



YJH-2018

Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuollon ohjelma vuosille 2019-2021

Posiva Oy

Syyskuu 2018

POSIVA OY

Olkiluoto

FI-27160 EURAJOKI, FINLAND

Phone (02) 8372 31 (nat.), (+358-2-) 8372 31 (int.)

Fax (02) 8372 3809 (nat.), (+358-2-) 8372 3809 (int.)

YJH-2018
Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten
ydinjätehuollon ohjelma vuosille 2019-2021

Posiva Oy

Syyskuu 2018

TIIVISTELMÄ

Suomessa on kaksi ydinvoimaa energiantuotantoon käyttävää yritystä, Teollisuuden Voima Oyj (TVO) ja Fortum Power and Heat Oy (Fortum). TVO ja Fortum ovat vastuussa omistamiensa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosten ydinjätehuollon toteuttamisesta ja tästä aiheutuvista kustannuksista. Yritykset huolehtivat itse omien voimalaitostensa voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen varastoinnista, käsittelystä ja loppusijoituksesta laitospaikoillaan. TVO:n ja Fortumin yhdessä perustama ja omistama Posiva Oy (Posiva) huolehtii omistajiensa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelusta ja toteutuksesta.

Ydinjätehuollon järjestäminen perustuu ydinenergialakiin (YEL 990/1987) ja ydinenergia-asetukseen (YEA 161/1988). YJH-2018-ohjelma vastaa YEA 74 §:ssä mainittua, kolmen vuoden välein jätettävää kokonaissuunnitelmaa, jossa kuvataan toiminnan nykytila, yksityiskohtaisesti alkavan kolmivuotiskauden toimenpiteet ja pääpiirteittäin myös tätä seuraavien kolmen vuoden suunnitelmat.

Fortum

Loviisan voimalaitos koostuu kahdesta laitosyksiköstä, Loviisa 1 (LO1) ja Loviisa 2 (LO2) sekä toimintaan tarvittavista muista rakennuksista, tiloista ja järjestelmistä.

Käytetyn polttoaineen varastoinnin sekä voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen huollon osalta Loviisan voimalaitoksella on edellisten vuosien aikana edetty YJH-2015-suunnitelman mukaisesti. Loviisan käytetyn polttoaineen (KPA) varastoon on hankittu uusia tiheitä telineitä, joiden avulla pystytään ylläpitämään Loviisassa tarvittava varastokapasiteetti voimalaitosten nykyisen käyttöiän loppuun. Nestemäisten jätteiden varaston yhteyteen rakennettu kiinteytyslaitos on aloittanut tuotannollisen toiminnan. Laitoksessa harts- ja haihdutusjätteet kiinteytetään betonoimalla. Kiinteytetyn keskiaktiivisen jätteen (KJT) tilan kaukalon korjaus saatiin valmiiksi. Voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteiden turvallisuusperustelu valmistuu vuoden 2018 loppuun mennessä. Lisäksi Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma päivitetään vuoden 2018 aikana. Suunnitelman lähtökohtana on laitosyksiköiden 50 vuoden käyttöiän jälkeen purkaa välittömästi ne radioaktiiviset osat, joita ei tarvita muun Hästholmenille jäävän ydinteknisen toiminnan jatkamiseksi.

KPA-varastointia sekä voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteitä koskevia jätehuoltotoimenpiteitä jatketaan ohjelmakaudella 2019–2024 Loviisan voimalaitoksella aikaisemmissa ohjelmissa esitettyjen suunnitelmien ja vakiintuneiden menettelyjen mukaisesti. Käynnissä olevat pitkäkestoiset kokeet jatkuvat. Loviisan KPA-varaston kapasiteetin lisäämistä tiheillä telineillä jatketaan. Varaston siirtokoneen modernisointiprojektin suunnittelu käynnistetään ja myös allastutkimuslaitteiston modernisointia jatketaan. Nestemäisen jätteen siirtojärjestelmät sekä ensimmäiset uuden sukupolven kiinteytysreseptit on tarkoitus ottaa tuotantokäyttöön. Vuonna 2019 vaihdetaan jätteiden kokoonpuristamiseen tarkoitettuja jätepuristimet uusiin. Vuonna 2020 on tarkoitus aloittaa projekti, jossa suljetaan 4–8 kpl tutkimuskäytössä olleista 36 kairareistä. Myös Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston strategia käydään läpi ja päivitetään. Turvallisuusperusteluun liittyvät vuosien 2019–2021 selvitykset riippuvat

vuoden 2018 turvallisuusperustelussa tunnistetuista kehityskohteista ja turvallisuusperustelusta saatavista viranomaiskommenteista ja mahdollisista lisävaatimuksista.

Loviisan käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen valmistautumiseen liittyvät tehtävät on koottu ohjelmaksi (KPA-ohjelma). Ohjelmaan sisältyviä tehtäviä ovat esimerkiksi KPA-varaston 15 tn nosturin uudistaminen ja vaurioituneen polttoaineen selvitykset.

TVO

TVO:n voimalaitos koostuu kahdesta käyvästä laitosyksiköstä, Olkiluoto 1 (OL1) ja Olkiluoto 2 (OL2) sekä toimintaan tarvittavista muista rakennuksista, tiloista ja järjestelmistä. Rakenteilla olevan Olkiluoto 3 -laitosyksikön (OL3) tuotantoon valmistautuminen etenee ja tämän hetken tiedon mukaan laitosyksikön säännöllinen sähköntuotanto alkaa vuonna 2019. OL1-2-laitosten suunniteltu 40 vuoden käyttöikä tuli täyteen vuonna 2018 ja molempien laitosten käyttöluville on haettu 20 vuoden jatkoa.

Käytetyn polttoaineen (KPA) varastoinnin sekä voimalaitos (VLJ) - ja käytöstäpoisto-jätteen huollon osalta Olkiluodon voimalaitoksella on edetty YJH-2015-ohjelmassa esitetyn suunnitelman mukaisesti. Olkiluodon KPA-varaston kapasiteettia nostettiin vuonna 2014 valmistuneilla kolmella uudella vesialtaalla. KPA-varastoon tarvitaan uusia polttoainetelineitä sekä BWR- että EPR-tyyppisille polttoaineille ja uusien telineiden hankinta on aloitettu. Loppusijoitettavan voimalaitosjätteen määrää on Olkiluodossa pyritty pienentämään ja jätteenkäsittelyä on kehitetty, esimerkiksi suuria käytöstäpoistettuja komponentteja on viety Studsvikiin Ruotsiin romutettavaksi. Prosessin yhteydessä otetaan talteen kaikki jätteen sisältämät radioaktiiviset aineet ja ne palautetaan Olkiluotoon. Voimalaitosjätteen loppusijoitustilaa on valvottu osana OL1-laitosyksikön valvontaa ja tilaa on monitoroitu vuonna 2005 laaditun tutkimus- ja seurantaohjelman mukaan. Lisäksi TVO on perustanut projektin erittäin matala-aktiivisen jätteen maaperäloppusijoituksen selvittämiseksi tavoitteena jätteen määrän pienentäminen loppusijoitustilojen riittävyden ja käytettävyyden varmistamiseksi.

KPA-varastointia sekä voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteitä koskevia jätehuoltotoimenpiteitä jatketaan Olkiluodon laitoksella ohjelmakaudella 2019–2024 suunnitelmien ja vakiintuneiden menettelyjen mukaisesti. Käynnissä olevat pitkäkestoiset kokeet jatkuvat. Keskeinen tutkimustavoite polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin osalta liittyy polttoaineen palamannostoon ja kriittisyysturvallisuuden arviointiin. Käytöstäpoistettuja metallikomponentteja on alustavissa suunnitelmissa tarkoitus lähettää edelleen Ruotsiin käsiteltäväksi seuraavalla ohjelmakaudella. VLJ-luolan tilaa seurataan ja monitoroinnissa noudatetaan Olkiluodon VLJ-luolan uutta kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelmaa vuosille 2018–2027. VLJ-luolassa käynnissä olevat VLJ-luolan rakenteiden pitkäaikais-turvallisuuden varmistamiseen sekä luolan sulkemisen jälkeisen tilan arviointiin tähtäävät koeohjelmat jatkuvat seuraavalla ohjelmakaudella. TVO on mukana rahoittamassa ja seuraamassa yhdessä kansallisen ydinturvallisuusohjelman (SAFIR) ja Energiforskin kesken toteutettavaa käytöstäpoistotutkimusta. TVO:n seuraava käyvien laitosten käytöstäpoistosuunnitelma laaditaan vuonna 2020 ja se sisältää OL1-3-yksiköitä koskevat

suunnitelmat. TVO laatii VLJ-luolalle määräaikaisen turvallisuusarvion vuoden 2021 loppuun mennessä.

Posiva

Posiva on suunnitellut omistajiensa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta perustamisestaan, vuodesta 1995 lähtien. Posivan tavoitteena on aloittaa käytetyn polttoaineen loppusijoitus 2020-luvun alkupuolella. Valtioneuvosto myönsi vuoden 2015 lopulla Posivalle rakentamisluvan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamiseksi. Tämänhetkisen aikataulun mukaan Posivan tavoitteena on saavuttaa käyttölupahakemusvalmius vuoden 2021 lopussa. Käyttölupahakemukseen kuuluu oleellisena osana turvallisuusperustelu, jossa osoitetaan loppusijoituskonseptin pitkäaikais-turvallisuus.

Posivan päätavoitteet vuosille 2016–2018 olivat kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen suunnitelmien sekä loppusijoituskonseptin saattaminen sellaiseen valmiuteen, että hankkeen toteutus voidaan aloittaa. Vuosien 2019–2021 päätehtävänä on YJH-2018-ohjelman esittämän suunnitelman mukaisesti varmistaa edellytykset ja valmistautua käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen käyttölupahakemuksen jättämiseen. Tavoite edellyttää mm. kapselointilaitoksen rakentaminen aloittamista, loppusijoituskonseptin avoimien asioiden valmistumista sekä käyttölupahakemuksen ja siihen liittyvän käyttölupahakemusaineiston laatimista. Ohjelmakauden 2022–2024 tavoitteena on loppusijoitusjärjestelmän teknisten vapautumisesteiden tuotantovalmius, kapselointilaitoksen käyttövalmiuden saavuttaminen ja loppusijoituslaitoksen rakentaminen siten, että yhteistoimintakoe voidaan suorittaa ja loppusijoitustoiminta aloittaa.

Polttoaine

Ohjelmakauden 2016–2018 aikana jatkettiin käytettyyn polttoaineeseen liittyvien kehityshankkeiden suunnittelua ja toteutusta käyttölupahakemuksen jättämistä ja laitosten käyttövaihetta varten. Ohjelmakaudella aloitettiin käytetyn ydinpolttoaineen isotooppikoostumusta tutkivat radiokemialliset mittaukset, joiden tuloksia tarvitaan mm. kriittisyysturvallisuusanalyysissä käytettävien ohjelmien kelpoistamiseen. Mittaukset tehdään vuosien 2018–2021 aikana käytetylle polttoaineelle, jonka valmistustiedot ja käyttöhistoria tunnetaan täsmällisesti. Kriittisyysturvallisuuteen liittyviä tehtäviä jatkettiin mm. pitkäaikaisturvallisuuteen liittyvien skenaarioiden täydentämisellä ja analysoinnilla. Loppusijoitustilan kriittisyyden seuraukset analysoidaan vuoden 2018 aikana ja kriittisyysturvallisuusanalyysit valmistuvat tarkastelujaksolla 2019–2021. Polttoainetietokannan toimitusprojekti ja siihen liittyvän kapselin täytön optimointityökalun tutkimusprojekti alkoivat vuonna 2018. Ohjelmakaudella 2019–2021 valmistuva, loppusijoitettavan ydinpolttoaineen tietojen hallinnointiin tarkoitettu polttoainetietokanta tulee sisältämään mm. kunkin polttoaine-elementin loppusijoituksen kannalta keskeiset rakenteelliset ja ydintekniset tiedot sekä analyysien kannalta oleellisen käyttöhistorian.

Kapseli

Loppusijoituskapseli koostuu kuparisesta ulkokuoresta ja pallografiittirautaisesta sisäosasta. Kapselin turvallisuustoimintona on varmistaa käytetyn polttoaineen pitkäaikainen eristäminen ympäristöstä. Kapselia on kehitetty jo pitkään, joten kehitystyö on keskittynyt ohjelmakaudella 2016–2018 jäljellä olevien avointen asioiden sulkemiseen, vaatimusmäärittelyjen ja rakennesuunnitelmien laatimiseen sekä valmistusmenetelmien pätevöinnin suunnitteluun.

Seuraavan ohjelmakauden aikana kapselin suunnittelun ja toimintakyvyn osalta keskitytään aikaisemmin tehtyjen kokeiden analysointiin ja raportointiin sekä laaditaan loput OL1-2- ja LO1-2-polttoaineelle tarkoitettujen kapselien rakennesuunnitelmat. Kapselikomponenttien koevalmistus keskittyy valmistusprosessin teollistamiseen ja valmistuksessa siirrytään T&K-vaiheesta valmistusmenetelmien kelpoistamiseen. Kelpoistetuilla menetelmillä tullaan valmistamaan vuosien 2020–2024 aikana kuparikomponentteja hitsauslaitteiston testauksiin, yhteistoimintakokeeseen, ydintekniseen käyttöönottoon ja tulevaan kapselituotantoon.

Puskuri ja täyttö

Sekä puskurin että täytön lohko-pellettikonseptista on toimitettu Säteilyturvakeskukselle (STUK) järjestelmäaineistot (vaatimusmäärittely, järjestelmäkuvaus ja järjestelmäkohdainen laatusuunnitelma).

Puskuri- ja täyttöjärjestelmien osalta on toteutettu STUKin havaintojen perusteella tutkimuksia liittyen varhaisen vaiheen kehittymiseen liittyviin epävarmuuksiin ja järjestelmien toimintakykyyn. Selvityksiä tehdään mm. tiheyserojen tasaantumista, kemialliseen eroosioon liittyen sekä puskurin mineralogisesta muuntumisesta. Tutkimukset jatkuvat seuraavalla ohjelmakaudella.

Puskurin ja täytön materiaalitutkimuksissa jatketaan selvitystyötä vaatimusten täyttymiseen vaikuttavista materiaaliominaisuuksista ja ympäristötekijöistä. Seuraavalla ohjelmakaudella kehitetään olemassa olevia ja puuttuvia menetelmiä näiden ominaisuuksien määrittämiseksi.

Puskurin ja täytön osalta on aloitettu teollistamistoimenpiteet, joissa tutkitaan näiden järjestelmien konseptia, valmistusta ja asennusta sekä toimintakykyä. Tämä työ jatkuu seuraavalla ohjelmakaudella. Posiva aloitti edellisellä ohjelmakaudella muiden täyttöön soveltuvien savimateriaalien selvittämisen materiaalispesifikaatioiden tarkentamiseksi, jotta referenssimateriaalien korvaaminen tai eri materiaalien käyttäminen rinnakkain olisi mahdollista. Seuraavalla kaudella työ jatkuu puskurin osalta.

