määrästä em. asiakirjoissa mainituista taustaselvityksistä. STUKille toimitettavaa hakemusaineistoa tullaan täydentämään vuoden 2013 alkupuolella erällä erityisesti pitkäaikaisturvallisuuden osoittamiseen liittyvillä selvityksillä. Lisäksi ydinenergia-asetuksen mukaisesti luonteeltaan alustavia selvityksiä tullaan tarkentamaan Posivan suunnittelun tarkentumisen ja STUKin tarkastuksenkin perusteella sekä ennen rakentamisluvan saamista että sen jälkeen. Loppusijoitusta koskevat lopulliset selvitykset turvallisuuden osoittamiseen liittyvine perusteluineen toimitetaan ydinenergia-asetuksen 36 §:n mukaisesti käyttölupahakemuksen yhteydessä.

Rakentamislupahakemuksen yhteydessä STUKille toimitettujen selvitysten keskeinen johtopäätös on, että käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus voidaan aineistossa kuvatulla tavalla toteuttaa turvallisesti niin käyttö- kuin pitkäaikaisturvallisuudenkin näkökulmasta.

Muut vaadittavat luvat ja päätökset

Kaavoitus

Kaavoituksen tärkeimpänä tavoitteena on ollut ylläpitää maankäytöllisiä edellytyksiä Suomen suurimmalla energiantuotantoalueella ja varata alueet käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen toteutumisen sille, että Suomen lainsäädännön ja toiminnan turvallisuudelle asettamat vaatimukset täyttyvät. Vuonna 2010 lainvoimaiseksi tullut Olkiluodon osayleiskaava ja vuonna 2011 lainvoimaiseksi tullut loppusijoitusalueen asemakaava vastaavat Posivan seuraavien vuosikymmenien tarpeita. Loppusijoituslaitoksen laajentaminen kattamaan myös uusien laitosyksiköiden loppusijoitustarpeet kallioperän olosuhteiden

kannalta tarkoituksenmukaisella tavalla voi tulevaisuudessa merkitä tarvetta voimassaolevan asemakaavan muuttamiseen. Kaavoituksen riittävyttä ja kehitystarpeita tarkasteltiin myös työ- ja elinkeinoministeriölle toimitetun rakentamislupahakemuksen liiteaineistossa.

Ympäristövaikutusten arviointi

Posiva toimeenpani loppusijoituslaitoksensa laajentamista koskevan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA-menettely) viimeksi vuosina 2008–2009. KTM:n vuonna 1999 antamassa lausunnossa todetaan, että rakentamislupahakemukseen on liitettävä selvitys ympäristövaikutuksista sekä selvitys suunnitteluperusteista, joita hakija aikoo noudattaa ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristöarituksen rajoittamiseksi. Vaatimus otettiin rakentamislupahakemuksessa huomioon niin, että vuoden 2009 YVA-selostus saatettiin vastaamaan uusinta tietoa loppusijoituskonseptista, laitospaikasta ja ympäristöstä sekä turvallisuusselvitysten tuloksista. Arviointiselostuksen keskeinen johtopäätös on, että käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus Olkiluotoon voidaan todeta ympäristövaikutusten näkökulmasta hyväksyttävällä tavalla.

Ympäristölupa

Posiva sai vuonna 2011 Etelä-Suomen aluehallintovirastolta (AVI) pyytämänsä selvityksen loppusijoituslaitoksen rakentamista tai käyttöä koskevan ympäristöluvan tarpeellisuudesta. AVI:n selvityksessä todetaan perusteluina, että voimassaolevaa läjitykseen liittyvää ympäristölupaa lukuun ottamatta loppusijoituslaitoksen rakentaminen ja käyttö eivät edellytä ympäristölain tai vesilain tarkoittamia lupia. Selvityksessä todetaan kuitenkin, että elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus on ympäristölain 84 §:n nojalla toimivaltainen viranomaisena ympäristölupaa

koskevista kysymyksissä, minkä vuoksi AVI toimitti lausuntonsa tiedoksi myös Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle. Vuonna 2012 AVI:n tulkinta ympäristöluvan tarpeellisuudesta tarkistettiin Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta.

Laadun ja ympäristön hallinta

Laadunhallinta ja toimintajärjestelmä

Posivan toimintajärjestelmä muodostuu käsikirjoista, jotka antavat yleiskuvan Posivan toiminnasta ja niitä täydentävistä prosessikuvauksista, toimintasäännöistä ja ohjeista. Toimintajärjestelmän tehtävänä on varmistaa, että Posivan loppusijoituslaitos täyttää sille asetetut turvallisuusvaatimukset ja että Posivan toiminta on turvallista, oikea-aikaista ja kustannustehokasta.

Toimintajärjestelmän kattavuutta ja toimivuutta arvioitiin vuonna 2012 kahdesti johdon katselmuksella ja toimintajärjestelmän prosesseille tehtiin kymmenen sisäistä auditointia.

DNV Certification Oy teki loka-kuussa ISO 9001 -laatusertifikaatin ja OHSAS 18001 -standardin mukaisen työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmän määräaikaissäädöinnin sekä ISO 14001 -ympäristösertifikaatin uudelleensertifiointiauditoinnin.

Merkittävimmille toimittajille tehtiin toimittaja-auditointeja, joilla pyritään varmistamaan toimittajien kyky tuottaa palveluita Posivalle vaatimusten mukaan.

ONKALON rakentamista koskeva STUKin tarkastusohjelma toteutui suunnitelmien mukaisena. STUKin ja Posivan kesken pidettiin säännöllisesti STUK-seurantakokouksia sekä työmaan erillistarkastuksia. ONKALON rakentamisessa noudatettiin STUKin hyväksymää ONKALON rakentamisen suunniteluasiakirjojen toimitussuunnitelmaa ja rakentamisen tiedotussuunnitelmaa.

Ympäristövaikutusten hallinta

Yhtiön ympäristöasioista huolehditaan sertifioitun toimintajärjestelmän ja vuosittaisen toimintasuunnitelman mukaisesti. Posiva laati osaksi rakentamis-

lupahakemusta ajantasaisen selvityksen toiminnan ympäristövaikutuksista. Arvioinnin mukaan toiminnalla ei ole merkittäviä vaikutuksia ympäristöön. Keskeiset normaalin toiminnan ympäristönäkökohdat liittyvät ONKALON rakentamiseen, jätteiden käsittelyyn ja energian käyttöön. Häiriötilanteita tarkasteltaessa merkittävin ympäristöriski on kemikaalivuoto.

ONKALON louhinnasta syntyi louhetta vuonna 2012 noin 14 000 irto-m³, josta osa käytettiin aluerakentamiseen ja tunnelin kunnossapitoon. Tunnelin rakentamisessa käytettiin vettä 10 000 m³. ONKALON keskimääräinen kokonaisvuotovesimäärä oli noin 37 l/min. Tunnelista pumpatut vedet (käyttövesi ja vuotovedet) johdettiin selkeytyksen ja öljynerotuksen jälkeen avo-ojaa pitkin mereen. Veden laatua mitattiin aiempien vuosien tapaan säännöllisesti.

Toimintasuunnitelmassa kuvataan keinot, joilla pyritään vähentämään yhtiön toiminnasta mahdollisesti aiheutuvia ympäristöhaittoja. Vuonna 2012 kehitettiin jätehuoltoa mm. tiivistämällä yhteistyötä TVO:n kanssa.

Työturvallisuus

Posivan TTT-asioiden hoidossa noudatettavat periaatteet ja käytännön menettelyt kuvataan toimintajärjestelmässä. Maan alla työskentelyyn liittyy työturvallisuuden näkökulmasta maanpäällä tehtävään työhön verrattuna monessa suhteessa vaikeammin hallittavia riskejä. Esimerkiksi kalliojännitysten purkautumisesta louhinnan jälkeen syntyvää ns. komuilua (putoavat kivet ja lohkarit) voidaan täydellisesti hallita vain lujittamalla louhittu kalliopin- ta kauttaaltaan. Lähtökohtaisesti tämä menettely on ristiriidassa sekä Posivan oman tutkimuksen että viranomaistarkastusten näkökulmasta. Vuonna 2011 tapahtuneen kuolemantapauksen vuoksi kalliorakentamisen ehtoja muutettiin niin, että työskentely lujittamattomassa tilassa käytännöllisesti katsoen estettiin. Vuonna 2012 ei ONKALOSSA tapahtunut yhtään sairaspöissaoloihin johtanutta työtapaturmaa.

Työturvallisuuden näkökulmasta vuonna 2012 ainoa merkittävä tapahtu-

ma oli 24.5.2012 ONKALON paalulla 3700 (noin 370 metrin syvyydessä) tapahtunut paineimuauton kytkimen rikkoutuminen ja siitä seurannut öljypalo voimakkaan savunmuodostuksen kanssa. Ajoneuvon kuljettaja ja apuhenkilö suorittivat alkusammutuksen, tekivät tarvittavat hälytykset sekä käynnistivät muita vahingonrajoittamistoimenpiteitä. Tapahtuman aikana tunnelin perällä työskenteli yhteensä 20 henkilöä, jotka pysyivät yhteensä lähes neljä tuntia kestäneen savun tuuletuksen ajan palopisteen alapuolella. Tällaisiin tilanteisiin on varauduttu ONKALOOon sijoitettujen turvakonttien avulla. Myös henkilöstön siirto maanpinnalle ns. huolto- ja pelastuskorin avulla olisi tarvittaessa ollut mahdollista. Tapahtuma ei vaarantanut työntekijöiden turvallisuutta mutta osoitti tunnelipaloihin liittyvien riskien vakavuuden. Tapahtumaan liittyen Posivan paloturvallisuuden valmiuksiin kohdistettiin Posivan tilaamana ulkopuolinen asiantuntija-arviointi loppuvuonna 2012. Arvioinnissa tunnistettiin useita kehittämiskohteita, joiden parantamisesta laadittiin kehittämissuunnitelma.

Maanpäällisessä rakentamisessa ei tapahtunut vuonna 2012 yhtään sairaspöissaoloon johtanutta tapaturmaa. Tämän voidaan arvioida johtuvan paitsi alhaisemmasta töiden määrästä myös huomion kiinnittämisestä työturvallisuusasioihin vuonna 2011 todetun epäsuotuisan kehityksen jälkeen.

Tiedonhallinta

Tietämyksenhallinta

Posivan ja sen sidosryhmien tavoitteena on loppusijoitustoiminnan perustietämyksen säilyminen vähintäänkin tulevana vuosikymmeninä ja tulevana vuositasana työntekijöiden ja sukupolvien vaihtuessa.

Uhkakuvana on loppusijoitustoiminnan keskeytyminen, mikäli jostain syystä syntyy epäily pitkäaikaisturvallisuusanalyysin puutteista, eikä analyysin perusteita enää muisteta ja ymmärretä.