Posiva ja SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) toteuttivat edellisellä ohjelmakaudella päätytulppavertailun, jonka perusteella Posiva päätti jatkaa kupolimuoitoisen loppusijoitustunnelin päätytulpan kehitystä.

Kapselointilaitos

Kapselointilaitoksen suunnittelussa on ohjelmakaudella 2016–2018 jatkunut rakennusten, rakenteiden ja järjestelmien toteutussuunnitteluvaihe. Ohjelmakaudella on solmittu sopimuksia laitetoimittajien kanssa kapselointilaitoksen merkittävien järjestelmien suunnittelutöistä. Kyseiset sopimukset sisältävät Posivan option myös valmistus- ja asennustöistä. Kapselointilaitosrakennuksen layoutiin tehtiin muutoksia ja se jäädytettiin vuonna 2017. Kapselointilaitoksen pohjan maanrakennus- ja louhintavaiheen työt saatiin päätökseen vuoden 2017 aikana

Toteutussuunnitteluvaihe kapselointilaitoksen joidenkin järjestelmien osalta jatkuu vuoden 2019 lopulle, minkä jälkeen on mahdollista aloittaa näiden järjestelmien ja laitteiden valmistus. Kapselointilaitoksen toteutusvaihe alkaa toteutussuunnitteluvaiheessa laadittujen rakennesuunnitelmien ja soveltuvuusarvioiden hyväksymisen jälkeen. Järjestelmien asennusten on arvioitu alkavan noin vuosi rakennusteknisten töiden alkamisen jälkeen. Asennuksia tehdään osittain rakennustöiden kanssa rinnakkain.

Tärkeimmistä kapselointiprosessin järjestelmistä on valmistettu prototyypilaitteita, joiden testaus on käynnistynyt edellisellä ohjelmakaudella ja jatkuu tulevilla ohjelmakaudella ennen lopullisten järjestelmien suunnittelua ja toteutusta.

Loppusijoituslaitos

Vuosien 2015–2016 aikana louhittiin loput ONKALOn laajuuteen liittyvät tilat, eli ajoneuvoyhteydet 16 ja 17 sekä pohjoisempi pysäköintihalli teknisen tilan alueella. Posiva päätti kesällä 2017 suunnata louhinnat eteläisen paneelin sijasta kohti pohjoista paneelia, jotta voimassa oleva asemakaava ei rajoita loppusijoituksen etenemistä lähivuosikymmeninä. Suunnanmuutoksesta johtuen keskustunneleiden louhinnan aloittaminen siirtyi eteenpäin syksyyn 2018.

Loppusijoituslaitoksen toteutussuunnittelussa on keskitytty eri tilojen ja järjestelmien optimointiin, mistä on koitunut lisä- ja muutossuunnittelua. Koko loppusijoituslaitoksen asemointisuunnitelma päivitettiin vuonna 2018 huomioiden uusimmat tiedot Olkiluodon kallioperästä ja asemointia rajaavista vyöhykkeistä. Suunnitelmassa huomioitiin myös päivitetty loppusijoitustilan lämpömitoituksen tulokset. Loppusijoituslaitoksen teknisten järjestelmien suunnittelu jatkui LVI-, sähkö- ja automaation suunnittelun osalta siten, että teknisten tilojen toteuttaminen on mahdollista vuosien 2019–2022 aikana.

Loppusijoituslaitosprojektissa on suunniteltu siirryttävän hankkeen mukaiseen rakennus- ja taloteknisten töiden rakentamisvaiheeseen vuoden 2019 puolivälissä. Tämä edellyttää suunnittelun hyvää edistymistä ja valmistelevia rakennustöitä mm. teknisten tilojen alueella. Kalliorakentamisen on tarkoitus jatkaa loppusijoituslaitoksen toisen louhintaurakan puitteissa vuoden 2019 loppupuolelle. Urakkaan kuuluvien keskustunneleiden jatkolouhintojen louhinta- ja lujitustyöt tulevat kestäämään pidempään alkuperäiseen laajuuteen verrattuna. Keskustunnelin louhinnan yhteydessä louhitaan myös viiden ensimmäisen loppusijoitustunnelin lähdöt.

Loppusijoituslaitoksen kuilujen lujitus- ja varustelutyöt toteutetaan vuosien 2018–2021 aikana. Kapselikuilun alapäähän louhitun kapselin vastaanottoaseman rakennus- ja talotekniset työt käynnistyvät kesällä 2019. Kapselihissin asennus aloitetaan vuoden 2021 puolivälissä.

Turvallisuusperustelu

Turvallisuusperustelu ja paikankuvaus yhdistettiin vuoden 2017 aikana Turvallisuusperusteluohjelmaksi. Ohjelman tarkoitus on vastata Olkiluodon paikankuvaukseen ja evoluutioon liittyviin avoimiin kysymyksiin turvallisuusperustelun vaatimalla tavalla.

Turvallisuusperustelu on todisteiden, analyysien ja perustelujen yhteenveto, jonka avulla perustellaan loppusijoituksen turvallisuus ja turvallisuudesta tehtyjen arvioiden luotettavuus. Posivan turvallisuusperustelu koostuu kahdeksasta pääraportista ja täydentävistä taustaraporteista. Kuluvan ohjelmakauden aikana turvallisuusperustelun raportointi on siirtynyt verkkoympäristöön. Turvallisuusperusteluohjelmassa on jatkettu Olkiluodon varmentavien paikkatutkimusten, paikan evoluution mallinnuksen ja aiempien turvallisuusperustelua tukevien tutkimusten työtä siten, että on voitu huomioida turvallisuusperustelussa havaitut puutteet sekä sijoituspaikkaan ja sen kuvaukseen liittyvät viranomaisvaatimukset. Turvallisuusperustelun raportit ja muut materiaalit valmistuvat tulevan ohjelmakauden aikana käyttöluvahakemuksen liitteiksi.

Edellisen ohjelmakauden aikana aloitetut, paikankuvaukseen tähtäävät työt liittyvät mm. loppusijoituspaikan hydrogeologiaan, rakoverkkomallinnukseen, hydrogeokemiaan, kalliomekaniikkaan sekä seismologiaan ominaisuuksiin. Nämä työt ovat kytköksissä toisiinsa integroidun paikankuvauksen tuottamiseksi. Paikankuvaukseen liittyvät työt saadaan suureksi osaksi valmiiksi vuoden 2019 aikana ja ne tullaan raportoimaan Olkiluodon paikankuvausraportissa. Alkavan ohjelmakauden loppupuolella jatkuvat vielä mm. kalliomekaniikan paikankuvauksen työt sekä ympäristön radioaktiivisuuden perustilaselvitys.

FISST

Täyden mittakaavan järjestelmäkokeen (Full Scale In-Situ System Test, FISST) suunnittelu käynnistettiin vuonna 2015. FISST-kokeessa asennetaan vuoden 2018 aikana ONKALON demonstraatiotunnelin 2 peräosaan täyden mittakaavan loppusijoituskoe sisältäen kaksi loppusijoitusreikää puskureineen ja kapselieineen, noin 50 metriä tunnelitäyttöä sekä loppusijoitustunnelin päätytulpan. Vuoden 2017 tavoitteena oli asennusvalmius, johon tähtäävä työ ja mm. kapseli- ja savikomponenttien muutostyöt käynnistyivät aiemmin. Puskurin ja kapselin asennus suoritettiin heinäkuussa 2018 asennusvaatimusten mukaisesti. Tunnelintäytön asentaminen käynnistyi elokuussa 2018 ja kokeen lämmitysjärjestelmä kytkettiin päälle elokuussa 2018. FISST-kokeen asennus ja käyttöönotto saadaan pääosin päätökseen vuoden 2018 aikana ja raportoidaan vuonna 2019. FISST-kokeen seurantavaihe käynnistyy vuonna 2019 ja asennettujen kapselien, puskurin, täytön ja tulpan seurantajärjestelmän tulokset tullaan arvioimaan ja raportoimaan säännöllisesti ja niitä tullaan vertaamaan mallinnettuun käyttäytymiseen.

Tuotantoon valmistautuminen

Loppusijoitukseen käytettävien asennuslaitteiden kehitys on jatkunut vuoteen 2018 ja FISST:n aloitukseen asti. Teknisten vapautumisesteiden asennukselle on mietitty vaihtoehtoisia ratkaisuja, joilla kokonaisturvallisuus pysyisi samalla tasolla referenssimenetelmien kanssa, mutta tuotantotehokkuus ja toimintavarmuus lisääntyisivät. Myös louhintamenetelmäksi on mietitty uusia vaihtoehtoja. Laitteiden ja menetelmien teollistaminen jatkuu seuraavalla ohjelmakaudella.

Rakentamisen ja käytön aikainen tutkimus- ja seurantaohjelma

Loppusijoituspaikan ja -laitoksen pitkäaikaisen kehityksen seurantaan varten on käynnissä Olkiluodon monitorointiohjelma (OMO). Monitorointitoiminta on ollut käynnissä jo vuodesta 2004. Ohjelmaan tehtiin vuonna 2016 päivitys, jonka yhteydessä ohjelman laajuutta supistettiin.

Rakentamisen ja käytön aikainen tutkimus- ja seurantaohjelma tulee kattamaan soveltavuusluokittelutyön ja monitoroinnin sekä niitä varten ja niiden yhteydessä tehtävien mittausten ja mallinnusten toteuttamisen. Tavoitteena on tehokas tutkimus- ja mallinnusmenetelmien ja tuotantovaiheessa käytettävien ohjelmistojen soveltaminen ja datanhallinta.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

1	YLEISTÄ.....	5
1.1	Ohjelman tausta ja tarkoitus	5
1.2	Ydinjätehuollon vastuut ja sopimus ydinjätehuollon järjestämisestä.....	6
1.3	Lait, asetukset ja muut määräykset.....	8
1.4	YJH-2015-ohjelma.....	9
1.4.1	YJH-2015-ohjelmasta saadut viranomaispalautteet	9
1.4.2	YJH-2015-ohjelman toteuma	13
1.5	YJH-2018-ohjelman yleiset tavoitteet.....	14
2	LOVIISAN VOIMALAITOS	17
2.1	Loviisan voimalaitoksen ydinjätehuollon kokonaissuunnitelma pääpiirteittäin	17
2.1.1	Kokonaisaikataulu	17
2.1.2	Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi.....	19
2.1.3	Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus	20
2.1.4	Käytöstäpoistosuunnittelu.....	22
2.2	Loviisan voimalaitoksen jätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteet 2019– 2024	22
2.2.1	Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi.....	23
2.2.2	Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus	24
2.2.3	Käytöstäpoisto.....	27
2.2.4	Voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus	28
3	OLKILUODON VOIMALAITOS.....	31
3.1	Olkiluodon voimalaitoksen ydinjätehuollon kokonaissuunnitelma pääpiirteittäin	31
3.1.1	Kokonaisaikataulu	31
3.1.2	Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi.....	33
3.1.3	Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus	34
3.1.4	Käytöstäpoistosuunnittelu.....	37
3.2	Olkiluodon voimalaitoksen jätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteet 2019– 2024	38
3.2.1	Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi.....	39
3.2.2	Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus	40
3.2.3	Käytöstäpoistosuunnittelu.....	42
4	KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUSVALMISTELUJEN TILANNE.....	45
4.1	Periaatepäätökset ja luvat.....	45
4.1.1	Periaatepäätökset.....	45
4.1.2	Rakentamislupa.....	45
4.1.3	Käyttölupa	46
4.2	Turvallisuuskulttuuri ja laadun hallinta.....	46
4.2.1	Turvallisuuskulttuuri	46
4.2.2	Laadunhallinta	47
4.3	Hankesuunnitelma	48
4.3.1	Hankkeen tavoitteet ja vaiheistus.....	48
4.3.2	Hankkeen ohjelmat.....	50
4.4	Kapseli ja polttoaine.....	51
4.4.1	Käytetty ydinpolttoaine.....	52

4.4.2	Kapseli.....	53
4.4.3	Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset	56
4.5	Puskuri, täyttö ja sulkeminen	56
4.5.1	Puskuri ja täyttö	56
4.5.2	Loppusijoitustunnelin päätytulppa	60
4.5.3	Loppusijoitustilojen sulkeminen	60
4.6	Kapselointilaitos.....	61
4.6.1	Järjestelmäsuunnittelu	62
4.6.2	Rakennussuunnittelu	62
4.7	Loppusijoituslaitos	63
4.7.1	Suunnittelu	65
4.7.2	Rakentaminen	66
4.8	Turvallisuusperustelu.....	67
4.8.1	Paikankuvaus	68
4.8.2	Turvallisuusperustelu.....	70
4.9	Tuotantoon valmistautuminen (TUVA)	72
4.9.1	Asennuslaitteiden kehitys	72
4.9.2	Kalliorakentamisen menetelmäkehitys.....	73
4.9.3	Käyttöönotto	73
4.9.4	Tuotantotoiminta.....	74
4.9.5	Kunnossapito.....	74
4.10	Täyden mittakaavan järjestelmäkoe (Full Scale In-Situ System Test, FISST)	75
4.11	Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen luvittaminen.	77
4.12	Vaakasijoitusratkaisu KBS-3H.....	78
4.13	Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen ydinjätehuolto	79
4.14	Aluesuunnittelu ja kaavoitus.....	79
4.15	Monitorointi	80
5	KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS 2019–2024.....	83
5.1	Lähtökohdat.....	83
5.2	Kapseli ja polttoaine.....	84
5.2.1	Käytetty ydinpolttoaine.....	84
5.2.2	Kapseli.....	85
5.2.3	Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten suunnittelu.....	88
5.3	Puskuri, täyttö ja sulkeminen	89
5.3.1	Puskuri ja täyttö	89
5.3.2	Loppusijoitustunnelin päätytulppa	92
5.3.3	Loppusijoitustilojen sulkeminen	92
5.4	Kapselointilaitos.....	92
5.4.1	Toteutussuunnittelu	92
5.4.2	Toteutus	93
5.5	Loppusijoituslaitos	94
5.5.1	Suunnittelu	95
5.5.2	Rakentaminen	96
5.6	Turvallisuusperustelu.....	96
5.6.1	Paikankuvaus	96
5.6.2	Turvallisuusperustelu.....	97
5.7	Tuotantoon valmistautuminen, TUVA.....	98
5.7.1	Asennuslaitteiden kehitys	98
5.7.2	Kalliorakentamisen menetelmäkehitys.....	98

5.7.3	Käyttöönotto (ml. yhteistoimintakoe)	99
5.7.4	Tuotantotoiminta	99
5.7.5	Kunnossapito	100
5.8	Täyden mittakaavan järjestelmäkoe (Full Scale In-Situ System Test, FISST)	100
5.9	Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen luvittaminen	101
5.10	Rakentamisen ja käytönaikainen tutkimus- ja seurantaohjelma	101
5.10.1	Monitorointi	101
5.10.2	Soveltuvuusluokittelu ja muut käytönaikaiseen tutkimus- ja seurantaohjelmaan liittyvät työt	103
5.11	Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen ydinjätehuolto	104
5.12	Aluesuunnittelu ja kaavoitus	104
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	107
7	VIITTEET	109

1 YLEISTÄ

Suomessa on kaksi ydinvoimaa energiantuotantoon käyttävää yritystä, Teollisuuden Voima Oyj (TVO) ja Fortum Power and Heat Oy (Fortum). Ydinjätteen tuottajina TVO ja Fortum ovat ydinenergiain mukaisesti vastuussa omistamiensa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosten ydinjätehuollon toteuttamisesta ja tästä aiheutuvista kustannuksista. TVO ja Fortum huolehtivat itse omien voimalaitostensa voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen varastoinnista, käsittelystä ja loppusijoituksesta laitospaikoillaan.

Käytetyn ydinpolttoaineen huollon järjestämiseksi TVO ja Fortum perustivat vuonna 1995 Posiva Oy:n (Posiva), jonka tehtävänä on huolehtia omistajiensa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmistelusta ja toteutuksesta omistajiensa tarpeiden mukaisesti. Posiva huolehtii myös käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyssä kapselointi- ja loppusijoituslaitoksessa syntyvästä ydinjätteestä.

1.1 Ohjelman tausta ja tarkoitus

Ydinjätehuollon järjestäminen perustuu ydinenergi lakiin (YEL 990/1987) ja ydinenergia-asetukseen (YEA 161/1988), joissa määritellään ydinenergian tuottajan velvollisuudet, ydinjätehuollon toteuttaminen, lupakäsittelyt sekä viranomaisen valvontaoikeudet. Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) päättää YEL:n mukaan periaatteista, joita ydinjätehuollossa on noudatettava. Lain mukaan ydinjätehuoltovelvollisten tulee säännöllisin väliajoin esittää ministeriölle selvitys siitä, miten jätehuoltovelvollinen on suunnitellut toteuttavansa ydinjätehuoltoon (YJH) kuuluvat toimenpiteet ja niiden valmistelun. Nyt esitettävä YJH-2018-ohjelma vastaa YEA 74 §:ssä mainittua kokonaissuunnitelmaa, jossa kuvataan yksityiskohtaisesti alkavan kolmivuotiskauden toimenpiteet ja pääpiirteittäin myös tätä seuraavien kolmen vuoden suunnitelmat. Asetuksen mukainen voimayhtiöiden ydinjätehuoltoselvitys tulee jättää TEM:lle kolmen vuoden välein syyskuun loppuun mennessä. Asetuksen 77 §:n mukaan ydinjätehuoltovelvollisten tulee lisäksi toimittaa kunkin vuoden maaliskuun loppuun mennessä raportti edellisenä vuonna suoritetuista ydinjätehuollon toimenpiteistä (ns. YJH-toimintakertomus).

Posiva on vuodesta 2003 lähtien vastannut Fortumin ja TVO:n ydinjätehuollon kolmivuotissuunnitelman laadinnasta. Tehdyt selvitykset *TKS-2003* (Posiva 2003), *TKS-2006* (Posiva 2006), *TKS-2009* (Posiva 2009), *YJH-2012* (Posiva 2012a) ja *YJH-2015* (Posiva 2015) ovat pitäneet sisällään sekä suunnitelmat tulevasta tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyöstä että arvion ydinjätehuollon tilanteesta erityisesti käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusvalmistelujen osalta. Vuonna 2012 tehdyllä ohjelman nimen muutoksella haluttiin korostaa ohjelman kohdentumista tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyön sijasta ydinjätehuoltoon kokonaisuudessaan.

Ydinjätehuoltoselvityksen tulee YEA:n mukaan käsittää seuraavat selvitykset:

1) selvitys siitä, miten jätehuoltovelvollinen on suunnitellut toteuttaa ydinjätehuoltoon kuuluvat toimenpiteet ja niiden valmistelun; selvityksen tulee sisältää ainakin seuraavat osat:

a) kokonaissuunnitelma ydinjätehuollon hoitamiseksi asianmukaisine aikatauluineen ja erittelyineen mukaan lukien tarpeelliset valmistelut ja tutkimustoimenpiteet sekä huolehtimisvelvollisuuden edellyttämät hallintojärjestelyt ja muut tehtävät;

b) arvio tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyön senhetkisestä tilasta sekä yksityiskohtainen suunnitelma seuraavien kolmen vuoden aikana toteutettaviksi aiotuista toimenpiteistä; sekä

c) yleispiirteinen suunnitelma seuraavien kuuden vuoden aikana toteutettaviksi suunnitelluista toimenpiteistä;

2) selvitys jätehuoltovelvollisen tekemistä ydinjätehuollon järjestämistä koskevista sopimuksista tai muista järjestelyistä; sekä

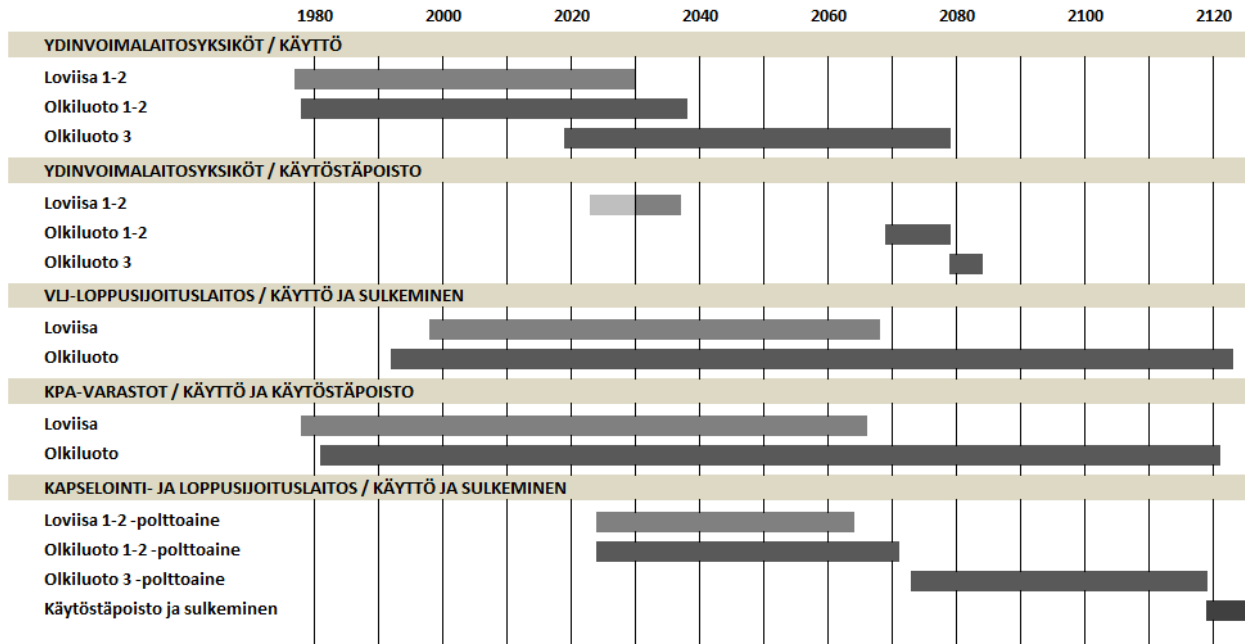
3) muu viranomaisen tarpeelliseksi katsoma selvitys.

1.2 Ydinjätehuollon vastuut ja sopimus ydinjätehuollon järjestämisestä

Ydinjätteen tuottaja on ydinenergialain mukaisesti vastuussa kaikista ydinjätehuollon toimenpiteistä ja niiden kustannuksista. Ydinjätehuoltovelvolliset TVO ja Fortum huolehtivat omien voimalaitostensa voimalaitosjätteen varastoinnista, käsittelystä ja loppusijoituksesta sekä käytetyn polttoaineen käsittelystä ja välivarastoinnista voimalaitospaikoillaan. Kummallakin laitospaikalla on loppusijoituslaitos, johon sijoitetaan käytön aikana syntyvä voimalaitosjäte. Samoihin loppusijoitustiloihin on tarkoitus aikanaan sijoittaa myös kyseisten yhtiöiden voimalaitosten käytöstäpoiston yhteydessä syntyvä ydinjäte.

Posivan tehtävänä on vastata omistajiensa Suomessa toimivien ja Suomeen rakennettavien ydinvoimalaitosten [Olkiluoto 1, 2 ja 3 (OL1-3) sekä Loviisa 1 ja 2 (LO1-2)] käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta. Posiva huolehtii loppusijoitukseen tähtäävästä tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyöstä sekä kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamisesta ja käytöstä. Posivan tehtäviin sisältyy myös kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen käytöstä syntyvien jätteiden huolto sekä laitosten sulkeminen ja käytöstäpoisto. Lisäksi Posiva huolehtii tehtäviensä osalta viranomaisyhteyksistä sekä hankkii laitoksilleen tarvittavat luvat. Posivan perustaminen ei vaikuttanut voimayhtiöiden ydinjätehuoltovelvollisuuteen, vaan TVO ja Fortum vastaavat edelleen tuottamansa käytetyn polttoaineen käsittelytoimenpiteistä, varastoinnista ja loppusijoittamisesta.

TVO:n, Fortumin ja Posivan toiminnan kokonaisuikataulu on esitetty kuvassa 1-1.



Kuva 1-1. Fortumin, TVO:n ja Posivan toiminnan kokonaisaikataulu. Ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöaikoina on esitetty tällä hetkellä Posivan suunnittelun perusteena olevat ajat: LO1-2 50 vuotta, OLI-2 60 vuotta ja OL3 60 vuotta. Loviisan laitoksille on suunniteltu välitön käytöstäpoisto, joka alkaa käytöstäpoiston lisensointi- ja valmisteluvaiheilla (kuvassa vaaleammalla). OLI-2-laitoksille on suunniteltu viivästetty käytöstäpoisto ja OL3:lle välitön käytöstäpoisto. Kuvassa on esitetty myös Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosjätteen (VLJ) loppusijoituslaitosten sekä käytetyn polttoaineen (KPA) varastojen suunnitellut käyttöajat sekä sulkeminen ja käytöstäpoisto. Näiden laitosten käyttöajat ovat kytköksissä viimeisenä esitettyihin käytetyn polttoaineen loppusijoituksen ajankohtiin. Eri polttoaineiden loppusijoitusajankohdat on esitetty tasaisen tuotantotahdin mukaisesti, mutta Posiva tutkii parhaillaan myös muita tuotantomalleja. Viimeinen loppusijoitukseen liittyvä toiminta on Posivan kapselointilaitoksen käytöstäpoisto ja loppusijoituslaitoksen sulkeminen.

TEM (aiemmin kauppa- ja teollisuusministeriö, KTM) päättää lain mukaan periaatteista, joita ydinjätehuoltovelvollisen on noudatettava. Päätökset perustuvat alun alkaen valtioneuvoston 10.11.1983 antamaan periaatepäätökseen ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista ja ne on esitetty KTM:n TVO:lle ja Fortumille osoittamissa kirjeissä 7/815/91 (19.3.1991), 11/815/95 (26.9.1995), 9/815/2003 (23.10.2003) ja viimeksi OL3-yksikön ydinjätehuoltojärjestelyjen osalta 9.12.2011 päivätyssä TEM:n kirjeessä. Nämä päätökset ovat lähtökohtana sekä ydinjätehuollon käytännön toteutuksessa että tulevia toimenpiteitä koskevassa tutkimus- ja kehitystyössä.

Päätöksen 9/815/2003 mukaan ydinjätehuoltovelvollisten tuli joko erikseen, yhdessä tai Posivan välityksellä varautua esittämään vuoden 2012 loppuun mennessä YEA:n mukaiset käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamislupaa varten tarvittavat selvitykset ja suunnitelmat. Niistä tuli ilmetä, että loppusijoitustoiminta on mahdollista aloittaa noin vuonna 2020. Posiva jätti vuoden 2012 lopulla KTM:n edellytyksen

mukaisesti valtioneuvostolle hakemuksen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamiseksi Olkiluotoon. Vuoden 2015 helmikuussa Säteilyturvakeskus (STUK) antoi Posivan kapselointi- ja loppusijoituslaitoksesta myönteisen lausunnon, jonka mukaan ydinenergiain mukaiset edellytykset täyttyvät ja loppusijoituslaitos voidaan rakentaa turvallisesti. Valtioneuvosto myönsi 12.11.2015 Posivalle rakentamisluvan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamiseksi.

Rakentamislupahakemuksessa esitetty hankeaikataulu täytti KTM:n asettaman aikataulutavoitteen. Hakemuksen jättämisen jälkeen hankeaikataulu on tarkentunut. Tämänhetkisen aikataulun mukaan tavoitteena on jättää käyttöluupihakemus TEM:lle vuoden 2021 loppussa ja aloittaa käytetyn polttoaineen loppusijoitus 2020-luvun alkupuolella.

Posiva ja ruotsalainen ydinjäteyhtiö Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) jatkavat yhteisen loppusijoituskonseptin tutkimus- ja kehityshankkeita tavoitteina osoittaa konseptin turvallisuus tiettyjen avoimien asioiden suhteen sekä teollistaa kehitetyt tuotantomenetelmät ja loppusijoituslaitoksen käyttötoiminta. Yhtiöt uudistivat vuoden 2014 loppupuolella jo neljännen kerran yhteistyösopimuksen, jonka puitteissa yhteisiä hankkeita on ollut käynnissä vuodesta 2001 saakka. Parhailaan on käynnissä tai alkamassa useita yhteistyöprojekteja KBS-3-loppusijoitusratkaisun viimeistelyn ja käyttötoimintaan valmistautumisen osalta.

1.3 Lait, asetukset ja muut määräykset

Suomen ydinjätehuoltoa ohjaavat vuonna 1988 voimaan astuneet ydinenergi laki (YEL 990/1987) ja ydinenergia-asetus (YEA 161/1988, 12.2.1988), joissa määritellään muun muassa ydinenergian tuottajan velvollisuudet, ydinjätehuollon toteuttaminen, lupakäsittelyt ja valvontaoikeudet. Vuonna 1994 ydinenergi lakia muutettiin niin, että kaikki Suomessa syntyvä ydinjäte on loppusijoitettava Suomeen. Ydinenergi laki kieltää myös ydinjätteen tuonnin Suomeen ja viennin Suomesta, joskin laki (lakimuutos 23.5.2008/342) mahdollistaa radioaktiivisuudeltaan vähäisten ydinjätteiden viennin toiseen maahan esimerkiksi käsiteltäväksi tarkoituksenmukaisella tavalla. Uusimman YEL:n muutoksen (14.12.2017/905, voimaan 1.1.2018) mukaan em. jätteet on kuitenkin palautettava Suomeen loppusijoitettavaksi. Lisäksi uusimmassa lakimuutoksessa lisättiin uudeksi ydinenergian käytön alaiseksi luvaksi "lupa ydinlaitoksen käytöstäpoistamiseen".