Tietämyksenhallinnan kehittämiseksi aloitettiin vuonna 2011 KMS-projekti, jonka tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa hakuportaali sekä sisäiseen että käy-

tössä olevalla tunnistevälinetekniikalla rajattuun ulkoiseen käyttöön. Tavoitteena oli myös saada tutkimustyöstä syntyneiden raporttien tietosisältö helpommin haettavaan muotoon sekä digitalisoida julkaistut paperiraportit tekstitunnisteiseen muotoon dokumentinhallintajärjestelmään tallennettuina. Projektin aikana siirrettiin paperiarkistosta sähköiseen muotoon noin 2 300 raporttia. Uudessa hakuportaaliissa on haettavissa vuosina 1979–2012 Posivan ja sitä edeltävien organisaatioiden julkaisemat noin 3 400 raporttia. Vuoden 2013 aikana hakuportaali tulee myös valittujen ulkopuolisten organisaatioiden käyttöön.

Vaatimustenhallinta

Loppusijoitushanketta koskevien vaatimusten hallitsemiseksi perustettiin vuonna 2006 VAHA-vaatimustenhallintaprojekti, jonka tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa systemaattinen menettely loppusijoitushanketta koskevien vaatimusten hallitsemiseksi.

Projektin tavoitteena oli tietojärjestelmä, joka kokoaa yhteen kaikki loppusijoitusta koskevat vaatimukset ja niiden perusteet, tiedot ratkaisuista vaatimusten toteuttamiseksi sekä tiedot eri vaatimusten välisistä kytkennöistä.

Loppusijoitusta koskevan vaatimustietokannan ensimmäinen versio otettiin

käyttöön syksyllä 2007 ja sisällön tarkennuksia on tehty vuosina 2008–2012.

STUKilla ja osalla ulkopuolisista organisaatioista on hyväksytyt vaatimustenhallintatietojen etäkäyttömahdollisuus.

Dokumenttienhallinta

Vuoden 2011 lopulla Posivassa aloitettiin Dokumenttienhallinnan kehittämisen -projekti, jonka päätavoitteena oli laatia dokumenttienhallinnan nykytilaselvitys ja tiedonhallintasuunnitelma, joiden perusteella voidaan varmistaa Posivan toiminnan dokumentaation kattavuus ja löydettävyyden koko elinkaaren aikana. Projektin tuloksena luotiin Posivan tiedonhallintasuunnitelma (THS) sekä perustettiin dokumenttienhallinnan kehitysryhmä koordinoimaan suunniteltuja jatkotoita.

Tutkimustietojärjestelmät

Posivalla on runsaasti tutkimustietoa, jota on kerätty jo muutaman vuosikymmenen ajan Olkiluodosta ja aiemmin myös muilta Posivan tutkimuspaikkakunnilta. Laaja tietoaineisto käsittää tutkimustietoja mm. alueen kallioperän ominaisuuksista, kalliopohjavesien käyttäytymisestä ja kemiasta sekä ympäristötutkimuksista.

POTTI-järjestelmän määrittäjä

aloitettiin vuonna 2004, jolloin määriteltiin POTTI-järjestelmään tallennettavaksi tulevat tiedot, tietokannan käyttötarkoitukset, toimintaympäristö sekä tietokannan käytön laajuus. POTTI-järjestelmässä on liitännät mm. ONKALossa käynnissä oleviin REPRO-, POSE- ja BENTO-tutkimuksiin, sekä ONKALON pohjavesien mittausautomaatiojärjestelmään, HYPERDATA-kairareikäätietojärjestelmään sekä Surpac-kalliomallinnusjärjestelmään. Vuoden 2012 aikana järjestelmään tehdyillä parannustöillä saavutettiin järjestelmän vakaa toiminta ja varmasti luotettavat tietohaut. Myös järjestelmän dokumentaatio ja tietokantakuvaukset päivitettiin vastaamaan nykyistä tilaa. Tutkimustiedon tallennukset jatkuivat normaaliin tapaan.

Posivan HYPERDATA-järjestelmä hyödyntää POTTI-tutkimustietojärjestelmässä olevia tutkimustietoja ja on tarkoitettu Olkiluodon kairareikäätietojen tarkastelua ja visualisointia varten. Vuosien 2008–2012 aikana käsiteltiin ja tallennettiin Olkiluodon ja ONKALON kairareikien kairasydänlaatikko-, seinämä- ja akustiset kuvat POTTI-järjestelmään. Vuonna 2012 järjestelmään lisättiin seismo- ja radargrammimodulit. Järjestelmässä ovat käytettävissä myös ONKALON tunnelikuvat.

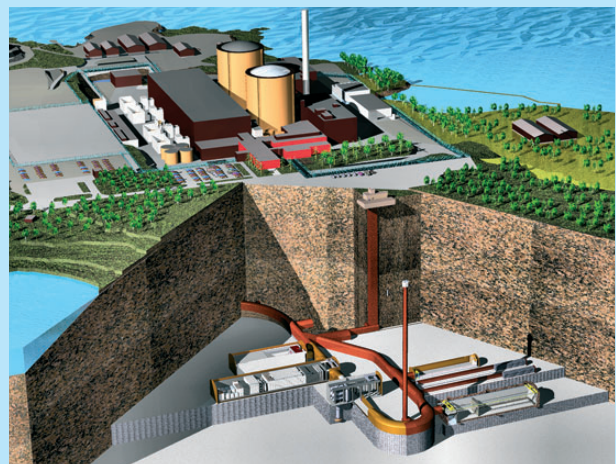
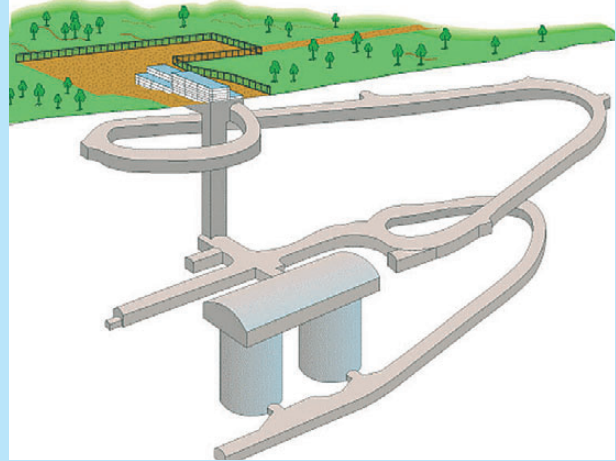
Voimalaitosjätteiden huolto

Olkiluodon voimalaitosjätteiden loppusijoitustila (VLJ-luola) otettiin käyttöön vuonna 1992. Luola koostuu kahdesta kalliosilosta, niitä yhdistävästä hallista ja aputiloista, jotka on rakennettu 60–100 metrin syvyyteen Olkiluodon Ulkopään niemen kallioperään. Kulku tiloihin on järjestetty sekä ajotunnelin että kuilun kautta. Matala-aktiiviset jätteet sijoitetaan betonilaatikoissa kalliosiloon, keskiaktiivisille jätteille on toiseen kalliosiloon rakennettu teräsbetoninen siilo. Matala-aktiivisten jätteiden siilon kapasiteetti on noin 5 000 m³ ja keskiaktiivisten noin 3 500 m³ (nämä tilavuudet pätevät 200 litran tynnyreihin pakatulle jätteelle). Tällä hetkellä käynnissä on hakuprosessi, jossa voimassa olevan VLJ-luolan käyttöluvan ehtoihin on haettu muutosta, joka sallii OL3:n voimalaitosjätteiden loppusijoittamisen VLJ-luolaan.

VLJ-luolalle on laadittu alustava laajennussuunnitelma, joka tähtää arviolta 2030-luvulla tarvittavaan uuteen loppusijoitustilaan. Laajennus vastaa OL1 ja OL2 -laitosyksiköiden käyttöiän nostoa aiemmasta 40 vuodesta nykyiseen 60 vuoteen sekä mahdollistaa rakenteilla olevan OL3-laitosyksikön käyttö- ja käytöstäpoistojätteiden loppusijoitussuunnitelman toteuttamisen. Suunnitteilla olevan neljännen voimalaitosyksikön (OL4) aiheuttamat tarpeet otetaan myös huomioon loppusijoitustilojen laajennussuunnitelmassa.

Loviisan voimalaitoksella syntyvä matala- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte loppusijoitetaan Hästholmenin saaren kallioperään rakennettuihin tiloihin. Loviisan loppusijoituslaitos muodostuu 1 170 metriä pitkstä ajotunnelista ja noin 110 metrin syvyyteen rakennetuista tunneli- ja hallitiloista sekä porraskäytävistä ja ilmastointikuiluista. Laitos toteutettiin vaiheittain.

Loppusijoitustilan vuonna 1993 aloitettu rakennustyö saatiin ensimmäisen vaiheen osalta päätökseen vuoden 1996 lopussa. Loppusijoitustilalle saatiin käyttöluva vuonna 1998 ja se otettiin loppusijoituskäyttöön kesällä 1999. Ensimmäisessä rakennusvaiheessa louhittiin valtaosa tiloista



ja kulkuyhteyksistä valmiiksi. Huoltojätteelle louhittiin kaksi loppusijoitustunnelia sekä kiinteät jätteelle loppusijoitushalli. Toinen loppusijoitustunneli ja kiinteät jätteen halli viimeisteltiin toisessa rakennusvaiheessa, joka loppui vuonna 2007. Lokakuussa 2010 aloitettiin huoltojätteiden tila 3:n (HJT3) sekä yhdistystunnelin rakennustyöt. Laajennuksella lisätään huoltojätetynnysten välivarastointi- ja lajittelumahdollisuuksia. HJT3 otetaan jätetynnysten välivarastointikäyttöön vuoden 2013 aikana.

Olkiluodon voimalaitos

TOIMINTAPERIAATE

Voimalaitosjätteistä pääosa pakataan heti käsittelyä, varastointia ja loppusijoitusta varten. Prosessivesien puhdistukseen käytetyt keskiaktiiviset ioninvaihtohartsit kiinteitetään bitumiin

ja seos valetaan terästynnyreihin. Osa matala-aktiivisista jätteistä (kokoonpuristuva sekalainen huoltojäte) tiivistetään terästynnyreihin hydraulisella puristimella ja osa (metalliromu ja suodatinsauvat) pakataan sellaiseksi teräs- ja betonilaatikoihin sekä terästynnyreihin. Kokoonpuristuvaa

jätettä sisältävät tynnyrit puristetaan kasaan siten, että tynnyreiden lopullinen korkeus on noin puolet alkuperäisestä korkeudesta halkaisijan pysyessä muuttumattomana. Myös metalliromua voidaan muokata tiiviimpään muotoon ennen pakkaamista. Metallisilppurilla pilkotulla romulla voidaan täyttää luo-

laan menevien betonilaatikoiden tyhjää tilaa ja näin metallijätteen pakkausaste tehostuu.

Sekalaiset nestemäiset jätteet ja lietteet kiinteitetään sekoittamalla jätettä ja sideainetta toisiinsa tynnyrissä, joka jää kiinteystuotteen pakkaukseksi. Haihduttamisella nesteiden ja lietteiden tilavuus minimoidaan mahdollisuuksien mukaan ennen kiinteytämistä.

Voimalaitosjätteitä varastoidaan väliaikaisesti voimalaitosyksiköiden jäterakennusten varastoissa ja polttoainealtaissa, keskiaktiivisen ja matala-aktiivisen jätteen välivarastoissa (KAJ- ja MAJ-varastot) sekä vähäisissä määrin myös KPA-varastossa Olkiluodon voimalaitosalueella. VLJ-luolan nykyisiin jätesiiiloihin loppusijoitetaan voimalaitoksen käytön aikana kertyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet. Hyvin matala-aktiiviset jätteet vapautetaan valvonnasta ja viedään Olkiluodon voimalaitosalueella sijaitsevalle kaatopaikalle tai luovutetaan muualle esimerkiksi käsiteltäviksi uusiokäyttöä varten.