Lainsäädäntöuudistuksessa vuonna 2015 (lakimuutos 22.5.2015/676) osa ydinenergia-alaa koskevista valtioneuvoston päätöksistä ja asetuksista muutettiin STUKin määräyksiksi, jotka astuivat voimaan 1.1.2016. Ydinjätehuoltoa koskevista määräyksistä valmiusmääräys (STUK Y/2/2016) koskee ydinvoimalaitoksen sekä muiden ydinlaitosten valmiusjärjestelyjä, turvajärjestelymääräys (STUK Y/3/2016) koskee ydinenergian käytön turvajärjestelyjä ja jätemääräys (STUK Y/4/2016) koskee ydinlaitoksesta peräisin olevan käytetyn ydinpolttoaineen ja muun ydinjätteen loppusijoitusta kallioperään rakennettaviin ydinlaitoksiin ja maaperään rakennettaviin tiloihin.

Säteilyturvakeskuksen vuonna 2013 julkaiseman uudistetun YVL-ohjeiston keskeisiä ydinjätehuoltoa koskevia ohjeita ovat YVL D.3 "Ydinpolttoaineen käsittely ja varastointi", YVL D.4 "Matala- ja keskiaktiivisten ydinjätteiden käsittely ja

ydinlaitosten käytöstäpoisto", YVL D.5 "Ydinjätteiden loppusijoitus" sekä uusimpana vuonna 2018 julkaistu YVL D.7 "Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen vapautumisesteet".

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushanke on suunniteltu ja dokumentoitu mahdollisuuksien mukaan uusimpien vaatimusten mukaisesti. YVL-ohjeiston soveltaminen olemassa tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin tapahtuu viranomaisen harkintaan perustuvien soveltamispäätösten perusteella, jotka Posiva sai STUKilta vuosien 2017 ja 2018 aikana. Uusia tai suunnitteluvaiheessa olevia ydinlaitoksia uusi YVL-ohjeisto koskee sellaisenaan.

1.4 YJH-2015-ohjelma

1.4.1 YJH-2015-ohjelmasta saadut viranomaispalautteet

TVO ja Fortum jättivät TEM:lle syyskuussa 2015 pääosin Posivan valmisteleman suunnitelman, YJH-2015-ohjelman (Posiva 2015). STUK antoi TEM:lle lausunnon YJH-2015-ohjelmasta tammikuussa 2016 (3/Y48112/2015, 29.1.2016). Lausunto toimitettiin tiedoksi ydinjätehuoltovelvollisille ja Posivalle. Lausunnossaan STUK on arvioinut edellisen vuonna 2012 toimitetun ohjelman tavoitteiden toteutumista ja YJH-2015-ohjelmakauden suunnitelmia. TVO ja Fortum toimittivat vastineensa STUKin lausuntoon maaliskuussa 2016. Kohdassa 1.4.1.1 esitetään aiheittain keskeisimmät STUKin havainnot ja kohdassa 1.4.1.2 TVO:n ja Fortumin vastineet niihin. STUKin lausunnon ja vastineet siihen saatuaan TEM antoi TVO:lle ja Fortumille lausuntonsa YJH-2015-ohjelmasta huhtikuussa 2016 (TEM/1815/08.05.01/2015) (kohta 1.4.1.3).

Viranomaisten antamat kommentit ovat ohjanneet Posivan tutkimus- ja kehitystoimintaa kuluneen ohjelmakauden aikana. Havainnot on otettu huomioon ja kehitystyötä jatketaan edelleen tämän ohjelman (YJH-2018) mukaisesti.

1.4.1.1 STUKin lausunto YJH-2015-ohjelmasta

Yleisenä kommenttina STUK totesi YJH-2015-ohjelmasta, että se aiempaa yleisluontoisempana tukee paremmin ydinjätehuollon kokonaisuuden arviointia, mutta antaa silti riittävän yksityiskohtaisen kuvan jätehuoltovelvollisten suunnitelluista toimista. Lisäksi ohjelma luo tarvittavan pohjan arvioida kustannuksiin varautumista sekä esittää yhteenvedon ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyön tilanteesta sekä keskeisistä selvityskohteista.

Posivan johtamisjärjestelmästä ja turvallisuuskulttuurista STUK totesi, että Posiva on ylläpitänyt ja parantanut johtamisjärjestelmäänsä vaatimusten mukaisesti. STUK kuitenkin edellytti Posivaa laatimaan suunnitelman keskeisistä johtamisjärjestelmän ohjeista, jotka on päivitettävä vuoden 2015 organisaatiomuutoksen seurauksena. Posivan oli myös arvioitava, kuinka konsernitasoinen turvallisuuskulttuuriohjelma ja turvallisuuskulttuuriryhmä vastaavat Posivan voimassa olevan johtamisjärjestelmän, turvallisuuskulttuuriohjelman sekä Posivan turvallisuuskulttuuriryhmän toimintasäännön linjauksia. Lisäksi STUK totesi, että Posivalla ja TVO:lla toteutettava menettelyjen yhtenäistäminen on tehtävä suunnitelmallisesti, jotta toiminnan tehostamisen myötä ei menetetä laa-

dunhallinnan, -varmistuksen ja -valvonnan keskeisiä hyviksi käytännöiksi todettuja Posivan menettelyjä.

STUKin mukaan YJH-2015-ohjelma kuvasi riittävän yksityiskohtaisesti käytetyn ydinpolttoaineen *loppusijoitusvalmistelujen* tilanteen, mm. loppusijoitushankkeen vaiheittaisen etenemisen ja etenemisvalmiuden arviointimenettelyt sekä käytettyyn ydinpolttoaineeseen liittyvän tutkimus- ja kehitystyön. Kehitystyössä on kuitenkin yksittäisiä kysymyksiä, joissa on havaittu haasteita toteutusaikataulussa. Esimerkiksi kuparikapselin valmistus-, sulkemis- ja tarkastustekniikoiden kehitystyö ja sen raportointi olivat osin viivästyneet suunnitellusta aikataulusta. Kuparikapselin virumiskokeet vaativat pitkän ajan ja on mahdollista, että tuloksia ei saada ennen käyttöluvahakemuksen jättämistä, mutta muilta osin aikataulut vaikuttivat realistisilta.

YJH-2015-ohjelmassa esitetty suunnitelma *turvallisuusperustelun* laadunhallinnan kehittämiseksi oli STUKin mukaan riittävä, vaikka Posiva ei ole esittänyt tarkemmin turvallisuusperustelun rakenteen ja esitystavan kehittämistä entistä selkeämmäksi. YJH-ohjelmassa esitetyt suunnitelmat Posivan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilan osalta olivat riittävät, vaikkakin Posivan aikataulu ko. tilan toimintakykyä arvioivan raportin laatimiselle vuoden 2016 aikana vaikutti optimistiselta. STUK on päätöksissään edellyttänyt lisätietoa tilaan liittyvistä suunnitelmista ja aikatauluista ennen sen rakentamisen aloittamista.

Täyden mittakaavan *järjestelmätesti FISST* kuvattiin YJH-2015-ohjelmassa hyvin yleisellä, joskin siinä vaiheessa riittävällä, tavalla. YJH-2015-ohjelmassa *monitoroinnin* eri osa-alueiden suunnitelmia tarkennettiin aikaisempien vuosien monitorointihavaintojen perusteella. STUK totesi, että YJH-ohjelmassa esitetyt yleiset suunnitelmat teknisten vapautumisestien monitoroinnin osalta olivat riittävät, mutta monitoroinnin käyttöä ja hyötyä toimintakykytavoitteiden toteutumisen seurannassa tulisi tarkentaa.

YJH-2015-ohjelmassa esitetyn *loppusijoituslaitoksen rakentamisen suunnitelman* mukaan Posiva suunnitteli aloittavansa loppusijoituslaitoksen ensimmäisen vaiheen louhinnan vuoden 2016 toisella puoliskolla. Posivan toteutussuunnittelun ja louhinnan aikataulut vaikuttivat monin osin vielä tarkentumattomilta eikä niistä selvinnyt, miten Posiva suunnitteli vastaavansa STUKin alustavan turvallisuusselosteen tarkastuksen tuloksena esittämiin kalliorakentamisen kehitystyön vaatimuksiin. Posivan tuli edelleen tarkentaa suunnitelmiaan, jotta niistä selviäisi menetelmäkehityksen keskeiset vaiheet suhteessa toteutusaikatauluun.

Kapselointilaitoksen osalta *laitossuunnittelu* on kuvattu alustavassa turvallisuusselosteessa, jonka STUK tarkasti rakentamislupahakemuksen käsittelyn aikana. STUK antoi alustavasta turvallisuusselosteesta päätöksen, jossa edellytettiin järjestelmäsuunnittelun tarkentamista ennen rakennesuunnitelmien toimittamista STUKiin.

Posiva esitti tekevänsä johtopäätökset *KBS-3H-vaihtoehdon* kehityksestä vuoden 2016 aikana ja suunnitteli julkaisevansa vuonna 2016 ainakin osan turvallisuusperustelun raporteista. Ennen vuotta 2015 tehtyä tutkimus- ja kehitystyötä ja työn edistymistä oli STUKin mukaan vaikea arvioida vielä puuttuvan raportoinnin takia. Eri loppusijoitusratkaisujen kehitystyön tavoitteita ja ajoitusta tuli tarkentaa, koska päätös vaihtoehdon

valinnasta ajoittui jo vuoteen 2016. Posiva ei myöskään esittänyt tarkempia suunnitelmia, joita se aikoo noudattaa loppusijoituslaitoksen, loppusijoitusmenetelmien, laitteiden ja vapautumisesteiden suunnittelun päivittämiseksi, mikäli KBS-3H-vaihtoehto valittaisiin toteutettavaksi loppusijoitusratkaisuksi.

YJH-2015-ohjelmassa kuvattiin lyhyesti, mutta riittävästi ydinjätteisiin liittyvät *ydinmateriaalivalvonnan* tapahtumat kuluvalle kaudella, sekä suunnitelmat tulevalle kaudelle. *Turvajärjestelyjä* koskevat asiat käsiteltiin yleisellä tasolla, koska ne ovat yksityiskohtiltaan salassa pidettäviä. Posiva esitti turvajärjestelyjä koskevat asiat riittävällä tavalla rakentamislupavaiheessa. STUK on turvajärjestelyjä koskevassa päätöksessä edellyttänyt, että Posivan tulee jatkaa riskianalyyseiden laatimista ottaen huomioon suunnittelupe- rusteuhka ja STUKin rakentamislupahakemuksen käsittelyssä turvajärjestelyille asetetut vaatimukset. Lisäksi STUK on edellyttänyt, että Posivan on kuljetusmuodon päättämisen jälkeen esitettävä STUKille käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten turvajärjestelyt ja käsiteltävä niitä asianomaisten turvallisuusviranomaisten kanssa.

Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen suunnittelu ja toteutus kuvattiin YJH-2015-ohjelmassa hyvin ja aikataulut olivat riittävän yksityiskohtaisia kokonaiskuvan muodostamiseksi. Käynnissä olleen kaavoitusprosessin ja muun aluerakentamisen osalta olisi ollut hyvä esittää alustava aikataulu, jolloin nämä olisi ollut helpompi yhdistää kokonaisaikatauluun. Esitetty toteutusaikataulu on molemmille laitoksille erittäin tiukka. Ohjelmassa esitettyjä hankkeen luvitukseen liittyviä pidemmän tähtäimen aikatauluja ei pidetty kaikilta osin realistisina, koska esimerkiksi ydinteknisen koekäytön suunnitteluun alkavan vuonna 2023 ja toisaalta samana vuonna 2023 esitetään suoritettavan ei-ydintekninen koekäyttö.

STUK totesi, että YJH-ohjelmassa tulisi jatkossa kuvata *käyttötoiminnan suunnittelusta* keskeiset toimenpiteet, jotka on toteutettu, ja ohjelmaan sisältyvät merkittävimmät tulevalle ohjelmakaudelle suunnitellut toimenpiteet, joilla pyritään saavuttamaan käyttötoiminnan edellyttämä organisatorinen valmius. Organisatorisen valmiuden osalta tulisi ottaa huomioon myös STUKin alustavasta turvallisuusselosteesta tekemä päätös, jossa edellytetään Posivaa suunnittelemaan menettelyt, joilla se varmistaa eri organisaatioyksiköiden valmistautumisen ydinjätelaitoksen käyttövaiheeseen jo laitoksen rakentamisen eri vaiheiden aikana.

STUKin arvion mukaan TVO:n ja Fortumin selvitykset sekä *käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyyn ja varastointiin* että *ydinvoimalaitosten huolto- ja käytöstäpoistojätteeseen* liittyen ovat riittävät. STUK kiinnittää valvonnassaan huomiota Loviisan ydinvoimalaitoksella huoltojätteiden loppusijoitustilan 3 tippuvuotojen hallintaan ja kiinteytettyjen jätteiden loppusijoitustilan betonikaukalon korjaustoimiin.

1.4.1.2 TVO:n ja Fortumin vastineet STUKin lausuntoon

YJH-2015-ohjelmassa esitetyt aikataulut nousivat esiin useissa STUKin lausunnon osissa. TVO ja Fortum esittivät vastineissaan, että YJH-ohjelmassa esitetyt aikataulut olivat vielä yleisellä tasolla ja että Posiva jatkaa aikataulujen ja niissä esitettyjen vaiheiden tarkentamista. Päivityksiä tehtäessä Posiva tulee kiinnittämään enemmän huomiota aikataulujen realismiin, että STUKilla on mahdollisuus ajoissa ja riittävässä mää-

rin todentaa loppusijoitustunnelien ja -reikien vaatimustenmukaisuus ja antaa turvallisuusarvionsa käyttölupahakemuksen käsittelyn yhteydessä niin, että käyttölupa voidaan myöntää vuonna 2023 ja loppusijoittaminen voi alkaa Posivan suunnitelmien mukaisesti.

TVO ja Fortum esittivät vastineissaan, että Posiva jatkaa toteutussuunnitteluaan ensisijaisesti KBS-3V-konseptin mukaisesti. Päätös valinnasta konseptien välillä oli Posivan ja sen omistajien tavoite, mutta päätös tai sen puuttuminen eivät toistaiseksi estäneet etenemistä nykysuunnitelmien mukaisesti rakentamisen osalta.

TVO ja Fortum katsoivat Posivan esittäneen YJH-ohjelmassa riittävällä tarkkuudella turvallisuusperustelun rakenteen ja laadunhallinnan kehittämisen suunnitelman. Yksityiskohtaisemmat suunnitelmat esitetään TURVA-2020-suunnitelmissa ja projektiraportteissa sekä *Safety Case Plan* -raportissa (Posiva 2017a, uusin versio).

TVO ja Fortum esittivät vastineissaan, että Posivan tavoitteena oli edelleen saada matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilan toimintakykyä arvioiva raportti valmiiksi YJH-ohjelmassa esitetystä aikataulusta eli vuoden 2016 aikana.

1.4.1.3 TEM:n lausunto YJH-2015-ohjelmasta

Lausunnoissaan TEM totesi YJH-2015-ohjelman sisältävän ne selvitykset, jotka ydinjätehuoltovelvollisen tulee ydinenergia-asetuksen 74 §:n mukaan toimittaa. TEM:n näkemyksen mukaan YJH-ohjelma vastaa ydinenergiainsäädännössä ja ministeriön päätöksissä esitettyjä periaatteita ja antaa kuvan ydinjätehuollon valmisteluun ja hoitoon liittyvien toimenpiteiden edistymisestä. TEM katsoo lisäksi, että kokonaisuutena YJH-2015-ohjelma ja sitä täydentävät vastineet ovat tarkoituksenmukaiset ja vastaavat ydinenergiainsäädännön vaatimuksia.

YJH-ohjelman painopiste on käytetyn ydinpolttoaineen huollossa ja siihen liittyvissä selvityksissä ja suunnitelmissa. TEM pitää painotusta perusteltuna edellyttäen, että myös muiden ydinjätteiden huollon kuvaus vastaa ydinenergia-asetuksen 74 §:ssä esitettyjä vaatimuksia ja että koko ydinjätehuoltoa koskevat toimenpiteet raportoidaan ydinenergia-asetuksen 77 §:n mukaisesti vuosittain. TEM:n näkemyksen mukaan muutakin ydinjätehuoltoa on kuvattu YJH-ohjelmassa riittävällä tavalla ja ydinjätehuoltotoimenpiteistä on raportoitu YEA:n 77 §:n mukaisesti.

TEM toteaa, että YJH-ohjelmassa on otettu huomioon eri lausunnoissa esitetyt huomautukset, ml. TEM:n lausunto edellistä ydinjätehuollon ohjelmaa koskien. TEM:n näkemyksen mukaan YJH-2015-ohjelma ja ydinenergia-asetuksen 77 §:n mukaisesti vuosittain raportoidut toimenpiteet muodostavat yhdenmukaisen ja johdonmukaisen kokonaisuuden.

TEM toteaa, että ydinjätehuoltovelvollisten tulee seuraavan YJH-ohjelman valmistelun yhteydessä kiinnittää huomiota käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen aikataulujen realismiin. Lisäksi, mikäli KBS-3H-ratkaisu valitaan toteutettavaksi loppusijoitusratkaisuksi, huomiota on kiinnitettävä myös menetelmävaihdok-

sen aiheuttamiin muutoksiin ydinjätehuollon kokonaissuunnitelmassa ja kokonaisaika-
taulussa.

TEM toteaa, että TVO:n tulee seuraavan YJH-ohjelman valmistelun yhteydessä arvioida
OL3-laitosyksikön jo YJH-2015-ohjelmassa esitetyn ydinjätehuollon laajuuden
riittävyys osana Olkiluodon voimalaitoksen ydinjätehuollon kokonaisuutta ja täydentää
kuvausta tarvittavin osin siten, että OL3-laitosyksikön ydinjätehuollon kuvaus vastaa
laajuudeltaan muiden laitosyksiköiden kuvauksia.

1.4.2 YJH-2015-ohjelman toteuma

YJH-2015-ohjelmakaudelle esitetystä tutkimus-, kehitys-, suunnittelu- ja
rakentamistyöstä suurin osa suuntautui käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen.
Päätavoitteena vuosille 2016–2018 oli kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen suunnitel-
mien sekä loppusijoituskonseptin saattaminen sellaiseen valmiuteen, että hankkeen to-
teutus voidaan aloittaa. Vuosien 2019–2021 päätehtävänä oli YJH-2015-ohjelman mu-
kaisesti varmistaa edellytykset ja valmistautua käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja
loppusijoituslaitoksen käyttölupahakemuksen jättämiseen.

Kapselointilaitoksen toteutussuunnittelu on edennyt rakennusten, rakenteiden ja
järjestelmien osalta siten, että tavoitteena on edelleen toteutusvalmiuden saavuttaminen
vuoden 2018 loppuun mennessä. Ohjelmakaudella on solmittu sopimuksia
laitetoimittajien kanssa kapselointilaitoksen merkittävien järjestelmien suunnittelu-,
valmistus- ja asennustöistä. Kapselointilaitoksen pohjan maanrakennus- ja
louhintavaiheen työt saatiin päätökseen vuoden 2017 aikana.

Loppusijoituslaitoksen toteutussuunnittelussa on keskitytty eri tilojen ja järjestelmien
optimointiin, mistä on koitunut lisä- ja muutossuunnittelua. Loppusijoituslaitoksen tek-
nisten järjestelmien suunnittelu on jatkunut LVI-, sähkö- ja automaatio suunnittelun
osalta siten, että teknisten tilojen toteuttaminen on mahdollista vuosien 2019–2022 ai-
kana.

Vuosien 2015–2016 aikana louhittiin loput ONKALOn laajuuteen liittyvät tilat, eli ajo-
neuvoyhteydet 16 ja 17 sekä pohjoisempi pysäköintihalli teknisen tilan alueella. Joului-
kuussa 2016 aloitettiin loppusijoituslaitoksen ensimmäinen louhintaurakka (LTU1-
urakka). Posiva päätti kesällä 2017 suunnata louhinnat kohti pohjoista paneelia, jotta
voimassa oleva asemakaava ei rajoita loppusijoituksen etenemistä lähivuosisikymmeninä.
Suunnanmuutoksella oli vaikutus LTU1-urakan toteutuslaajuuteen. Tämän vuoksi myös
keskustunneleiden louhinnan aloittaminen siirtyi eteenpäin. Vuoden 2017 alussa edettiin
henkilökuilun lujituksen, teräsristikon ja talotekniikan sekä kapselikuilun nousuporauk-
sen hankintaan. Henkilökuilun lujituksen mallityön yhteydessä havaittiin merkittäviä
ongelmia rakenteen asennuksessa ja toimivuudessa, minkä vuoksi mallityö päädyttiin
uusimaan joulukuussa. Henkilökuilun lujitusmenetelmän valinta siirtyi vuodelle 2018.

Tutkimus- ja kehitystyö on edennyt pääosin YJH-2015-ohjelman mukaisesti. Tutkimus-
ja kehitystyöllä on tuotettu tuloksia toteutuksen käyttöön ja se on palvellut KBS-3-
konseptin toimintakyvyn ja turvallisuuden arviointia. Suunniteltujen ja YJH-2015-
ohjelmassa kuvattujen tehtävien lisäksi on selvitetty uusia teollisempia ratkaisuja kos-

kien loppusijoituskonseptia, tuotantoprosesseja sekä tuotantolaitteistoja, näiden toteutettavuutta sekä turvallisuutta. Näiden toimenpiteiden tuomat muutostarpeet on huomioitu Posivan hankkeen ohjelmissa ja projekteissa. Tehtyjen muutosten johdosta käyttöluulahakemusvalmiuden saavuttaminen on siirtynyt vuoteen 2021.

Voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen huollon osalta Loviisan voimalaitoksella on edetty YJH-2015-ohjelmassa esitetyn suunnitelman mukaisesti. Kiinteytyslaitos on aloittanut tuotannollisen toiminnan, KJT-tilan kaukalon korjaus on käynnistetty ja saatu valmiiksi, uusia tiheitä telineitä on hankittu ja turvallisuusperustelu ja käytöstäpoistosuunnitelman päivitys ovat edenneet loppusuoralle.

Voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen huollon osalta Olkiluodon voimalaitoksella on edetty YJH-2015-ohjelmassa esitetyn suunnitelman mukaisesti. Lisäksi on tutkittu maaperäloppusijoituksen aloittamista hyvin matala-aktiiviselle jätteelle.

1.5 YJH-2018-ohjelman yleiset tavoitteet

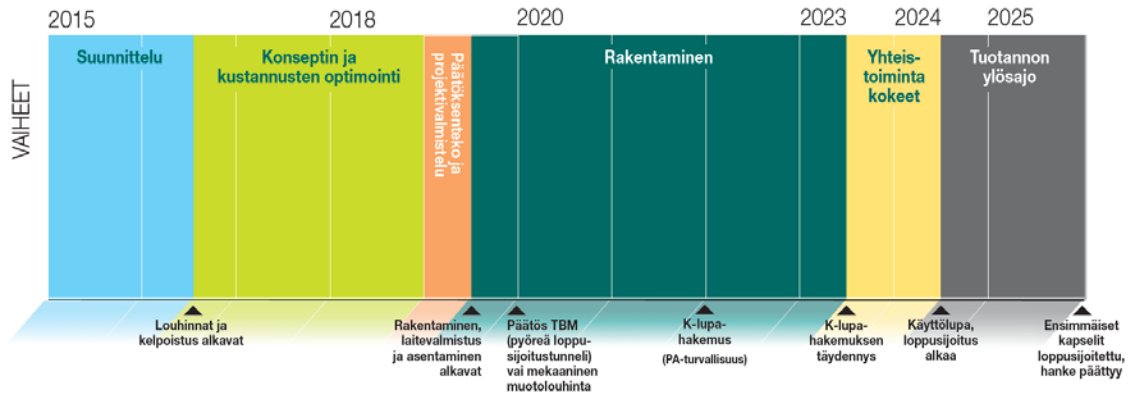
Voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteitä koskevia jätehuoltotoimenpiteitä jatketaan ohjelmakaudella 2019–2024 Loviisan ja Olkiluodon ydinjätelaitoksilla aikaisemmissa ohjelmissa esitettyjen suunnitelmien ja vakiintuneiden menettelyjen mukaisesti. Käynnissä olevat pitkäkestoiset kokeet jatkuvat.

Loviisan KPA2-varaston kapasiteetin lisäämistä tiheillä telineillä jatketaan, KPA2-varaston siirtokoneen modernisointiprojektin suunnittelu käynnistetään ja myös allastutkimuslaitteiston modernisointia jatketaan. Nestemäisen jätteen siirtojärjestelmät sekä ensimmäiset uuden sukupolven kiinteytysreseptit on tarkoitus ottaa tuotantokäyttöön. Vuonna 2019 vaihdetaan jätteiden kokoonpuristamiseen tarkoitettuja jätipuristimet uusiin. Vuonna 2020 on tarkoitus aloittaa projekti, jossa suljetaan 4–8 kpl tutkimuskäytössä olleista 36 kairareistä.

TVO on perustanut projektin erittäin matala-aktiivisen jätteen maaperäloppusijoituksen selvittämiseksi. TVO:n seuraava käyvien laitojen käytöstäpoistosuunnitelma laaditaan vuonna 2020 ja se sisältää OL1-3-yksiköitä koskevat suunnitelmat. TVO laatii VLJ-luolalle määräaikaisen turvallisuusarvion vuoden 2021 loppuun mennessä.

Posiva sai vuonna 2015 valtioneuvostolta rakentamisluvan käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle Olkiluotoon. Vuonna 2016 aloitettiin loppusijoituslaitoksen rakentaminen ajoneuvoyhteyksien louhinnoilla kohti ensimmäistä loppusijoituspaneelia sekä kapselien varastotilojen louhinnoilla. Ohjelmakauden 2019–2021 päätavoitteina on aloittaa kapselointilaitoksen rakentaminen, hankkia sen laitteet ja järjestelmät, saada loppusijoituskonseptin avoimet asiat valmiiksi sekä laatia (ja toimittaa) käyttöluulahakemus ja siihen liittyvä käyttöluulahakemusaineisto. Ohjelmakauden 2022–2024 tavoitteena on loppusijoitusjärjestelmän teknisten vapautumisesteiden tuotantovalmius, kapselointilaitoksen käyttövalmiuden saavuttaminen ja loppusijoituslaitoksen rakentaminen siten, että yhteistoimintakoe voidaan suorittaa ja loppusijoitustoiminta aloittaa.

Tämän ohjelman lähtökohta tavoitteiden asettamisessa on käytetyn polttoaineen loppusijoitushankkeen tämänhetkinen aikataulu (kuva 1-2), joka tähtää loppusijoitustoiminnan aloittamiseen vuonna 2024.



Kuva 1-2. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen aloittamiseen tähtäävän Posivan hankkeen vaiheet.

Käsillä olevassa ohjelman luvussa 1 on käsitelty ydinjätehuollon vastuut ja velvoitteet. Luvuissa 2 ja 3 esitetään Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten ydinjätehuollon kokonaissuunnitelmat ja käsitellään Fortumin ja TVO:n ydinjätehuollon suunniteltuja tutkimus- ja kehitystoimenpiteitä. Luvussa 4 kuvataan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusvalmistelujen tilanne asetettuja vaateita ja tavoitteita vasten. Luvussa 5 esitetään suunnitelmat käytetyn polttoaineen loppusijoituskonseptin valmiiksi saamiseksi, laitos- ja niiden järjestelmien suunnittelemiseksi ja rakentamiseksi, kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen käyttöönottoon valmistautumiseksi ja käyttötoiminnan suunnittelemiseksi sekä valmistautumiseksi käyttölupahakemuksen laatimiseen.