Matala-aktiivisen voimalaitosjätteen käsittely ulkopuolisessa käsittelylai-

toksessa on myös mahdollista. Vuosina 2005 ja 2006 vaihdetut OL1- ja OL2-laitosten välitulistimet lähetettiin vuonna 2010 paloiteltavaksi ja sulatettavaksi Studsvikiin Ruotsiin, josta ne palautettiin vuosien 2011 ja 2012 aikana. Toisessa erässä Studsvikiin lähetettiin vuoden 2012 lopussa käytöstä poistettuja matala- ja korkeapaine turbiinien sekä lämmönvaihtimien osia. Käsittelyn ansiosta tilavuudeltaan ja massaltaan huomattavasti pienentynyt jäte loppusijoitetaan Olkiluodon VLJ-luolan MAJ-siiiloon.

NYKYTILANNE VARASTOINNISSA JA LOPPUSIJOITUKSESSA

Vuoden 2012 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää taulukosta 1. Jätteet on pakattu tynnyreihin (à 200 l tai kasaan puristettuina noin 100 l), teräslaatikoihin (à 1,3 tai 1,4 m³) ja betonilaatikoihin (à 5,2 tai 3,9 m³ netto).

Tynnyreitä ja laatikoita varastoidaan tarvittaessa laitosyksiköiden varastotiloissa ja KAJ-varastossa ennen loppusijoitusta VLJ-luolaan. Tynnyrit ja teräslaatikot sijoitetaan ennen VLJ-luolaan

vientiä isoihin ja pieniin betonilaatikoihin siten, että isoon betonilaatikkoon sijoitetaan 16 tynnyriä tai 7 tynnyriä ja 2 teräslaatikkoa ja pieneen betonilaatikkoon 12 tynnyriä. Kasaan puristettuja tynnyreitä sijoitetaan betonilaatikoihin vastaavasti kaksinkertainen määrä. Laitosyksiköiden polttoainealtaissa varastoidaan pitkäaikaisesti muun muassa reaktorin sisäosien, kuten sydänristikoiden höyrynerottimien purkuromua 1,8 m³ laatikoissa.

Suuria kontaminoituneita metallikomponentteja säilytetään KAJ-varastossa ja MAJ-varaston laajennusosassa. Lisäksi pakkauksettomia voimalaitosjätteitä, kuten käytettyjä ilmastointisuodattimia ja bitumoimattomia hartseja, varastoidaan laitosyksiköillä ja jäteöljyjä KPA-varastolla. Pakkaamattomista jätteistä osa on tarkoitus myöhemmin vapauttaa valvonnasta uusiokäyttöä tai kaatopaikalle vientiä varten. Voimalaitosyksiköiden jäterakennuksiin mahtuu noin 1 000 tynnyriä kumpaankin. MAJ-varastossa säilytetään enimmäkseen vain hyvin matala-aktiivisia huoltojättesäkkejä ja romua, jotka on tarkoitus

Taulukko 1. Olkiluodon voimalaitoksen matala- ja keskiaktiivisten jätteiden määrät jätetyypeittäin laitosalueen varastoissa ja loppusijoitustiloissa (MAJ- ja KAJ-siiilo) 31.12.2012.

	Laitosyksiköt (m ³)		VLJ-luola (m ³)			Muut varastot (m ³)			Yhteensä (m ³)
	OL1	OL2	KAJ-siiilo	MAJ-siiilo	Muut	KAJ	MAJ	KPA	
MATALA-AKTIIVINEN JÄTE									
Romu		0,2		2 784,9		10,6			2 796
Pakkaukseton romu						51,8 ¹⁾			52
Huoltojätteet	11,6	6,9		960,1	3,2 ²⁾	18,0	14,9		1 015
Sekalaiset nesteet	5,0	5,6		0,6					11
Kiinteetyt nesteet	1,0	0,2		96,8					98
Jäteöljy								10,8	11
KESKIAKTIIVINEN JÄTE									
Romu	26,5	26,3	267,9						321
Pulverihartsit	51,0	62,0	1 263,8						1 377
Raehartsit	11,2	8,6	265,6						285
YHTEENSÄ	106	110	1 797	3 842	3,2	80	15	11	5 965

¹⁾ Sisältää 10,8 m³ (2 kpl) Studsvikiin lähetettyjä 342-lämmönvaihtimia, jotka sisällytetään KAJ-varaston tietoihin palautuserien saapumiseen asti

²⁾ VLJ-luolan louhintatunnelissa oleva kaasunkehityskokeen säiliö

vapauttaa valvonnasta. KAJ-varastoon voidaan sijoittaa tynnyreitä, laatikoita ja suurikokoisia kontaminoituneita metallikomponentteja noin 6 000 tynnyriä vastaava määrä.

VLJ-luolan keskiaktiivisten jätteen siilon kapasiteetti tynnyreinä (200 l) on 17 360 tynnyriä ja matala-aktiivisten jätteen siilon 24 800 tynnyriä voimalaitosjätteitä. Tämä vastaa Olkiluodon toiminnassa olevien kahden laitosesikön 40–60 vuoden käytöstä kertyvää jätemäärää (kuva 15).

STUKin 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 noin 57 m³ pienjätettä. Käyttölupaehjojen muutoksen myötä vuodesta 2012 näitä jätteitä voidaan myös loppusijoittaa VLJ-luolaan.

OL1 ja OL2 -laitosesiköiden suodattimilla ja jäterakennuksen säiliöissä on pulveri- ja raehartseja loppusijoitus-

tilavuuteen laskettuna yhteensä 34 m³ (laskennallinen luku).

VLJ-LUOLAN KÄYTÖNAIKAISET TUTKIMUKSET

Ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuus koostuu sekä loppusijoituslaitoksen käytönaikaisesta turvallisuudesta että loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuudesta. Kallioperän osalta käytönaikaisen turvallisuuden valvonta käsittää kallioperän stabilisuuden seuranta. Pitkäaikaisturvallisuutta arvioidaan puolestaan turvallisuusanalyysillä, joihin kallioperän osalta tarvitaan tuntemusta luolan lähikallioperän geologiasta, hydrogeokemiasta ja pohjavesikemiasta. Käyttövaiheen kallioperätutkimuksilla ja -seurannalla halutaan ensisijaisesti selvittää, miten louhinta on vaikuttanut lähikallion ominaisuuksiin ja miten ne kehittyvät käyttövaiheen aikana. Tutkimukset ja seurantamittaukset tuottavat arvokasta tietoa myös tulevaa VLJ-luolan laajennusta varten (kuva 15).

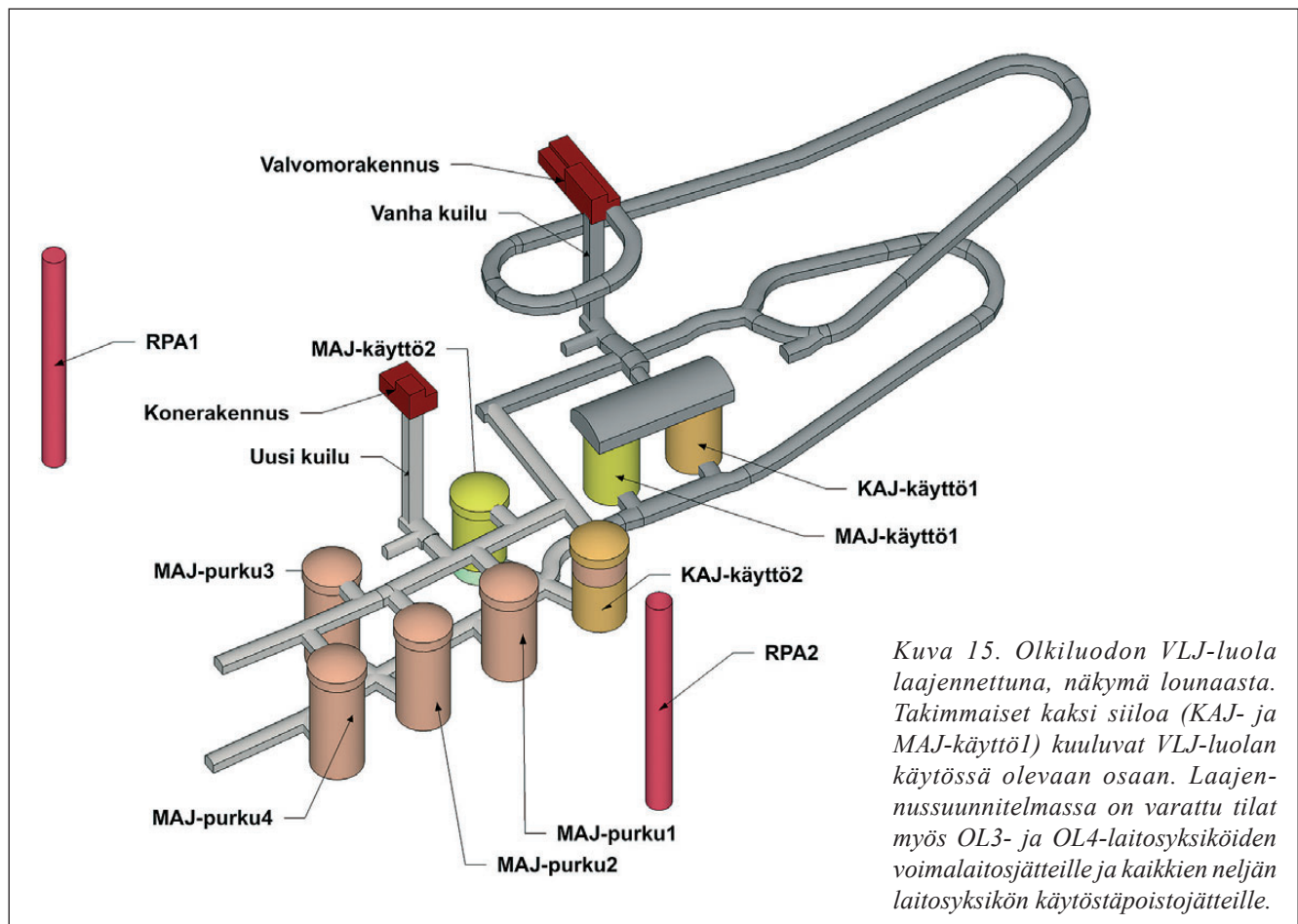
VLJ-luolan kalliomekaaninen ja hydrologinen monitorointi tehdään

vuosille 2006–2017 laaditun Olkiluodon VLJ-luolan kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelman mukaisesti. Ohjelmaa on hyvä tarkistaa vuoden 2015 aikana vastaamaan mahdollisia muutoksia tutkimustulosten tarpeesta sekä ohjelman jatkamisesta. Kalliomekaanisen ja hydrologisen monitoroinnin tulokset raportoidaan vuosittain viimeistään seuraavan vuoden kevään aikana omina raportteinaan osana TVO:n VLJ-raporttisarjaa.