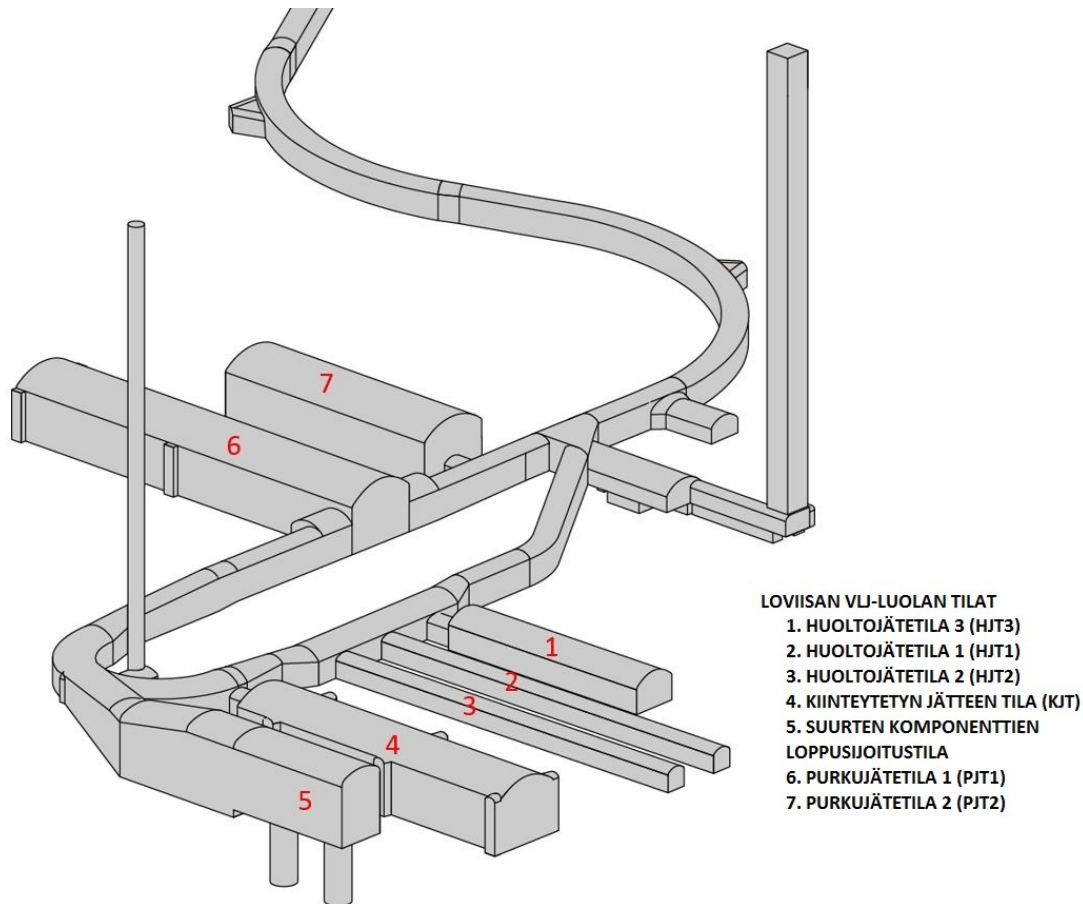
2 LOVIISAN VOIMALAITOS

2.1 Loviisan voimalaitoksen ydinjätehuollon kokonaissuunnitelma pääpiirteittäin

Loviisan voimalaitos koostuu kahdesta laitosesyksiköstä, Loviisa 1 (LO1) ja Loviisa 2 (LO2). Lisäksi voimalaitosalueella on mm. käytetyn ydinpolttoaineen varasto (KPA-varasto), kiinteytyslaitos, nestemäisten jätteiden varasto sekä voimalaitosjätteen loppusijoituslaitos (VLJ-luola). Valtioneuvosto on myöntänyt Fortum Power and Heat Oy:lle luvan käyttää Loviisan voimalaitoksen ensimmäistä ydinvoimalaitosesyksikköä (LO1) vuoden 2027 loppuun ja toista ydinvoimalaitosesyksikköä (LO2) vuoden 2030 loppuun asti. Valtioneuvosto on lisäksi myöntänyt luvan käyttää laitosesyksiköihin kuuluvia ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisia rakennuksia ja varastoja tarvittavine laajennuksineen vuoden 2030 loppuun asti. Ydinvoimalaitoksen käytön aikana syntyvät matala- ja keskiaktiiviset jätteet yhtiö sijoittaa voimalaitospaikalle rakennettuun loppusijoituslaitokseen, jota on suunniteltu myöhemmin laajennettavaksi käytöstäpoistojätteitä varten. Loppusijoituslaitoksen käyttö lupa on voimassa vuoden 2055 loppuun saakka.

2.1.1 Kokonaisaikataulu

LO1-yksikön kaupallinen sähköntuotanto alkoi vuonna 1977 ja LO2-yksikön vuonna 1981. Laitosten käytön aikana syntyviä radioaktiivisia jätteitä väliavarastointiin aluksi laitosalueella varastoissa ja tankeissa, kunnes Loviisan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitos valmistui vuonna 1997 (kuva 2-1). Loppusijoituslaitokseen louhittiin aluksi kulkuyhteydet maanpinnalta, kaksi huoltojätetilaa (HJT1 ja HJT2) sekä myöhemmin varusteltu kiinteytetyn keskiaktiivisen jätteen tila (KJT). KJT rakennettiin valmiiksi vuonna 2008. Huoltojätteiden sijoitus VLJ-luolaan loppusijoitustilaan alkoi heti käyttöönoton jälkeen. KJT:ssa on ollut käynnissä peruskorjausprojekti, jonka on tarkoitus valmistua vuoden 2018 aikana. Tämän jälkeen tilalle tehdään käyttöönottotarkastus ja se otetaan loppusijoituskäyttöön. Vuosina 2011–2012 loppusijoitustilaa laajennettiin rakentamalla huoltojätteiden väliavarastointi- ja käsittelytila HJT3 ja rakentamalla valmiiksi yhdystunneli, joka mahdollistaa ajoneuvojen helpomman liikuttelun loppusijoituslaitoksessa. Myöhemmin HJT3 on tarkoitus luvittaa huolto- ja käytöstäpoistojätteen loppusijoitustilaksi.



Kuva 2-1. Loviisan voimalaitoksen loppusijoituslaitos. Huoltojätetilat (HJT1-3) ja kiinteitetyn jätteen tila (KJT) on rakennettu, kun taas suunnitellut purkujätetilat (5-7) rakennetaan vasta lähempänä tarveajankohtaa.

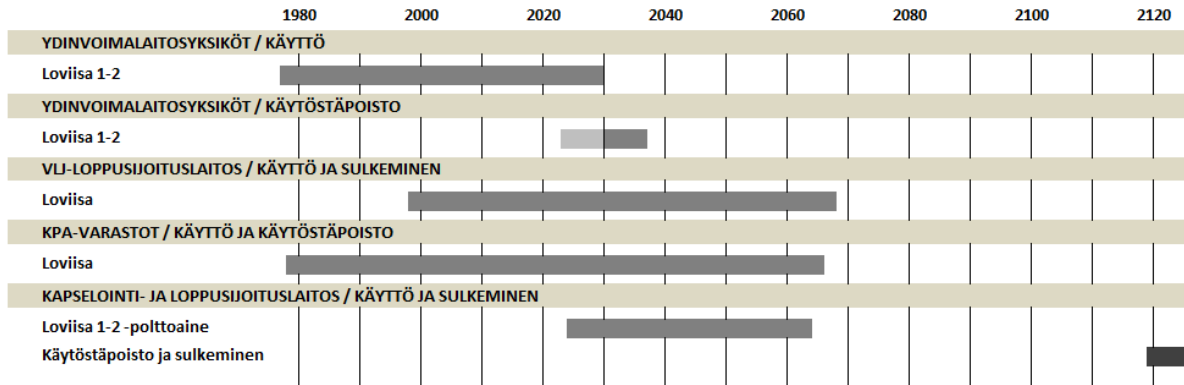
Loviisan voimalaitoksen käytön alkuaikoina käytetty ydinpolttoaine palautettiin lyhyen välivarastointiajan jälkeen Neuvostoliittoon (myöhemmin Venäjälle). Vuonna 1995 Suomessa voimaan tulleen lakimuutoksen jälkeen käytettyä ydinpolttoainetta on varastoitu Loviisan voimalaitosalueella sijaitsevissa KPA-varastoissa (KPA1 ja KPA2).

Vesijäähdytteistä KPA-varastoa laajennettiin 1980-luvun alussa rakentamalla KPA2-varasto, joka otettiin käyttöön 1984. KPA2-varastoa laajennettiin vuosina 1997–2000, jotta varastointikapasiteetti riittäisi loppusijoituksen aloittamiseen asti. KPA-varastoissa on nykyisellään 9 varastoallasta. Varastolla on myös otettu käyttöön ns. tiheitä polttoainetelineitä, jotka mahdollistavat suurempien polttoainemäärien varastoimisen. Tiheitä telineitä hyödyntämällä varaston kapasiteetti riittää laitoksen nykyisen käyttöiän loppuun saakka.

Loviisan voimalaitosyksiköiden käytöstäpoisto on suunniteltu aloitettavaksi välittömästi käytön päättyttyä. Käytöstäpoiston luvitus ja yksityiskohtainen suunnittelu tehdään käytön loppuvuosien aikana siten, että purkujätteen loppusijoitustila on käytössä, kun laitoksen sähköntuotanto loppuu. Laitosten käytöstäpoiston aikana ja sen jälkeen KPA-varasto toimii itsenäisesti. Käytöstäpoiston ensimmäinen vaihe valmistuu tämän hetken suunnitelmien mukaan noin vuonna 2037. Osia laitosyksiköiden järjestelmistä, kuten

esimerkiksi niitä, jotka liittyvät nestemäisten jätteiden käsittelyyn, ei pureta ensimmäisessä vaiheessa, sillä niitä tarvitaan edelleen KPA-varaston itsenäisen käytön aikana.

Posivan nykyisen aikataulun mukaan Loviisan polttoaine on saatu loppusijoitetuksi 2060-luvulla, minkä jälkeen KPA-varasto ja sen käyttämät järjestelmät poistetaan käytöstä. Kertyneet jätteet loppusijoitetaan Loviisan loppusijoituslaitoksen laajennukseen ja loppusijoituslaitos suljetaan noin vuonna 2068. Loviisan voimalaitoksen suunnitellun käytön sekä ydinjätehuoltotoimenpiteiden ajoittuminen on esitetty kuvassa 2-2.



Kuva 2-2. Loviisan voimalaitoksen suunnitellun käytön sekä ydinjätehuoltotoimenpiteiden aikataulu.

2.1.2 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi

Loviisan voimalaitoksen käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan vesialtaissa voimalaitosyksiköillä LO1 ja LO2 sekä KPA-varastossa. Varaston vanhempi osa (KPA1) on rakennettu voimalaitoksen rakentamisen yhteydessä ja uudempi (KPA2) 1980-luvun alussa, kun käytetyn polttoaineen jäähtymisaikaa voimalaitoksella pidennettiin.

KPA-varaston laajennus neljällä lisäaltaalla otettiin käyttöön vuonna 2000. Vuonna 2005 päätettiin varastointikapasiteettia lisätä edelleen vaihtamalla osa KPA2-varaston polttoainetelineistä tiheiksi telineiksi. Tiheässä telineessä on 352 varastopaikkaa verrattuna vanhan, ns. avoimen telineen, 130 paikkaan. Yhteen varastoaltaaseen mahtuu neljä tiheää telinettä. Altaihin sijoitetaan alkuvaiheessa kaksi tiheää telinettä ja kaksi avointa telinettä, jolloin viranomaisen edellyttämä yhden altaan tyhjentämisvaatimus on helpompi toteuttaa. Varastotilaa on lisätty hankkimalla kaksi uutta tiheää telinettä vuosina 2007, 2009, 2011, 2014 ja 2016. Tarkastelun perusteella tiheitä telineitä lisäämällä pystytään ylläpitämään Loviisassa tarvittava varastokapasiteetti nykyisen käyttöiän loppuun.

Tiheiden telineiden vaihdon yhteydessä altaista poistetuista avoimista polttoainetelineistä neljää varastoidaan tällä hetkellä laitoksella. Tällä varaudutaan mahdolliseen KPA2-varaston altaan tyhjennystarpeeseen. Tällaisessa tilanteessa telineitä sijoitettaisiin KPA2-varaston kuormausaltaaseen, jota ei normaalisti käytetä varastointiin.

KPA2-varaston 15 tn nosturin modernisointi 30 tn kapasiteetille on käynnistysvaiheessa. Uudella nosturilla voidaan nostaa tiheät telineet kokonaisina altaaseen.

Vuoden 2017 lopussa voimalaitoksella oli varastoituna yhteensä 5 335 käytettyä ydinpolttoainennippua, mikä vastaa noin 647 tonnia tuoretta uraania. Nipuista 208 kpl oli LO1:llä ja 149 kpl LO2:lla. KPA1-varastossa oli 480 ja KPA2-varastossa oli 4 498 nippua. Lisäksi LO1:n reaktorissa oli 313 ja LO2:n reaktorissa samoin 313 nippua käytössä.

Loviisan osalta nippukohtainen maksimipoistopalama on 57 MWd/kgU, eikä tätä rajaa ole nykyisten suunnitelmien mukaan tarkoitus enää nostaa. Poistettavien nippujen keskimääräinen poistopalama on noin 48 MWd/kgU.

Vuonna 2018 jatketaan vuotavan ydinpolttoaineen vaatimukset täyttävän pakkaamistavan selvityksiä, huomioiden erityisvaatimukset kuljetusten ja loppusijoittamisen suhteen. Laitoksella olevista 5 335 polttoainennipusta 20 sisältää vuotavia polttoainesauvoja.

Varastoidun käytetyn ydinpolttoaineen kuntoa seurataan määräajoin suoritettavien allastutkimuksin erillisen kunnonvalvontaohjelman mukaisesti. Seurattavat niput on valittu siten, että ne edustavat mahdollisimman hyvin erilaisia varastoitavana olevia polttoainetyyppejä. Loviisan käytetyn polttoaineen nuklidikoostumusta tutkitaan Posivan isotooppimittausprojektissa.

Loviisan käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen valmistautumiseen liittyvät tehtävät on koottu ohjelmaksi (KPA-ohjelma). Edellä mainitut nosturiuusinta ja vaurioituneen polttoaineen selvitykset ovat esimerkkejä ohjelmaan sisältyvistä tehtävistä.

2.1.3 Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

Loviisan ydinvoimalaitoksella syntyy käytön, huollon ja korjaustöiden yhteydessä voimalaitosjätteitä. Prosessivesien puhdistuksessa, valvonta-alueen viemäri-vesien käsittelyssä sekä komponenttien ja järjestelmien dekontaminoinnin yhteydessä syntyy nestemäisiä ja märkiä jätteitä, joita ovat ioninvaihtohartsit, haihdutusjätteet sekä lietteet ja sakat. Kuivia jätteitä ovat mm. ilmastointi- ja prosessikaasujärjestelmien suodattimet, huolto- ja korjaustöissä syntyvät sekalaiset jätteet sekä putkistomuutosten ja huoltotöiden yhteydessä syntyvät metalliromut. Lisäksi voimalaitosjätteisiin kuuluvat haihdutusjätteiden kesiuminerotukseen käytetyt ioninvaihtokolonnit sekä pieni määrä huoltotöiden yhteydessä syntyviä liuotinjätteitä. Matala- ja keskiaktiivinen voimalaitosjäte käsitellään, varastoidaan ja loppusijoitetaan laitospaikalla (kuva 2-1). Käsittely ja varastointi tapahtuvat voimalaitoksen tiloissa ja loppusijoitus erillisessä loppusijoituslaitoksessa.

Huoltojätteet loppusijoitetaan 200 litran terästynnyreissä. Kiinteät jätteen betoniastiat tullaan sijoittamaan erilliseen betonikaukaloon ja astioiden välit täytetään betonilla. Käytetyt ioninvaihtohartsit ja haihdutusjätteet varastoidaan nestemäisten jätteiden varastossa 300 m³:n säiliöissä. Haihdutusjätteelle tehdään kampanjoittain

kesiumerotus, jolla vähennetään aktiivisen nestemäisen jätteen määrää. Kesiumerotuksessa käytettävät suodatinpatruunat loppusijoitetaan betonisissa loppusijoitusastioissa kiinteytetyn jätteen tilaan.