Vuonna 2012 VLJ-luolan kalliotilojen käytönaikainen seuranta jatkui laaditun VLJ-luolan kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelman mukaisesti. Vuosi 2012 oli tutkimus- ja seurantaohjelman mukaan normaali seurantavuosi. Vuoden 2012 tulokset tullaan julkaisemaan keväällä 2013. Edelliset vuoden 2011 tulokset raportoitiin keväällä 2012 (VLJ-2/12, VLJ-3/12).

Kalliomekaaninen monitorointi

Kallioperän pysyvyyttä on seurattu VLJ-luolan louhintatöiden alkuvaiheista lähtien jatkuvilla kallion siirtymä- ja



Kuva 15. Olkiluodon VLJ-luola laajennettuna, näkymä lounaasta. Takimmaisheet kaksi siiloa (KAJ- ja MAJ-käyttö1) kuuluvat VLJ-luolan käytössä olevaan osaan. Laajennussuunnitelmassa on varattu tilat myös OL3- ja OL4-laitosesiköiden voimalaitosjätteille ja kaikkien neljän laitosesikön käytöstäpoistojätteille.

kalliopulttien kuormitusmittauksilla sekä konvergenssimittapulttien avulla tehtävillä louhittujen tilojen jännevälän muutosten mittauksilla. Vuoden 2011 mittaustulokset raportoitiin keväällä 2012 (VLJ-2/12).

Kalliomekaniikan osalta toteutettiin vuonna 2012 normaali mittaushjelma, jolloin konvergenssimittaukset eivät kuuluneet ohjelmaan. Konvergenssimittaukset on tehty viimeksi 2010, ja seuraavan kerran ne tehdään vuonna 2015. Kalliomekaaniset seurantamittaukset vuodelta 2012 eivät ole osoittaneet muutoksia VLJ-luolan kalliomekaniikassa. Kallion mekaaninen tila oli edelleen hyvä, eikä kallioperän käyttäytymisessä ole esiintynyt yllätyksiä. Mittapisteissä esiintyvät pienet muutokset johtuvat kallion lämpötilan muutoksista. Lämpötilan muutokset kalliossa ovat osoittaneet kuitenkin ennusteen mukaista tasaantumista kallion siirtymäkäyttäytymisessä. Kalliomekaaniset mittalaitteet on vuoden 2012 aikana toimineet hyvin. Vähäisiä, ajottaisia lukemahäiriöitä eräissä mittalaitteissa on yhä esiintynyt. Ekstensometrien lukupäitä ei ole tarvinnut vaihtaa vuoden 2012 aikana.

Keväällä 1993 Olkiluodon VLJ-luolan tutkimustunneliin asennettiin kymmenen tutkimuspulttia kalliopulttien korroosionopeuden selvittämiseksi. Tutkimuksen tavoitteena on saada tietoa sinkittyjen kallion lujituspulttien korroosionkestosta Olkiluodon VLJ-luolan olosuhteissa sillä oletuksella, että kalliopultteja suojaavan sementtilaastin oletetaan täysin menettäneen suojausominaisuutensa. Ensimmäinen tutkimuspultti irtikairattiin vuonna 1996 ja seuraava vuonna 2004. Jälkimmäisen irtikairatun pultin tulokset raportoitiin vuonna 2006. Tulosten perusteella korroosionopeus on todettu mitättömäksi, minkä vuoksi seuraavaa irtikairausta on päätetty myöhentää edelleen vuoteen 2014.

Hydrologinen monitorointi

VLJ-luolan vuotovesivirtaamaa seurattiin vuonna 2012 mittaamalla poistopumppujen virtaamaa, mittapatomittaukset eivät kuuluneet vuoden 2012 tutkimusohjelmaan. Pohjaveden hydraulista korkeutta havainnoidtiin automaattisissa mittauspisteissä. Sadantaa mitattiin Ul-

kopäässä ja meriveden korkeustiedot saatiin Ilmatieteen laitoksen Rauman sataman asemalta.

Vuoden 2011 mittaustulokset raportoitiin keväällä 2012 (VLJ-3/12). Vuonna 2012 VLJ-luolan keskimääräinen vuotovesivirtaama oli 40,0 l/min, mikä on samaa suuruusluokkaa kuin edellisenä vuotena. Kokonaisvuotovesivirtaaman pitkän ajan trendisovitus osoittaa edelleen laskevaa suuntausta, mutta kokonaisvirtaama näyttäisi tasoittuneen viime vuosien aikana.

VLJ-luolan vuotokohdat valokuvataan tutkimus- ja seurantaohjelman mukaisesti viiden vuoden välein ja raportoidaan hydrologisen monitoroinnin yhteydessä. Viimeisin raportoitu kuvaus on vuoden 2010 marraskuulta.

Pohjavesikemia

VLJ-luolan pohjavesiasemilta ei kerätty vesinäytteitä vuonna 2012. Edellinen laaja näytteenotto oli vuoden 2011 keväällä. Laajemman ohjelman vuosina kaikilta kolmelta PVA-asemalta otettavista vesinäytteistä määritetään peruskemian lisäksi myös isotooppi-koostumukset. Vesinäytteiden lisäksi jokaiselta PVA-asemalta otetaan kaasunäytteet josta analysoidaan liuenneiden kaasujen lisäksi myös isotooppi-koostumukset. Pohjavesiasemilta kerätään vuoden 2015 helmikuussa seuraavat laajemman ohjelman näytteet.

Muutokset analyysituloksissa vuosien 2008–2011 aikana ovat pieniä ja kaikki vesinäytteet ovat olleet neutraaleja. Uusimpien vuoden 2011 analyysitulosten perusteella voidaan todeta, että VLJ-luolan kallioperän pohjavesiolosuhteissa on yleisesti ottaen saavutettu tasaisempi vaihe. Pohjavesikemian ei kuitenkaan voida vielä olettaa olevan täysin stabiili, sillä yksittäisissä parametreissa on edelleen tapahtunut joitain muutoksia. Pitkän aikavälin vesikemian analyysitulokset on koottu yhteen vuonna 2012 ja ne julkaistaan VLJ-sarjassa vuonna 2013.

VLJ-luolan ilman laatu

Luolan ilman laadun seuranta toteutetaan mittaamalla radonpitoisuuksia eri mittauspisteissä sekä luolan poistoilman radioaktiivisuutta. VLJ-luolan ilman

radonmittauksia on tehty vuodesta 1991 lähtien ja alkuperäinen mittaustmenetelmä vaihtui vuonna 2009 STUKin toimittamiin radonpurkkeihin. Radonpitoisuuden mittauspisteet sijaitsevat samoissa paikoissa kuin aiempinakin vuosina. Vuonna 2012 mittaussjaksojen pituus oli kaksi kuukautta. Menetelmän vaihto ja mittaussjakson pituuden muutos eivät ole vaikuttaneet tuloksiin merkittävästi. Mittaustulokset vuodelta 2011 on esitetty raportissa (VLJ-3/12).

Työpaikkojen ilman radonpitoisuus ei saa säännöllisessä työssä ylittää säteilyasetuksessa säädettyä raja-arvoa 400 Bq/m³. Raja-arvon ylittävä pitoisuus mitattiin VLJ-luolassa vuonna 2012 kolmessa mittauspisteessä: STUKin pi-enjätevarastossa, jossa tulos oli 900 Bq/m³, mittauspisteessä lähellä MAJ-siiloa, jossa tulos oli 470 Bq/m³ sekä koekai-von pohjalla olevassa mittauspisteessä, jossa tulos oli 1640 Bq/m³. Raja-arvo on ylittynyt samoissa mittauspisteissä aikaisempinakin vuosina. Radonpitoisuudet olivat vuonna 2012 samaa suuruusluokkaa kuin vuoden 2011 arvot.

VLJ-luolassa on toteutettu luolan poistoilman laadun seuranta vuodesta 1999 lähtien. Poistoilman mahdollisesti sisältämien radioaktiivisten aineiden esiintymistä on tutkittu aerosolinäytteenoton avulla. Vuonna 2012 poistoilmaa analysoitiin kaksi kertaa. Analysoiduissa näytteissä ei havaittu radioaktiivisia aineita, kuten ei aikaisempinakaan vuosina. Myös luolan ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta sekä hiilidioksidipitoisuutta seurattiin. Luolan ilman keskimääräinen lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus olivat vuonna 2012 kaikissa mittauspisteissä lähellä koko tarkastelujakson (1991–2012) keskiarvoja. Louhintatunnelin ilman CO₂-pitoisuudet olivat loppuvuodesta 2012 hieman koholla, koska louhintatunnelissa työskenneltiin tällöin.

Voimalaitos- ja käytöstä-poistojätteisiin liittyvät tutkimukset

Kaasunkehityskoe

Matala-aktiivisen huoltojätteen mikrobiologista hajoamista loppusijoitusolosuhteissa tutkitaan suuren mittakaavan

kaasunkehityskokeessa VLJ-luolan louhintatunneliin rakennetussa koelaitteistossa (kuva 16). Tutkimus on ollut käynnissä vuodesta 1997 lähtien. Tutkimuksella tarkennetaan huoltojätteessä muodostuvan kaasun määrä- ja muodostumisnopeusarviota ja parannetaan tietämystä mikrobien toiminnan vaikutuksesta hajoamistapahtumaan ja teräksen korroosiosta olosuhteissa, jotka vastaavat VLJ-luolan sulkemisen jälkeistä tilaa. Olosuhteiden jäljittelyn ohella 20 m³ suuruisen koetankin materiaalien vaihtelevuus jätetyynyrien sisällön ja niiden välisen vesitilan kesken on kokeen prosesseille keskeistä. Tämän heterogeenisuuden takia mikrobeille löytyy todennäköisemmin suotuisia pienympäristöjä, minkä koetulokset jo ovat vahvistaneet. Kemiallisen seurannan lisäksi monitoroidaan aktiivisuuden vapautumista jätetyynyreistä ympäröivään veteen.

Tutkimuksen tavoitteena on ollut tuottaa arvio kaasunkehitysnopeudesta VLJ-luolan turvallisuusanalyysiin, joka viimeksi saatettiin ajan tasalle vuonna 2006. Pitkällä aikavälillä kaasunkehi-

tysnopeus on vakiintunut tasolle 60–90 dm³/kk, joka on lähes kertaluokkaa pienempi kuin VLJ-luolan alkuperäiseen turvallisuusanalyysiin valittu arvo. Vapautuva kaasu on lähinnä metaania, vedyn ja hiilidioksidin reagoidea jo tankin sisällä. Kokeen aikana jätetyynyrien välisen veden pH on laskenut alkalisesta (> 10) neutraaliksi. Laskun syynä pidetään mikrobien aineenvaihduntatuotteita, ja se on betonin alkalisuudesta syntyneitä ennako-odotuksia suurempi. Myös todettu tynnyripeltinäytteiden voimakas korrosio sekä mikrobiologisista näytteistä analysoitu suuri sulfaatin pelkistäjien määrä sopivat yhteen pH-muutoksen kanssa. Veden sähkönjohtavuus ja redox-potentiaali ovat nousseet yli kymmenen viime vuoden ajan tasaisesti, saavuttaen noin 1500 mS/m ja -300 mV (Eh) tasot.