Nestemäisten jätteiden varastossa on 7 kpl 300 m³ säiliötä ioninvaihtohartsien ja haihdutusjätteiden varastointia ja käsittelyä varten sekä yksi 300 m³ ylivuotosäiliö. Haihdutusjäteliuosta varastoidaan säiliössä kerrallaan noin neljä vuotta, minkä aikana liuoksessa oleva aktiivisempi kiintoaine saostuu säiliön pohjalle. Kiintoaineen päälle muodostunut vesipitoinen liuos käsitellään kampanjanomaisesti kesiumin erotuslaitoksella poistamalla siitä pitkäikäinen radioaktiivinen kesium. Tällä prosessilla voidaan vähentää huomattavasti loppusijoitettavan kiinteytetyn nestemäisen jätteen määrää.

Nestemäisten jätteiden varaston yhteyteen on rakennettu ja otettu käyttöön kiinteytyslaitos, jossa harts- ja haihdutusjätteet kiinteytetään betonoimalla. Kiinteytys tehdään teräsbetonisissa sisätilavuudeltaan 1 m³:n ja ulkotilavuudeltaan 1,7 m³:n jäteastioissa. Kiinteytyslaitoksella ja nestemäisten jätteiden varastolla on tehty viime vuosina laitoksen toimintaa tehostavia muutostöitä sekä kehitetty betonisen jäteastian rakennetta. Kiinteytyslaitoksen toimintaa on tarkoitus jatkaa myös voimalaitoksen käytöstäpoiston ja käytetyn polttoaineen varastointivaiheen aikana siten, että se puretaan viimeisenä laitososana voimalaitoksen käytöstäpoiston yhteydessä.

Matala-aktiiviset suodatinmassat ja lietteet, sekä liuotin- ja öljypitoiset nesteet imeytyskiinteytetään suoraan 200 litran terästynnyreihin, jotka loppusijoitetaan huoltojätetiloihin.

Kuiva huoltojäte pakataan 200 litran terästynnyreihin tai vastaaviin pakkauksiin. Puristuva jäte tiivistetään tynnyreihin jätipuristimella, jolloin yhteen tynnyriin saadaan mahtumaan yli viisi kertaa enemmän jätettä kuin ilman tiivistystä. Puristumattomat jätteet ladotaan tiiviisti tynnyreihin. Jätetynnyreiden radioaktiivisuus mitataan gammaspektrometrisesti, ja tämän tiedon perusteella tynnyrit joko vapautetaan valvonnasta, varastoidaan odottamaan valvonnasta vapautusta tai loppusijoitetaan huoltojätetiloihin. Jätetynnyreiden jäljitettävyyden parantamiseksi siirryttiin käyttämään viivakoodi-identifiointia, joka vähentää inhimillisten virheiden mahdollisuutta sekä antaa paremman mahdollisuuden tietokantojen hyväksikäyttöön.

Suuria metallikomponentteja ei tavallisesti pakata tynnyreihin vaan ne pyritään mahdollisuuksien mukaan dekontamoimaan ja vapauttamaan valvonnasta. Vain jos kontaminoituneita komponentteja ei saada puhtaaksi, niitä varastoidaan laitoksella, kunnes ne saadaan loppusijoitettua mahdollisen lisäkäsittelyn jälkeen.

Erikoistapauksissa, kun jätteen annosnopeus on suuri, kuten esimerkiksi reaktorin imuroidin jätteen tai materiaalitutkimuksiin liittyvien koepalojen ja näyteketjujätteiden tapauksessa, jäte sijoitetaan reaktorirakennuksissa tai KPA:lla sijaitseviin kuivasiiloihin. Tällaisen jätteen määrä on massaltaan ja tilavuudeltaan pientä ja se loppusijoitetaan viimeistään voimalaitoksen käytöstäpoiston yhteydessä.

2.1.4 Käytöstäpoistosuunnittelu

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma päivitetään vuoden 2018 aikana. Käytöstäpoistosuunnitelma sisältää mm. aktiivisuusinventaarin, suunnitelman purkutoimenpiteistä, säteilyannosarvion, loppusijoitettavien komponenttien ja pakkausten määrät, työmääräarvion sekä käytöstäpoiston kustannusarvion. Suunnitelman lähtökohdiana on laitossyksiköiden 50 vuoden käyttöään jälkeen purkaa välittömästi ne radioaktiiviset osat, joita ei tarvita muun Hästholmenille jäävän ydinteknisen toiminnan (käytetyn polttoaineen varastointi, nestemäisten jätteiden kiinteytys sekä matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitus) jatkamiseksi.

Käytöstäpoistojätteelle louhitaan loppusijoitustilat nykyisten voimalaitosjätteiden loppusijoitustilojen yhteyteen (kuva 2-1). Käytöstäpoistoon valmistautuminen (ml. loppusijoitustilojen ja käytöstäpoiston lisensointi) aloitetaan hyvissä ajoin ennen käytöstäpoiston valmisteluvaihetta. Laitoksen puhtaiden rakennusosien purku ei ole mukana käytöstäpoistosuunnitelmissa mutta sitä on tarkasteltu erikseen osana IFRS-laskentaa.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoisto on suunniteltu aloitettavan LO1-laitossyksikön osalta vuonna 2028 ja LO2-laitossyksikön osalta vuonna 2031 kolmen vuoden pituisella valmisteluvaiheella. Valmisteluvaiheen aikana siirretään käytetty polttoaine reaktorirakennuksesta käytetyn polttoaineen varastolle, prosessijärjestelmät tyhjennetään ja tarvittaessa dekontaminoidaan, tehdään tarpeelliset rakentamis- ja raivaustyöt sekä tehdään tarvittavat hankinnat käytöstäpoistoa varten. Käytöstäpoiston vaatimat luvitustyöt ja loppusijoitustilan laajennus tehdään käyttövaiheen lopussa.

Voimalaitossyksiköiden käytön aikana aktivoituneen materiaalin (reaktorin painesäiliö, reaktorin sisäosat, säätösauva-absorbaattorit, reaktorirakennuksen kuivasiilo, reaktorin biologinen suoja, höyrystintilan aktivoitunut lattia) käytöstäpoisto on suunniteltu aloitettavan LO1-laitossyksiköllä vuonna 2031 ja LO2-laitossyksiköllä 2034. Aktivoituneen materiaalin purkamisen on suunniteltu kestävän 3 vuotta laitossyksikköä kohden.

Voimalaitossyksiköiden kontaminoituneen materiaalin (reaktorin paineastian kansi, reaktorin säätösauvakoneistot, primääripiirin suuret komponentit, primääripiirin kontaminoituneet järjestelmät ja reaktorirakennuksen kontaminoituneet rakenteet) käytöstäpoisto on suunniteltu aloitettavan vuonna 2031 ja olevan suoritettu vuonna 2037.

Käytetyn polttoaineen varaston, kiinteytyslaitoksen, nestemäisten jätteiden varaston sekä apurakennuksen kontaminoituneiden rakenteiden ja järjestelmien käytöstäpoisto on suunniteltu aloitettavan käytetyn polttoaineen varastoinnin lopettamisen jälkeen vuonna 2065 ja olevan suoritettu vuonna 2068. Loppusijoitustilojen sulkeminen on suunniteltu tehtävän vuonna 2068.

2.2 Loviisan voimalaitoksen jätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteet 2019–2024

Loviisan ydinvoimalaitoksen jätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteet tähtäävät olemassa olevien jätehuoltomenettelyjen ja suunnitelmien edelleen kehittämiseen ja parantamiseen sekä sen varmistamiseen, että käytön aikana syntyvä voimalaitosjäte on

oikea-aikaisesti ja turvallisesti käsitelty siten, ettei käsittelystä aiheudu viiveitä käytöstäpoiston toteutukselle.

Käytetyn polttoaineen käsittelyyn ja varastointiin kohdistuvat toimenpiteet (esim. tiheiden telineiden hankinnat ja asennukset) tähtäävät riittävän varastointikapasiteetin varmistamiseen laitoksella käyttöään loppuun saakka sekä edellytysten luomiseen polttoaineen kuljetukselle kapselointilaitokseen ja sieltä edelleen kapseloituna loppusijoituslaitokseen.

2.2.1 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi

Uusia selvityksiä ja toimia vuosina 2019–2021

KPA2-varaston kapasiteetin lisäämistä tiheillä telineillä jatketaan seuraavalla telineasennuksella vuonna 2019 (4 telinettä). KPA2-varaston siirtokoneen modernisointiprojektin suunnittelu käynnistetään ja myös allastutkimuslaitteiston (ATULA) modernisointia jatketaan. KPA2-varaston 15 tn nosturin uudistaminen käynnistetään myös tällä aikavälillä.

Ydinmateriaalivalvonnalla STUK, Euratom ja IAEA varmistavat ydinaineiden pysymisen niille tarkoitettuun käyttöön. Viranomaiset toteuttavat valvontaa polttoaineen verifiointimittauksilla riippumattomasti omilla laitteillaan. Valvontaa suorittavat organisaatiot kehittävät verifiointimittausmenetelmiä loppusijoituskäyttöön. Fortum seuraa kehitystä viranomaisyhteydenpidolla sekä osallistumalla tarvittaessa valikoituihin hankkeisiin.

Fortum osallistuu yhdessä TVO:n ja Posivan kanssa Helsingin yliopiston johtamaan FiDiPro-hankkeeseen käytetyn ydinpolttoaineen passiivitomografian kehittämiseksi (ks. kohta 4.4.1).

Posivan käytetyn polttoaineen radiokemiallisiin isotooppimittauksiin liittyvän projektin rinnalla Fortumilla on oma PIE-tutkimusprojekti, jossa Studsvik Nuclear AB tekee käytetyille polttoainesauvoille kuumakammiotutkimuksia. Saatuja mittaustuloksia hyödynnetään polttoaineen loppusijoituksen osalta arvioitaessa pitkäaikaisturvallisuutta, loppusijoituskonseptin kriittisyysturvallisuutta, kapselin jälkilämpötehoa ja mahdollisia päästöjä elinympäristöön. Fortum teki kuumakammiotutkimuksiin lähetetyille sauvoille ATULA:lla täydentäviä tutkimuksia.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2022–2024

Vuosien 2022–2024 aikana polttoaineen varastokapasiteettia lisätään tarvittaessa tiheillä telineillä sekä varaudutaan kapasiteetin lisäämiseen seuraavalla ohjelmakaudella loppusijoitushankkeen etenemisen edellyttämällä tavalla. Varaston kuntoa seurataan ja tehdään tarvittavat kunnostustoimenpiteet. Lisäksi KPA2-siirtokoneen modernisointityö valmistuu.

2.2.2 Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

2.2.2.1 Nestemäisten jätteiden käsittely ja varastointi

Kiinteytyslaitos aloitti tuotannollisen käytön suunnitellusti vuoden 2016 alussa, minkä jälkeen nestemäisten jätteiden käsittelyssä keskitytään kiinteytyslaitoksen turvallisen ja tehokkaan tuotantokäytön varmistamiseen. Tuotannon vakiinnuttaminen ja optimointi tarkoittaa kiinteytystuotteen laadun jatkuvaa parantamista ja kiinteytysprosessien teknistä kehitystä ml. järjestelmien ikääntymisen hallintaa.

Vuoden 2014 alussa käynnistetyn nestemäisten jätteiden kehitysohjelman (TW/TT-ohjelma) tärkeimpänä lyhyen aikavälin tehtävänä on viimeistellä nestemäisten jätteiden siirtojärjestelmät kiinteytyslaitoksen tuotantokäytöstä saatujen käyttökokemusten avulla. Saatujen kokemusten perusteella jätteen siirtojärjestelmiä voidaan yhdistää varastosäiliöiden välillä, mikä pienentää asennustöistä aiheutuvia säteilyannoksia ja suunniteltuja kustannuksia. Toisena merkittävänä tehtävänä on suunnitella kiinteytetyn jätteen tilan täyttövalu, mitä varten tarvitaan laatukriteerit täyttävän betonin menetelmäkokeita, pilot-laitteistojen valmistusta ja testausta sekä toteutuksen suunnittelua ja toteutusta. Kolmantena huomattavana tehtävänä on loppusijoitusastian kehitystyöt, millä tähdätään loppusijoitusastian taloudellisuuden ja käsittelyn parantamiseen. Tehtävä sisältää laaja-alaista betonireseptien tutkimusta sekä astian tartuntaosan ja betoniraudoituksen kehitystä.

Kiinteytyslaitoksen tehokkaan, turvallisen ja laadukkaan toiminnan takaamiseksi kiinteytysreseptien tutkimusta jatketaan. Tutkimus- ja kehitystyöstä saatujen laboratoriotulosten perusteella kiinteytettävän jätteen määrää voidaan edelleen kasvattaa loppusijoitusastiassa, sekä hartsijätteen kiinteytyksessä voidaan käyttää haihdutusjätteen liuosfaasia puhtaan veden sijasta. Tulokset ovat hyvin merkittäviä, koska niillä voidaan oleellisesti vähentää loppusijoitettavien jätepakkausten määrää kiinteytetyn jätteen tilassa (KJT).

Selvitykset vuosina 2019–2021

Alustavien suunnitelmien perusteella jätteen siirtojärjestelmät sekä ensimmäiset uuden sukupolven kiinteytysreseptit on tarkoitus ottaa tuotantokäyttöön vuosien 2018–2021 aikana.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2022–2024

Täyttövalut kiinteytetyn jätteen tilassa on suunniteltu aloitettavaksi vuosien 2021–2022 aikana. Pitkän tähtäimen suunnitelmana on jatkaa kiinteytysreseptien tutkimus- ja kehitystyötä sekä kehittää kiinteytystuotteen laadunvalvontamenetelmiä että -työkaluja. Tavoitteena on myös kehittää ja tehostaa voimalaitoksen viemäriveresien käsittelyä sekä loppusijoitusastian valmistusta.

2.2.2.2 Kuivien jätteiden käsittely ja varastointi

Valvonnasta vapautettavan jätteen osuus pyritään pitämään vähintään 60 %:n tasolla. Lisäksi lajittelu- ja pakkausmenetelmiä pyritään tehostamaan sekä jätteiden käsittelyä järkeistämään esim. uusimalla metallijätteen käsittelyyn tarkoitettuja laitteita ja toimittamalla isoja metallikomponentteja sulatukseen.

Selvitykset vuosina 2019–2021

Vuonna 2019 vaihdetaan jätteiden kokoonpuristamiseen tarkoitettut jätepuristimet uusiin. Vanhat puristimet kuljetetaan LO1:n jätehuollon tiloista LO2:n tiloihin. Vuoden 2019 jälkeen jätteiden kokoonpuristaminen tynnyreihin on mahdollista molemmilla laitoksilla.