Vuonna 2012 raportoitiin kokeesta saatujen mittaustulosten väliarvio, jonka tarkoitus on selvittää koetankissa vallitsevien olosuhteiden muutokset sekä mahdolliset tulevaisuuden kehitys- ja toimenpidetarpeet (VLJ-1/12). Vuonna 2012 otettiin tankista vesinäyt-

teet mikrobiologista määrittystä varten. Analyysitulokset on esitetty työraportissa, jonka perusteella suunniteltiin laajempaa näytteenottoa vuonna 2013. Kaasunkehityskokeen tilan arvioinnista, mittaustulosten kunnosta ja kokeen päättämisen kriteereistä on 2012 käynnistetty diplomityö.

Kaasunkehityskokeen jatkamiselle on lupa vuoteen 2017 saakka. Diplomityön tavoitteena on laatia kriteerit kokeen päättämiseksi. Lisäksi laaja mikrobiologinen näytteenottokampanja, joka käsittää vesinäytteiden lisäksi kiintoainenäytteet, suoritetaan vuoden 2013 aikana. Näistä saatavat tiedot ja analyysit tuovat lisäinformaatiota kokeen tilasta ja toiminnasta. Myös pH:n kehittymistä kokeen aikana voitaneen hyödyntää jatkossa, kun tarkennetaan arvioita voimalaitosjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuudesta. Kokeen lopettamisen suunnitelman on tarkoitus valmistua 2014. Vuoden 2012 aikana kokeen mallinnustyötä ei toistaiseksi jatkettu, mutta vuosien 2006–2011 tulosten raportointi antaa sille hyvän perustelun.



Kuva 16. Kaasunkehityskoelaitteisto Olkiluodon VLJ-luolassa.



Kuva 17. Betonin pitkäaikaiskestävyys -hankkeen tutkimustila VLJ-luolassa.

Betonin pitkäaikaiskestävyys

Betonirakenteiden pitkäaikaiskäyttäytymistä tutkitaan yhteistyössä Fortumin kanssa vuonna 1997 aloitetun Betonin pitkäaikaiskestävyys -hankkeen avulla. Vuoden 2010 joulukuuhun asti pilotmittakaavan simuloitu koe on ollut käynnissä Myyrmäessä entisen IVO:n toimipaikassa, josta se siirrettiin Olkiluotoon VLJ-luolan tutkimustilaan -60 metrin tasolle (kuva 17) ja kokeet saatiin uudestaan käyntiin alkuvuodesta 2011.

Tutkimuksen perusteella arvioidaan betonin pitkäaikaiskäyttäytymisen vaikutusta radionuklidien liukoisuuteen ja kulkeutumiseen loppusijoitusolosuhteissa sekä rapautumista käyttöolosuhteita vastaavissa kallio pohjavesi-olosuhteissa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää vallitsevissa olosuhteissa parhaiten kestävät betonikoostumukset, joilla pystytään täyttämään VLJ-luolalle asetetut 60 vuoden käyttöikävaatimukset. Lisäksi tavoitteena on saada tietoa betonimateriaalien pitkäaikaiskestävyyden mallinnusta ja mallien kehitystä varten.

Betonin pitkäaikaiskestävyys -hankkeen puitteissa annettiin vuonna 2011 laaja betoninäyteaineisto KYT2014-ohjelman *Betonisten vapautumisen säilyvyys voimalaitosjätteen loppusijoituksessa* -hankkeen käyttöön laajempaa tutkimusta ja mallinnustyötä varten sekä kansainvälisen julkaisemisen ja yhteistyön lisäämiseksi aiheesta, jonka hyödynnettävyys on VLJ-luolaa laajempaa. VLJ-luolan tutkimustilassa käynnissä olevan pilot-kokeen lisäksi

vastaavia betonikoe-kappaleita tutkitaan todellisissa kallio pohjavesi-olosuhteissa Olkiluodon VLJ-luolassa kairareijissä VLJ-KR20 ja VLJ-KR21. Koekappaleet on esitetty kuvassa 18.

Tutkimuksessa seurataan yhdeksän sideaineeltaan ja runko-sideainesuhteeltaan erilaisen betonilaadun käyttäytymistä yhdeksässä erilaisessa pohjavesi-olosuhteita simuloivassa liuoksessa. Betonin kemiallisen koostumusprofiilin määrittämisen lisäksi selvitetään beto-

Kuva 18. Betonikoe-kappaleita todellisista kallio pohjavesi-olosuhteista poistettuina näytteenottoa varten teräksisissä näyttekoreissa.



nin mineraalikoostumus ja hydrataatio. Lisäksi tehdään mikrorakennetta ja huokoisuutta tutkivia kokeita optisen mikroskopian ja elektronimikroskopian avulla sekä selvittämällä betonien kapillaarinen imukyky.

Kairarei'issä olevista koekappaleista ei otettu näytteitä vuonna 2012, mutta kairareikien vesikemiaa (pH, happipitoisuus, redoxpotentiaali ja johtokyky) seurattiin kuukauden välein tehtävien manuaalisten pH- ja johtokykymittausten lisäksi vuosittaisella kuukauden kestäväällä kennostomittauksella. Lisäksi otettiin vesinäytteet kemiallisia analyysejä varten. Kairareikien vesinäytteiden pH on pysytellyt pitkällä aikavälillä hyvin tasaisena ollen noin 8.

Betonirakenteiden vaurioitumismekanismiin liittyvät tutkimustulokset raportoidaan myöhemmin eri betonilaa- tujen osalta vuosina 2011–2014, ensimmäiset raportit julkaistiin vuoden 2012 aikana. Betonirakenteiden ensisijaiset vaurioitumismekanismit vallitsevissa olosuhteissa on tunnistettu. Käyttö- vaiheen aikana betonin ominaisuudet heikkenevät karbonatisoitumisen kautta ja tilan sulkemisen jälkeen pohjaveden aggressiiviset ionit aiheuttavat betonite- räs-korroosiota. Suolojen tunkeutuminen betoniin riippuu sekä betonilaadusta että suolaveden koostumuksesta ja pitoisuudesta. Tunkeuman ennustami- seen kehitettävä malli edellyttää eri suolakomponenttien tunkeumaprofiilien tarkkaa määrittämistä ja samanaikaista minerologista tutkimusta. Mitattujen kloridiprofiilien perusteella tehtiin vuonna 2011 yksinkertainen tulosten tarkastelu. Kloridikäyrät mallinnettiin ja niiden perusteella määritettiin beto- nin diffuusiovakio kloridien suhteen. Mallinnuskäyrillä voidaan karkeasti arvioida kloridien tunkeutumissyvyys ajan funktiona.

Purkujättemetallien liukeneminen

Vuonna 1998 käynnistetyn purkujäte- metallien liukenemiskokeen tarkoituk- sena on tutkia hiiliteräksen liukenemista loppusijoitusolosuhteissa, jotta saatai- siin realistinen kuva teräksen korroo- sionopeudesta Olkiluodon VLJ-luolan sulkemisen jälkeisissä olosuhteissa. Kokeet toteutetaan sekä laboratorios-

sa simuloitussa olosuhteissa (VTT:n seurantatutkimus) että todellisessa pohjavedessä Olkiluodon VLJ-luolassa kairareikiin VLJ-KR19 ja VLJ-KR21 sijoitettujen hiiliteräsnäytteiden avulla. Lisäksi kairareiässä VLJ-KR9 on ol- lut asennettuna vuodesta 2002 lähtien sinkkilevy- ja sinkkipinnoitettuja teräs- levynäytteitä.

Kairareikien pohjaveden vesikemiaa seurataan säännöllisesti tehtävillä pH-, happi-, redoxpotentiaali- ja johtokyky- mittauksilla. Lisäksi vuosittain otetaan vesinäytteet kemiallisia analyysejä var- ten. Kairareiän KR19 johtokyky vaihtelee välillä 2,3–4,4 mS/cm ja kairareiän KR9 välillä 2,4–3,0 mS/cm. Vuonna 2010 kairareikien vedestä ja näytekap- paleista otettiin näytteet myös mikro- biologisia määryksiä varten. Lisäksi kairarei'istä poistettiin näytteitä paino- häviökokeita varten korroosionopeu- den määrittämiseksi. Tutkimustulokset raportoitiin tammikuussa 2011. Hiilite- rästen painohäviömittausten perusteella lasketun syöpymisnopeuden on todettu vaihtelevan kairareikien välillä, johtu- en osaksi kokonaiskoeaikojen eroista. Korroosionopeus vaihtelee myös näy- tekohtaisesti ja paikallinen korroosio voi olla huomattavasti keskimääräistä suurempaa. Tutkimustulokset osoitta- vat, että sekä paikallinen vesikemia että mikrobiologinen toiminta kairarei'issä vaikuttavat korroosionopeuteen ja si- ten korroosion ennustettavuuteen ja edelleen syöpymisnopeuden arviointiin.

Purkujättemetallien liukeneminen -projektissa vuosi 2012 oli väli vuosi eikä uusia näytteitä otettu tutkittavaksi VLJ-luolan kairarei'istä. Vuoden 2010 näyteenotossa hiiliteräs- ja sinkkinäyt- teiden pinnoilta irrotettiin mikrobiolo- gisia näytteitä, joista tehtiin alustavia mikrobiologisia määryksiä ja samassa yhteydessä osa näytteistä pakastettiin DNA-tutkimuksia varten. Näiden DNA- näytteiden analysointi saatiin valmiiksi keväällä 2012 ja tehdyillä molekyyli- biologisilla menetelmillä osoitettiin, että kaikkien tutkittujen hiiliteräsnäytteiden pinnoilla oli hyvin monimuotoinen mikrobi-yhteisö. Deltaproteo-bakteerit dominoivat kaikissa näytteissä ja olivat selvästi merkittävin yksittäinen bak- teeriluokka. Deltaproteo-bakteereihin

kuuluu mm. suurin osa sulfaattia pel- kistävästä bakteereista. Sulfaattia pelkis- tävien bakteerien lisäksi todettiin mm. Clostridia- ja Anaerolineae-luokkiin kuuluvia mikrobeja. Todettu bakteeri- en monimuotoisuus viittaa siihen, että hiiliterästen pinnalla todetuilla bak- teereilla on potentiaalia myös laajaan toiminnalliseen monimuotoisuuteen. Sulfaatin pelkistykseen lisäksi havaittiin mikrobilajeja, jotka voivat pelkistää rautaa tai nitraattia sekä myös lajeja, jotka voivat hapettaa metaania. Vuon- na 2011 purkujättemetallien liukene- misestä saatuja koetuloksia on annettu KYT2014-ohjelman käyttöön. Tutki- musohjelmassa koeaineistoon on lisätty myös ruostumattomia teräsnäytteitä hii- literäsnäytteiden lisäksi kokeisiin, joissa ympäristönä on todellinen VLJ-luolasta otettu pohjavesi

Loviisan voimalaitos

TOIMINTAPERIAATE

Loviisan ydinvoimalaitoksessa matala- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte käsi- tellään ja varastoidaan voimalaitoksella. Käytetyt ioninvaihtohartsit ja haihdutus- jätteet varastoidaan nestemäisten jätteiden varaston säiliöissä. Sementointiin/ betonointiin perustuvan nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitoksen koekäyttöjä on tehty vuodesta 2007 alkaen ja laitos on tarkoitus ottaa tuotantokäyttöön vuonna 2013.

Loviisassa otettiin 1990-luvun al- kupuolella käyttöön menetelmä, jolla kesium erotetaan haihdutusjätteestä hyvin pieneen jätetilavuuteen. Haihdu- tusjätteen aktiivisuuspitoisuus saadaan kesiumin poistolla niin matalalle tasolle, että se voidaan uloslaskumenettelyin poistaa laitokselta. Kesiumin erotus- laitoksella on vuoden 2012 loppuun mennessä puhdistettu yhteensä noin 1 460 m³ haihdutusjätettä 34 ioninvaihtokolonilla, joiden kunkin tilavuus on 8 litraa. Vuonna 2010 aloitettu viimei- sin puhdistuskampanja keskeytettiin vuonna 2011 pumppuongelmiensa vuoksi. Kampanja on tarkoitus viedä loppuun vuonna 2013.

Voimalaitoksen huolto- ja korjaus- töissä syntyvä kuiva huoltojäte pakataan 200 litran terästynnyreihin. Puristuva

jäte prässätään tynnyreihin jätepuristimella, jolloin yhteen tynnyriin saadaan mahtumaan 5 kertaa enemmän jätettä kuin ilman tiivistystä. Vuonna 2012 valvonnasta vapautettiin huoltojätettä yhteensä 151 m³.

Valvonta-alueella syntynyttä metallijätettä (kuva 19) vapautetaan kampanjanomaisesti valvonnasta tilanteen mukaan sopivissa jäte-erissä. Säteilymittauksissa puhtaaksi todettua metallijätettä vapautettiin valvonnasta vuonna 2012 noin 98,7 tonnia.

Radioaktiivista metallijätettä välivarastoidaan valvonta-alueen varastoissa. Valvonnasta vapautuvien huoltojätetynnyrien varastohallissa on lisäksi säilytyksessä merikontillinen kontaminoitunutta metallijätettä.

Nestemäisten/märkien aktiivisten voimalaitosjätteiden kiinteytyslaitoksen (betonointilaitos) koekäyttöjä on tehty haihdutusjätteellä vuodesta 2007 lähtien. Käytettyjen ioninvaihtohartsien koekäytöt aloitettiin vuonna 2009 ja laitoksen luvittaminen tuotantokäyttöön on tarkoitus tapahtua vuoden 2013 aikana.

Vuoden 2012 lopun varasto- ja loppusijoitustilanne selviää taulukosta 2. Käytetyt ioninvaihtohartsit ja haihdutusjätteet ovat nestemäisten jätteiden varastossa. Lisäksi niitä on kiinteytettynä teräsbetonisissa 1,7 m³:n tynnyrinmuotoisissa jäteastioissa. Imeytyskiinteytetty jätteet ovat 200 litran tynnyreissä.

LOPPUSIJOITUSTILA

Loviisan voimalaitoksen käytöstä kertyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet lop-



Kuva 19. Metallijätteen käsittelytilat, puoliautomaattisaha. (kuva: Ari Haimi)

pusijoitetaan laitosalueen kallioperään rakennettuihin tiloihin. Loppusijoituslaitos muodostuu 1 170 metriä pitkstä ajotunnelista ja noin 110 metrin syvyyteen rakennetuista tunneli- ja hallitiloista sekä porras- ja ilmastointikuiluista.

Vuonna 2010 aloitettiin huoltojätteiden tila 3:n (HJT3) sekä yhdistynyt tunnelin rakennustyöt niin, että louhintatyöt (noin 16 000 m³) valmistuivat vuonna 2011. Laajennuksella lisätään huoltojätetynnyrien välivarastointi- ja lajittelumahdollisuuksia. HJT3 otetaan jätetynnyrien välivarastointikäyttöön vuoden 2013 aikana. VLJ-luolan käytönaikaisista tutkimuksista on laadittu erilliset tutkimusohjelmat sekä ajotunnelin että hallitilojen osalta.

KIINTEYTYSMENETELMIEN TUTKIMUKSET

Puolimittakaavaisiin loppusijoitusastioihin vuonna 1987 kiinteytetyn aktiivisen ioninvaihtohartsin säilytyskoekäytössä vuonna 2012. Jätepakkaukset ovat olleet pohjavesisäilytyksessä Loviisan voimalaitoksella jo 25 vuotta ja ovat odotusten mukaisesti edelleen hyväkuntoisia. Astioiden betonipinnoissa ei ole havaittu rakenteellista vaurioitumista ja säilytysveden koostumus on ollut suhteellisen vakaa. Säilytysveden aktiivisuussmittauksissa ei myöskään ole havaittu merkkejä nuklidien vapautumisesta betoniastioiden sisältämästä kiinteytystuotteesta. Koetulokset on viimeksi raportoitu vuonna 2010.

Taulukko 2. Loviisan voimalaitoksen voimalaitosjätteet

	Kokonaisjättemäärä		Aktiivisuus (GBq)
	Laitoksella/ varastorakennuksissa (m ³)	Loppusijoitustilassa (m ³)	
Käytetyt ioninvaihtohartsit	534		15 000
Haihdutusjätteet	756		1 170
Kiinteytetyt haihdutusjätteet ja ioninvaihtohartsit	31,1		7
Imeytyskiinteytetty liuottimet, matala-aktiiviset ioninvaihtohartsit sekä aktiivihielet	-	65,2	< 1
Huoltojätteet	382,2	1 771,6	641,6



Kuva 20. Loviisan voimalaitosjätteen loppusijoitustilan uusi huoltojätetila, HJT3, jätteiden pitkäaikaiseen välivarastointiin valmistui vuonna 2011. (kuva: Ari Haimi)

Täysimittakaavaiseen loppusijoitusastiaan kiinteytettiin vuonna 1980 inaktiivista Loviisan voimalaitoksella käytettyä vanhaa ioninvaihtohartsia. Loppusijoitusastiaa säilytettiin varastossa vuoden 1983 puoliväliin asti, minkä jälkeen sitä on säilytetty hitaasti virtaavassa makeassa vedessä Pyhäkosken voimalaitoksella. Loppusijoitusastian kuntoa on seurattu 1, 3, 5, 9, 13, 15, 21 ja 27 vuoden säilytyksen jälkeen. Teräksissä nostokorvakkeissa ja kiinnityksissä on selvästi havaittavissa ruostumista, mutta loppusijoitusastioiden betonipinnoissa ei ole havaittu rakenteellista vaurioitumista eikä korroosiota ole havaittu astian betoniradoituksissa. Koetulokset raportoitiin viimeksi vuonna 2010 yhdessä puolimittakaavaisten loppusijoitusastioiden koetulosten kanssa.

LOPPUSIJOITUSTILAN KÄYTÖNAIKAISET TUTKIMUKSET

Loppusijoitustilan käytönaikaisia tutkimuksia jatkettiin vuonna 2012 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 seuran-

taa kerran kuukaudessa. Makean ja ns. suolaisen pohjaveden sijainti mitattiin rei'issä neljästi kuluneen vuoden aikana.

Loppusijoitustiloissa on mitattu pohjaveden johtokykyä, painetta ja vuotoveden määrää kerran kuukaudessa, paineen ja vuotovesimäärän osalta myös jatkuvasti. Mittaukset ovat keskittyneet vuotovesialtaisiin ja varta vasten rakennettuun viiteen pohjavesiasemaan. Pohjavesikemian tutkimusohjelma käsittelee vesinäytteenottoa ja analysointia LPVA3-pohjavesiasemasta.

Kallioperän hitaiden liikuntojen seuranta on tehty pääosin automatisoidulla kalliomekaanisella mittausjärjestelmällä. Vuonna 2012 jatkettiin myös tilojen silmämääräistä kuntoseuranta. Hästholmenin saaren pohjavedelle tyypillinen piirre on sen pinnankorkeuden selvä riippuvuus meriveden korkeudesta. Erityisen selvästi tämä on näkyvissä syvässä (> 30 m) kairarei'issä, joissa pohjavedenpinta on lähellä merenpinnan tasoa. Matalissa rei'issä vedenpinta on, topografiasta riippuen, muutaman metrin korkeammalla. Rakennusaikana pohjaveden pinta laski paikallisesti joi-takin metrejä tilojen lähialueella, mutta tilojen valmistumisen jälkeen on ollut havaittavissa vedenpinnan hidasta kohonamista. Kokonaisuutena ei vedenpinnan korkeuksissa ole tapahtunut merkittäviä

muutoksia ja ne näyttävät stabiloituneen likimain vuoden 1996 tasolle. Makean ja suolaisen veden rajapinta on ollut tilojen alueella edellisvuoden tapaan tasojen -30 m ja -80 m välillä eli selvästi tasolla -110 m olevien loppusijoitustilojen yläpuolella. Vuoden 2011 aikana ainoastaan yhdessä kairarei'ässä on havaittavissa rakentamisen aiheuttamaa muutosta rajapinnassa. Vuonna 2012 kaikki rajapinnat pysyivät edellisvuoden tasolla.

Vuotovesien määrää mitattiin entiseen tapaan yhteensä seitsemässä pisteessä eri puolilla loppusijoitustiloja. Louhintojen valmistuttua vuonna 1996 oli kokonaisvuoto suurimmillaan noin 300 l/min, mistä se on melko tasaisesti laskenut ollen noin 60 l/min loppuvuodesta 2012. Vuotomäärästä noin puolet tulee ajotunnelista ja puolet muista tiloista. Vuotovesimittausten yhteydessä mitattu sähkönjohtokyky vaihtelee tilojen eri osissa edellisvuoden tapaan noin välillä 400–1 300 mS/m edustan ns. välivyöhykkeen sekä suolaisen vyöhykkeen vesiä. Johtokyky kasvaa syvyyden (ja suolapitoisuuden) mukaan ollen suurimmillaan asemassa LPVA5 (taso -110 m). Mereen pumpatun vuotoveden (kaikkien vuotovesien sekoitus) johtokyky on ollut keskimäärin noin 930 mS/m.

LPVA3-pohjavesiaseman vesinäytteiden analyysituloksissa ei ole merkittävää muutosta aiempiin vuosiin. Pohjavesiaseman pH on vaihdellut hie-man mittaushistorian aikana, mutta on pysynyt viimevuodet välillä 7,3...7,7. Pohjaveden sähkönjohtavuus- ja TDS-arvot vuonna 2012 olivat 1 100 mS/m ja 6 200 mg/l. LPVA3:n pohjavesi on Na- Ca-Cl-tyyppiä ja TDS-luokituksen mukaisesti murtovettä.

Kallion lämpötila tilojen läheisyydessä 110 metrin syvyydessä on noin 9–13 astetta. Kalliomekaanisten mittausten tulokset osoittavat tilojen pysyvyyden säilyneen hyvänä eikä esimerkiksi KJT-tilan rakennustyö vaikuttanut heikentävästi lähiympäristön kalliion stabi-liteettiin. Rakennustöiden aikana 2005–2006 ja 2010–2011 havaittiin liikkeissä aiempaa suurempia muutoksia johtuen pääosin hallin kohonneesta lämpötilasta, mutta nyt liikkeet ovat palautuneet ennen

rakentamista olleelle tasolle. Vuosien 2011–2012 aikana useissa mittapisteissä lämpöiloissa on ollut kasvava trendi. Tämä ei ole kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi liikkeisiin.

HJT3:n ja uuden yhdystunnelin louhinnat alkoivat syksyllä 2010. Yleisesti ottaen kalliotilojen katoissa ja seinissä tapahtuneet siirtymät ovat olleet ekstensometrimittausten perusteella edellisvuosien tapaan hyvin pieniä, alle 0,1 mm:n luokkaa. Vuoden 2012 konvergenssimittauksissa saadut mittalukemat ovat yleisesti olleet samalla tasolla kuin mittausten alussa. Kuitenkin HJT3:n ja yhdystunnelin louhinnat syksyllä 2010 näkyvät selkeästi louhinnan lähellä olevissa mittausleikkauksissa. Vuosina 2011–2012 tilanne näyttää vakiintuneen. Yleensä näissä leikkauksissa mittavälit pienenevät. Vuoden 2012 lopussa pieneneminen vertailutasoon nähden oli 1,15–2,00 mm. HJT3:n lähellä mittavälit olivat kasvaneet alle 1 mm. Uuden yhdystunnelin leikkauksissa havaittiin

leikkausvälien pienenemistä lähinnä heti louhintojen jälkeen. Vuoden 2012 lopussa muutos vertailutasoon nähden oli alle 2 mm.

Tilojen silmämääräisen katselmoinnin perusteella tilojen stabiliteetti on kokonaisuudessaan hyvä. Salaojat toimivat suunnitellulla tavalla, joskin pohjavedessä olevan raudan saostuminen edellyttää ajotunnelissa niiden ajoitaista puhdistusta. Suolainen vuotovesi aiheuttaa paikoin metallirakenteiden korroosiota ja edellyttää niin ikään aika ajoin huolto- ja korjaustoimenpiteitä.

VOIMALAITOSJÄTTEEN LOPPUSIJOITUKSEN TURVALLISUUSSELVITYKSET

Loppusijoitustilojen turvallisuusperustelun päivitys aloitettiin keväällä 2004 ja se valmistui vuoden 2006 keväällä. Turvallisuusperustelussa on käsitelty pitkäaikaisturvallisuuteen vaikuttavia ilmiöitä, tapahtumia ja prosesseja, kuten esimerkiksi pohjavesivirtauksia,

radionuklidien vapautumista jätteestä, kulkeutumista kallioperässä ja biosfäärissä sekä useita erityiskysymyksiä. Turvallisuusanalyysin mukaan kaikki loppusijoituksesta aiheutuvat säteilyannokset jäävät annosrajojen alapuolelle ja vesistöreittien (järvi, meri) kautta aiheutuvat annokset vastaavat vain murto-osaa luonnon taustasäteilyannoksista. Samoin loppusijoitetuista jätteistä peräisin oleva lisäys radioaktiivisten aineiden kokonaisaktiivisuuspitoisuuksiin elinympäristössä jää vähäiseksi. Turvallisuusperustelun mukaan ei myöskään ole identifiotavissa sellaisia edes kohtuullisen todennäköisiä tapahtumaketjuja, jotka voisivat heikentää loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta riittämättömälle tasolle.

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

Käytöstäpoistospelvitykset

Ydinenergialain mukaan ydinvoimalaitoksen luvanhaltijan on huolehdittava myös laitoksen käytöstäpoistosta. Tämän huolehtimisvelvoitteen täyttämiseksi on jätehuoltovelvollisen esitettävä selvitys käytöstäpoiston menetelmistä ja aikataulusta sekä käytöstäpoistossa syntyvien jätteiden varastoinnista ja loppusijoituksesta. Voimayhtiöt ovat esittäneet ajan tasalle saatetut käytöstäpoistosuunnitelmat viiden vuoden välein vuoteen 2008 saakka, jolloin lakisääteinen velvollisuus käytöstäpoistosuunnitelman esittämiseen muuttui kuudeksi vuodeksi. Viimeisin päivitetty suunnitelma valmistui Olkiluodon ydinlaitoksen osalta vuoden 2008 lopussa. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistospelvitys päivitettiin vuonna 2012.

Olkiluodon voimalaitos

Käytöstäpoistospelvitykset tähtäävät purkusuunnitelman teknis-taloudelliseen kehittämiseen ja loppusijoituksen turvallisuusarvion lähtötietojen tarkentamiseen. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen käytöstäpoiston suunnitelma päivitettiin viimeksi vuonna 2008. Päivitykseen kuului käytöstäpoistojätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuusanalyysin päivitys. Suunnitelma koskee suurelta osin vain käytössä olevia laitossyysiköitä, mutta pitkäaikaisturvallisuuden analyysissä on huomioitu neljän laitossyysikön purkujätteet. Lisäksi vuonna 2008 valmistui alustava suunnitelma voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen loppusijoitustilojen laajentamisesta, missä huomioitiin käytössä olevien yksiköiden lisäksi myös kahden uuden laitossyysikön jätteet. Seuraava Olkiluodon ydinvoimalaitoksen käytöstäpoiston suunnitelma tullaan esittämään viimeistään vuonna 2014. Tällöin raportoidaan kootusti jäljempänä esitettyjen uusien selvitysten tulokset ja mahdolliset vaikutukset käytöstäpoiston kustannusarvioon.

Vuoden 2009 aikana tehtiin selvitys OL3-laitossyysikön käytöstäpoiston kustannuksista. Tulokset tullaan esittämään OL3-laitossyysikön käyttöluvan hakemisen yhteydessä toimitettavassa käytöstäpoistosuunnitelmassa ja ne

tullaan huomioimaan ydinjätehuollon varautumismaksun määräytymisessä. Olkiluoto 3-laitossyysikön käytöstäpoiston ensimmäinen suunnitelma tullaan esittämään erillisenä asiakirjana.

Käyviin laitosten osalta käytöstäpoiston kustannusten tarkentamiseksi tehtiin vuonna 2010 selvitys, jossa tarkasteltiin käytöstäpoiston kustannuksia siinä tapauksessa, että laitosten käytöstäpoisto tehtäisiin ennen OL1 ja OL2-laitossyysiköiden suunnitellun 60 vuoden käyttöiän täyttymistä. Saatuja tuloksia on käytetty ydinjätehuollon varautumismaksujen arviointiin vuosille 2011 ja 2012. Vuoden 2010 aikana tehtiin uusittu arvio ei-aktiivisten laitososien ja rakennusten purkukustannuksista. Lopputulos ei vaikuta varautumismaksuihin, mutta tietoa tarvitaan IFRS-järjestelmän mukaisessa kirjanpidossa.

Vuoden 2012 aikana valmistuivat selvitykset käyviin laitosten purkulaajuuden uudelleen arvioimisesta (VLJ-4/12). Lähtökohtana oli aiempien suunnitelmien perusteena olleiden aktiivisuuksien vapautusrajojen tiukentuminen viranomaisohjeissa. Selvityksen mukaan hyvin matala-aktiivisen purkujätteen määrä voi kasvaa, mutta käytöstäpoistojätteen suunniteltu loppusijoituskapasiteetti riittää. Myös kustannusvaikutuksia on, mutta käytöstäpoiston kustannusarviossa jo nykyisin esitetty varaus purkamisen laajentami-

selle on riittävä kattamaan arvioituiden kustannukset. Hyvin matala-aktiivisen purkujätteen loppusijoitusvaihtoehtona arvioitiin erillisessä selvityksessä alustavasti maaperäloppusijoituksen mahdollisuutta (VLJ-6/12) sen sijaan, että tällainen jäte loppusijoitettaisiin VLJ-luolaan. Toteutettavuudeltaan ja kustannusvaikutuksiltaan maaperäloppusijoitus todettiin mahdolliseksi. Lisäksi vuoden 2012 aikana valmistui selvitys TVO:n KPA-varaston käytöstäpoistosta (KPA-5/12). Selvityksessä päivitettiin KPA-varaston purkujätteen määrän ja aktiivisuuden arviot.

Loviisan voimalaitos

Osa Loviisan voimalaitoksella käytön aikana kertyvästä matala- ja keskiaktiivisesta ydinjätteestä loppusijoitetaan vasta käytöstäpoiston yhteydessä. Tällaisia ovat esimerkiksi käytetyt suojaelementit, absorbaattorit, neutronivuuanturit, säätösauvojen välitangot ja fissiokammiot. Vuoden 2012 loppuun mennessä Loviisan voimalaitoksella oli käytettyjä suojaelementtejä 218 kpl, absorbaattoreita 220 kpl, neutronivuuantureita 282 kpl, välitankoja 142 kpl ja fissiokammioita 28 kpl. Näistä suojaelementit olivat laitoksen altaissa käytetyn polttoaineen varastossa. Absorbaattorit ja fissiokammiot on varastoitu tarkoitusta varten tehtyihin kanaviin käytetyn polttoaineen varastossa 1. Neutronivuuanturit ja välitangot ovat varastoituina reaktorihalleissa sijaitseissa vastaavissa kanavissa.

Vuoden 2012 lopussa valmistui Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelman viimeisin päivitys (TJATE-G12-145). Päivitystä varten selvitettiin vuosien 2009–2012 aikana ALARA-periaatteen toteutumista käytöstäpoiston töissä, käytöstäpoiston lisensiointia, primääripiirin dekontaminoinnin vaikutusta käytöstäpoiston töistä kertyviin annoksiin, käytöstäpoiston

riskienhallintaa sekä teräksen korroosio-käyttäytymistä ja betonin rapautumista loppusijoitusolosuhteissa. Vuoden 2012 aikana tutustuttiin myös Greiswaldin VVER-reaktoreiden purkuhankkeeseen Saksassa.

Loviisan voimalaitosten käytöstä-poistosuunnitelman lähtökohtana on

purkaa 50 vuoden käyttöään jälkeen välittömästi ne radioaktiiviset osat, joita ei tarvita muun Hästholmenille jäävän ydinteknisen toiminnan (käytetyn polttoaineen varastointi, märkien jätteiden kiinteytys sekä matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitus) jatkamiseksi. Päätös käytöstäpoistosta tai käytön

jatkamisesta tehdään vasta suunnitellun käyttöään loppuvaiheessa. Samoin lopullinen päätös siitä, puretaanko laitos välittömästi tai viivästetysti, tehdään vasta laitoksen käytön päättyessä ennen käytöstäpoiston alkamista. Seuraava käytöstäpoistosuunnitelman päivitys tehdään vuoden 2018 loppuun mennessä.

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 ydinjätteen huoltoon tarvittavien toimenpitei-

den tulevat kustannukset.

TVO:n ydinjätehuollon vuoden 2012 rahastotavoite oli 1 179,1 miljoonaa euroa ja Fortumin rahastotavoite vastaavasti 940,6 miljoonaa euroa.

TEM vahvisti TVO:n ydinjätehuollon vuoden 2012 vastuumääräksi 1 242,3 miljoonaa euroa. TVO:n vuoden 2013 rahastotavoite on yhtä suuri

kuin edellisen vuoden vastuumäärä eli 1 242,3 miljoonaa euroa. Fortumin ydinjätehuollon vastuumääräksi vuoden 2012 lopussa TEM vahvisti 996,2 miljoonaa euroa. Myös Fortumin vuoden 2013 rahastotavoite on yhtä suuri kuin edellisen vuoden vastuumäärä eli 996,2 miljoonaa euroa.

Raporttiluettelo

POSIVA 2012-01	Monitoring at Olkiluoto – a Programme for the Period before Repository Operation Posiva Oy ISBN 978-951-652-182-7
POSIVA 2012-02	Microstructure, Porosity and Mineralogy around Fractures in Olkiluoto Bedrock Jukka Kuva (ed.), Markko Myllys, Jussi Timonen, University of Jyväskylä Maarit Kelokaski, Marja Siitari-Kauppi, Jussi Ikonen, University of Helsinki Antero Lindberg, Geological Survey of Finland Ismo Aaltonen, Posiva Oy ISBN 978-951-652-183-4
POSIVA 2012-03	Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Design Basis 2012 ISBN 978-951-652-184-1 (valmisteilla)
POSIVA 2012-04	Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Performance Assessment 2012 ISBN 978-951-652-185-8 (valmisteilla)
POSIVA 2012-05	Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Description of the Disposal System 2012 ISBN 978-951-652-186-5 (valmisteilla)
POSIVA 2012-06	Olkiluoto Biosphere Description 2012 ISBN 978-951-652-187-2 (valmisteilla)
POSIVA 2012-07	Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Features, Events and Processes 2012 ISBN 978-951-652-188-9 (valmisteilla)
POSIVA 2012-08	Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Formulation of Radionuclide Release Scenarios 2012 ISBN 978-951-652-189-6 (valmisteilla)
POSIVA 2012-09	Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Assessment of Radionuclide Release Scenarios for the Repository System 2012 ISBN 978-951-652-190-2 (valmisteilla)
POSIVA 2012-10	Safety case for the Spent Nuclear Fuel Disposal at Olkiluoto - Biosphere Assessment BSA-2012 ISBN 978-951-652-191-9 (valmisteilla)
POSIVA 2012-11	Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Complementary Considerations 2012 Posiva Oy ISBN 978-951-652-192-6 (valmisteilla)
POSIVA 2012-12	Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Synthesis 2012 ISBN 978-951-652-193-3 (valmisteilla)
POSIVA 2012-13	Canister Design 2012 Heikki Raiko, VTT ISBN 978-951-652-194-0
POSIVA 2012-14	Buffer Design 2012 Markku Juvankoski ISBN 978-951-652-195-7 (valmisteilla)

- POSIVA 2012-15** **Backfill Design 2012**
ISBN 978-951-652-196-4 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-16** **Canister Production Line 2012 – Design, Production and Initial State of the Canister**
Heikki Raiko (ed.), VTT
Barbara Pastina, Saanio & Riekkola Oy
Tiina Jalonen, Leena Nolvi, Jorma Pitkänen & Timo Salonen, Posiva Oy
ISBN 978-951-652-197-1
- POSIVA 2012-17** **Buffer Production Line 2012 – Design, Production, and Initial State of the Buffer**
Markku Juvankoski, Kari Ikonen, VTT
Tiina Jalonen, Posiva Oy
ISBN 978-951-652-198-8
- POSIVA 2012-18** **Backfill Production Line 2012 - Design, Production and Initial State of the Deposition Tunnel Backfill and Plug**
ISBN 978-951-652-199-5 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-19** **Closure Production Line 2012 - Design, Production and Initial State of Underground Disposal Facility Closure**
ISBN 978-951-652-200-8 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-20** **Representing Solute Transport through the Multi-Barrier Disposal System by Simplified Concepts**
Antti Poteri, Henrik Nordman, Veli-Matti Pulkkanen, VTT
Aimo Hautojärvi, Posiva Oy
Pekka Kekäläinen, University of Jyväskylä, Department of Physics
ISBN 978-951-652-201-5
- POSIVA 2012-21** **Layout Determining Features, their Influence Zones and Respect Distances at the Olkiluoto Site**
Tuomas Pere (ed.), Susanna Aro, Jussi Mattila, Posiva Oy
Henry Ahokas, Tiina Vaittinen, Pöyry Finland Oy
Liisa Wikström, Svensk Kärnbränslehantering AB
ISBN 978-951-652-202-2
- POSIVA 2012-22** **Underground Openings Production Line 2012- Design, Production and Initial State of the Underground Openings**
ISBN 978-951-652-203-9 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-23** **Site Engineering Report**
ISBN 978-951-652-204-6 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-24** **Rock Suitability Classification, RSC-2012**
ISBN 978-951-652-205-3
- POSIVA 2012-25** **2D and 3D Finite Element Analysis of Buffer-Backfill Interaction**
Martino Leoni, Wesi Geotecnica Srl
ISBN 978-951-652-206-0 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-26** **Climate and Sea Level Scenarios for Olkiluoto for the Next 10,000 Years**
Natalia Pimenoff, Ari Venäläinen, Heikki Järvinen, Ilmatieteen laitos
ISBN 978-951-652-207-7
- POSIVA 2012-27** **Geological Discrete Fracture Network Model for the Olkiluoto Site, Eurajoki, Finland: version 2.0**
Aaron Fox, Kim Forchhammer, Anders Pettersson, Golder Associates AB
Paul La Pointe, Doo-Hyun Lim, Golder Associates Inc.
ISBN 978-951-652-208-4
- POSIVA 2012-28** **Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Data Basis for the Biosphere Assessment BSA-2012**
ISBN 978-951-652-209-1 (valmisteilla)

- POSIVA 2012-29** **Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Terrain and Ecosystems Development Modelling in the Biosphere Assessment BSA-2012**
ISBN 978-951-652-210-7 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-30** **Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Surface and Near-surface Hydrological Modelling in the Biosphere Assessment BSA-2012**
ISBN 978-951-652-211-4 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-31** **Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Radionuclide Transport and Dose Assessment for Humans in the Biosphere Assessment BSA-2012**
ISBN 978-951-652-212-1 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-32** **Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Dose Assessment for the Plants and Animals in the Biosphere Assessment BSA-2012**
ISBN 978-951-652-213-8 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-33** **Underground Openings Line Demonstrations Stage 1, 2012**
ISBN 978-951-652-214-5 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-34** **Seismic Activity Parameters of the Olkiluoto Site**
Jouni Saari, ÅF-Consult Oy
ISBN 978-951-652-215-2
- POSIVA 2012-35** **Inspection of Disposal Canisters Components**
Jorma Pitkänen, Posiva Oy
ISBN 978-951-652-216-9 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-36** **Analyses of Disposal Canister Falling Accidents**
Juha Kuutti, Ilkka Hakola, Stephania Fortino, VTT
ISBN 978-951-652-217-6
- POSIVA 2012-37** **Long-Term Safety of the Maintenance and Decommissioning Waste of the Encapsulation Plant**
Olli Nummi, Jarkko Kyllönen, Tapani Eurajoki, Fortum Power and Heat
ISBN 978-951-652-224-4
- POSIVA 2012-38** **Human Factors in NDT of the EB-Weld**
ISBN 978-951-652-225-1 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-39** **Safety case for the disposal of spent nuclear fuel at Olkiluoto: Radionuclide solubility limits and migration parameters for the canister and the buffer**
Wersin, P., Kiczka, M., Rosch, D.
ISBN 978-951-652-219-0 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-40** **Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto: Radio nuclide Solubility Limits and Migration Parameters for the Backfill**
Wersin, P., Kiczka, M., Rosch, D., Ochs, M., Trudel, D.
ISBN 978-951-652-220-6 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-41** **Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto: Radionuclide Migration Parameters for the Geosphere**
Martti Hakanen, Heini Ervanne, Esa Puukko
ISBN 978-951-652-221-3 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-42** **Microbiology of Olkiluoto and ONKALO Groundwater 2012, Summary Report**
Karsten Pedersen, Malin Bomberg, Merja Itävaara
ISBN 978-951-652-222-0 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-43** **In Situ Stress Measurement with LVDT-cell – Method Description and Verification**
Hakala, M., Siren, T., Kemppainen, K., Christiansson, R., Martin, D.
ISBN 978-951-652-223-7 (valmisteilla)

- POSIVA 2012-44** **Clay erosion in dilute waters**
Schatz, T., Olin, M., Seppälä, A., Kanerva, N., Sane, P., Koskinen, K.
ISBN 978-951-652-226-8 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-45** **Current status of mechanical erosion studies of bentonite buffer**
Sane, P., Laurila, T., Olin, M., Koskinen, K.
ISBN 978-951-652-227-5 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-46** **2D and 3D finite element analysis of buffer-backfill interaction**
Leoni, M.
ISBN 978-951-652-228-2 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-47** **Thermo-Hydro-Mechanical Modelling of Buffer, Synthesis Report**
Olivella, S., Toprak, E., Mokni, E., Pintado, X.
ISBN 978-951-652-229-9 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-48** **Thermo-Hydraulic Modelling of Buffer and Backfill**
Pintado, X., Rautioaho, E.
ISBN 978-951-652-230-5 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-49** **Thermo-Hydro-Mechanical Tests of Buffer Material**
Pintado, X., Hassan, Md. M., Martikainen, J.
ISBN 978-951-652-231-2 (valmisteilla)
- POSIVA 2012-50** **Description of KBS-3H Design Variant**
Antti Öhberg et al., Saanio & Riekkola Oy
ISBN 978-951-652-232-9 (valmisteilla)
- TJATE-G12-145** **Decommissioning of the Loviisa Nuclear Power Plant. Edition 2012**
Matti Kaisanlahti, Tapani Eurajoki, Elias Mayer, Tommi Rämä, Olli Nummi,
Fortum Power and heat Ltd.
Joulukuu 2012
- VLJ-1/12** **Suuren mittakaavan VLJ-kaasunkehityskoe, raportointikausi 2006–2011**
Nykyri, M., Safram Oy
Työraportti, Teollisuuden Voima Oyj
Helmikuu 2012
- VLJ-2/12** **VLJ-luolan kallioperän kalliomekaaninen monitorointi vuonna 2011**
Johansson, E., Saanio & Riekkola Oy
Työraportti, Teollisuuden Voima Oyj
Maaliskuu 2012
- VLJ-3/12** **Olkiluodon VLJ-luolan hydrologinen monitorointi vuonna 2011**
Lehtonen, A., Saanio & Riekkola Oy
Työraportti, Teollisuuden Voima Oyj
Huhtikuu 2012
- VLJ-4/12** **Olkiluoto 1 ja 2 -laitosyksiköiden käytöstäpoiston laajuustarkastelu**
Kaisanlahti, M., Fortum Power and Heat Oy
Työraportti, Teollisuuden Voima Oyj
Lokakuu 2012
- VLJ-6/12** **Maaperäloppusijoitus Olkiluodossa**
Saanio, A., Kaisanlahti, M., Fortum Power and Heat Oy
Työraportti, Teollisuuden Voima Oyj
Lokakuu 2012
- KPA-5/12** **TVO:n KPA-varaston käytöstäpoisto**
Kaisanlahti, M., Fortum Power and Heat Oy
Työraportti, Teollisuuden Voima Oyj
Lokakuu 2012

*Teollisuuden Voima Oyj
Olkiluoto
27160 EURAJOKI
puh. (02) 83 811*

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



POSIVA

Posiva Oy, Olkiluoto, 27160 Eurajoki
puhelin (02) 83 7231, fax (02) 8372 3809
www.posiva.fi