Ennen voimalaitosjäteluolan käyttöönottoa on Loviisan voimalaitoksen tiloihin sijoitettu aktiivista jätettä sisältäviä huoltojätetynnyreitä (noin 1 000 kappaletta). Välivarastossa olevat tynnyrit on päätetty käsitellä vuosina 2017–2022. Välivarastosta poistettava jäte joko vapautetaan valvonnasta, pakataan uusiin tynnyreihin tai käsitellään sellaisenaan. Tynnyreihin pakattavan jätteen aktiivisuus mitataan uudelleen.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2022–2024

Vuosina 2022–2024 selvitetään mm. mahdollisuuksia parantaa laitoksen kuivien jätteiden varastointitiloja huomioiden samalla myös käytöstäpoiston tarpeet. Muilta osin suunnitelmat tarkentuvat lähivuosien aikana.

2.2.2.3 Voimalaitosjätteiden loppusijoitus

Toimenpiteet vuosina 2019–2021

Voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen kalliomekaanista ja hydrologista seurantaan sekä pohjavesikemian analyysijä jatketaan seurantaohjelmien mukaisesti ja ne koostetaan, analysoidaan ja raportoidaan kerran vuodessa. Loppusijoituslaitokseen on asennettu automaattinen kalliomekaaninen mittauslaitteisto, johon on kytketty 17 tankoekstensometriä, 7 kuormitusanturia, yksi fissurometri ja 11 lämpötila-anturia. Kallion stabiilisuutta seurataan lisäksi manuaalisilla konvergenssimittauksilla. Loppusijoituslaitoksessa on yhteensä 14 mittausleikkausta ja 61 mittauspulttia. Mittausohjelmassa on kaikkiaan 10 mittausleikkausta.

Hydrologinen seuranta käsittää maanpinnalla meriveden korkeuden, sadannan sekä pohjavedenpinnan korkeuden. Loppusijoituslaitoksessa mitataan pohjaveden painetta, sähköjohtavuutta sekä vuotoveden määrää. Pohjavesikemian analyysiohjelmassa on fysikaalis-kemiallisten perusparametrien lisäksi pääkationit ja -anionit sekä hivenmetallit. Hivenmetalleista Ni, Co, Zn, Sr ja Cs ovat merkittäviä metalleja voimalaitosjätteessä. Analyysiohjelmassa on huomioitu mahdolliset betoniaggressiiviset parametrit (mm. aggr. CO₂, NH₃, SO₄). Pohjaveden redox-tilan arvioimiseksi ja evoluution selvittämiseksi on analyysiohjelmassa redox-parametrit Fe(II) ja Fe(tot). Perusanalyysihin sisältyvät myös kairauksissa käytetyn merkkiaineen analysointi

(natriumfluoresiini) sekä veden alkuperää ja pinnallisen veden sekoittumista indikoivat parametrit (H-2/O-18, H-3). Lisäksi analyysiohjelmassa on pohjaveden muodostumisprosesseja ja viipymää tarkentavia isotooppeja ja kaasuja: C-13/C-14 (DIC, DOC), Rn-222, S-34 ja Sr-87/Sr-86.

Loppusijoituslaitoksen kunnonseuranta ja ikääntymisen hallinnan raportointia jatketaan kerran vuodessa. Loppusijoitustiloissa on havaittu joidenkin metallirakenteiden korrodoituvan nopeasti. Selvitysten perusteella on tehostettu ilmastointikuilun ilmanvaihtoa ja -kuivausta niin, ettei vesi pääse kondensoitumaan teräsrakenteiden pinnoille. Loppusijoituslaitoksessa olevien lujituspulttien kunto tarkastettiin vuonna 2014 boltometer-menetelmällä. Seuraava kuntotarkastus ajoittuu vuosille 2018–2019, jolloin mahdollisesti kairataan myös jokin pultti irti ja/tai testataan muulla tavoin, jotta voidaan verrata ainetarikkomattomien ja -rikkovien tutkimusmenetelmien tuloksia. HJT3 on päätetty varustaa kankaisella sisäkatolla, joka ohjaa mahdolliset tippuvedet pois tynnyreiden päältä ja ehkäisee suolaisen pohjaveden aiheuttamaa korroosiota.

Vuonna 2015 havaittiin KJT:n betonikaukalon ulkoseinämässä kaksi vaurioitunutta kohtaa. Vaurioituneet kohdat esiintyivät paikoissa, joissa muovista välikettä kiinni pitäneeseen alumiiniseen naulaan on roiskunut VLJ-luolan vuotovesiä. Välikettä kiinni pitäneet nailat päätettiin poistaa ja paikata ennen varsinaisen loppusijoituksen alkua. Korjauksen on tarkoitus valmistua vuoden 2018 aikana, minkä jälkeen KJT-tila otetaan loppusijoituskäyttöön.

Vuonna 2020 on tarkoitus aloittaa projekti, jossa suljetaan 4–8 kpl tutkimuskäytössä olevista 36 kairareistä (sijaitsevat Hästholmenin saarella ja sen välittömässä läheisyydessä). Tutkimusreikien sulkemisella pyritään helpottamaan KJT-tilan kosteusongelmia (virtausmallin mukaan Y3- ja Y4-reiän sulkeminen vähentää tilan vuotovesiä noin 30 %). Lisäksi suljettavat tutkimusreiät ovat osittain reunoista sortuneita, joten niiden tarkempi tutkiminen vaatisi reiänaukaisun. Kyseisillä rei'illä ei enää ole tutkimusmerkitystä, sillä niiden lähistöllä on muita reikiä, jotka jäävät edelleen auki tutkimuskäyttöön.

Puolimittakaavaisiin loppusijoitusastioihin vuonna 1987 kiinteytetyn aktiivisen ioninvaihtohartsin säilytyskoe jatkuu. Jätepakkaukset ovat olleet pohjavesisäilytyksessä Loviisan voimalaitoksella ja ovat odotusten mukaisesti edelleen hyväkuntoisia. Tulevalla kaudella suunnitellaan kiinteystuotteen vesisäilytyskappaleiden analysointiohjelmaa. Ohjelman tavoitteena on tarkkailla oikealla jätteellä kiinteytettyjen tuotteiden kuntoa sisältäen mm. visuaalisen kunnan tarkastelut sekä kemialliset analyysit vedestä, missä massa on.

Täysimittakaavaiseen loppusijoitusastiaan kiinteytettiin vuonna 1980 inaktiivista Loviisan voimalaitoksella käytettyä vanhaa ioninvaihtohartsia. Loppusijoitusastia on säilytetty hitaasti virtaavassa makeassa vedessä Pyhäkosken voimalaitoksella. Loppusijoitusastian kunto on seurannassa havaittu hyväksi. Kokeita jatketaan edelleen ja niiden tuloksia käytetään voimalaitosjätteen loppusijoituksen turvallisuusperustelussa tukemaan oletuksia vapautumisesteiden kestävydestä. Lisäksi TVO:n kanssa

yhteistyössä tehtävä betonin pitkäaikaissäilyvyyttä loppusijoitusolosuhteissa tutkiva projekti jatkuu. Aiheesta on kerrottu tarkemmin luvussa 3.2.2.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2022–2024

Edellä mainittuja pitkäaikaiskokeita, samoin kuin loppusijoitustilan ikääntymisen hallintaa ja monitorointia jatketaan, ja niiden laajuutta ja sisältöä arvioidaan ja kehitetään tarvittaessa.

KJT-kaukalon kunnonvalvonnan karbonatisoitumisnäytteet on tarkoitus kairata ja analysoida vuonna 2022, elleivät vuoden 2018 lopussa kairattavat näytteet anna tarvetta/indikaatiota muuttaa koeohjelmaa.

Vuonna 2023 on tarkoitus tarkistaa VLJ-luolan lujituspulttien kunto ainettarikkomattomalla (ultraääni) menetelmällä, elleivät vuonna 2018–2019 tehtävät kokeet anna aihetta muuttaa koeohjelmaa.

Vuonna 2024 on tarkoitus tehdä laaja koko VLJ-luolaston kattava rusnaus- ja kopotarkastus.

2.2.3 Käytöstäpoisto

Vuosien 2019–2024 aikana Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistoon varaudutaan erilaisilla käytöstäpoistoon liittyvillä selvityksillä. Selvitysten tarkoituksena on tarkentaa ja täydentää olemassa olevia käytöstäpoiston teknisiä suunnitelmia sekä tukea taloudellista varautumista käytöstäpoistoon.

Käytöstäpoistosuunnittelussa hyödynnetään voimalaitoksen käyttökokemustietoja sekä kokemuksia voimalaitosjätteiden käsittelystä, varastoinnista ja loppusijoituksesta. Voimalaitosyksiköiden käytön aikana käyttö- ja kunnossapitohenkilökunta kerää käyttökokemustietoja (esim. komponenttien kunnostus ja vaihtaminen, käytetyt työtunnit, työmenetelmät ja kontaminaatio) ja järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden aktiivisuuksia valvotaan normaalin toiminnan osana.

Voimalaitosjärjestelmien, laitteiden ja rakenteiden vuotuinen aktiivisuuden seuranta jatkuu. Seurantaohjelma kattaa kontaminoitumisen, jätteiden kertymisen sekä eri tilojen annosnopeustasojen seuraamisen. Seurantaohjelmaa käytetään hyväksi käytöstäpoistoselvitysten teossa.

Uusien tekniikoiden, kuten 360° videoiden sekä työvaiheiden 3D-simulointien avulla tähdätään tarkempiin toteutettaviin suunnitelmiin.

Selvitykset vuosille 2019–2021

Kaudella 2019–2021 huomioidaan mahdolliset kommentit vuonna 2018 tehdystä käytöstäpoistosuunnitelman päivityksestä. Myös Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston strategia käydään läpi ja päivitetään.

Ohjelmakaudella jatketaan vuonna 2017 aloitettua 360° videoiden ja 3D-simulointien hyödyntämistä käytöstäpoistosuunnittelussa. Käytöstäpoistomenetelmien kehitystä seurataan ja tutkitaan Loviisan voimalaitokselle soveltuvia ratkaisuja.

Metallien ja komponenttien kierrätyksen selvittämistä jatketaan, koska suuri osa käytöstäpoistettavasta materiaalista on lievästi kontaminoitunutta, joka voitaisiin vapauttaa joko käsittelemällä tai lyhyehkön valvonta-ajan jälkeen.

Käytöstäpoistojätteen käsittelyä tarkennetaan. Työ sisältää mm. purkutöiden yksityiskohtaisempaa suunnittelua ja jätteen logistiikan tarkennusta (esim. suurten komponenttien siirtoa), jätteiden käsittelyn suunnittelua (esim. pakkaus- ja mittauspisteet) sekä karakterisointisuunnitelman tarkentamista.

Loppusijoitustilojen suunnitelma tarkennetaan. Uusimman tiedon pohjalta selvitetään, millaisia käytöstäpoistoastioita tulaisiin käyttämään. Loppusijoitustilojen rakennetta ja vaihtoehtoja loppusijoitusratkaisuille, mm. suurten komponenttien osalta, selvitetään.

Selvitykset vuosille 2022–2024

Ohjelmakaudella tehtävät selvitykset tarkentuvat vuonna 2018 tehdyn käytöstäpoistosuunnitelman päivityksen jälkeen ja riippuvat myös siitä, tullaanko Loviisan voimalaitokselle hakemaan lisää käyttöikä. Selvitykset kohdistuvat mm. käytöstäpoiston luvitukseen, turvallisuuteen, käytöstäpoiston aikatauluun sekä purkusuunnitelmien tarkentamiseen.

Seuraava käytöstäpoistosuunnitelman päivitys tehdään vuonna 2024. Päivitykseen varaudutaan erilaisilla käytöstäpoistoon liittyvillä selvityksillä, joiden tarkoituksena on täydentää ja edelleen tarkentaa nykyistä suunnitelmaa huomioiden samalla laitoksen jäljellä oleva käyttöikä.

2.2.4 Voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus

Voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteiden turvallisuusperustelu valmistuu vuoden 2018 loppuun mennessä ja se toimitetaan STUKille liitettäväksi osaksi vuonna 2013 laadittua loppusijoituslaitoksen määräaikaista turvallisuusarviota. Turvallisuusperustelussa osoitetaan jätteiden loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus voimassa olevien viranomaisvaatimusten mukaisesti. Suunnitelma turvallisuusperustelun laatimiseksi on toimitettu STUKille vuonna 2017. Pitkäaikaisturvallisuuteen liittyvä tutkimus ja kehitys tapahtuu pääasiassa turvallisuusperustelujen laatimisen yhteydessä.

Selvitykset vuosina 2019–2021

Vuosien 2019–2021 selvitykset riippuvat vuoden 2018 turvallisuusperustelussa tunnistetuista kehityskohteista ja turvallisuusperustelusta saatavista viranomaiskommenteista ja mahdollisista lisävaatimuksista. Loppusijoitettavien jätteiden määrien, aktiivisuuden, pakkaustavan tai luolan olosuhteiden merkittävät muutokset voivat vaatia pitkäaikaisturvallisuuteen liittyviä lisäselvityksiä. Pitkäaikaisturvallisuusosaamista kehitetään osal-

listumalla muihin turvallisuusperusteluhankkeisiin sekä seuraamalla pitkäaikaisturvallisuustyön kehitystä Suomessa ja maailmalla.

Alustavia suunnitelmia vuosille 2022–2024

Vuosien 2022–2024 suunnitelmat täsmentyvät myöhemmin vuoden 2018 turvallisuusperustelun ja vuosien 2019–2021 selvitysten perusteella. Käytöstäpoiston lähestyminen ja siihen liittyvät käytöstäpoistosuunnitelman päivitykset voivat aiheuttaa päivitystarpeita turvallisuusperustelulle.

3 OLKILUODON VOIMALAITOS

3.1 Olkiluodon voimalaitoksen ydinjätehuollon kokonaissuunnitelma pääpiirteittäin

TVO:lla on Eurajoen Olkiluodossa kaksi kiehutusvesireaktoria. Olkiluoto 1 (OL1) kytkettiin valtakunnan verkkoon ensimmäisen kerran syyskuussa 1978 ja Olkiluoto 2 (OL2) helmikuussa 1980. Lisäksi voimalaitosalueella on käytetyn polttoaineen välivarasto (KPA-varasto) sekä voimalaitosjätteen loppusijoitustila (VLJ-luola). Valtioneuvoston myöntämät käyttöluvut voimalaitosyksiköille ovat voimassa vuoden 2018 loppuun. Olkiluodon VLJ-luolan käyttö lupa on voimassa vuoden 2051 loppuun asti. Rakenteilla olevan Olkiluoto 3 -laitosyksikön (OL3) tuotantoon valmistautuminen etenee. Laitostoimittajan kesäkuussa 2018 päivittämän aikataulun mukaan laitosyksikön säännöllinen sähköntuotanto alkaa syyskuussa 2019.

Laitosyksiköiden ydinjätehuollon järjestämiseen varaudutaan olemassa olevissa varasto- ja loppusijoitustiloissa tarpeellisin selvityksin ja suunnitelmin. TVO on jo laajentanut KPA-varastoa uusilla polttoainealtailla, jotka valmistuivat 2014. VLJ-luolan laajentaminen tulee ajankohtaiseksi aikaisintaan 2030-luvulla.

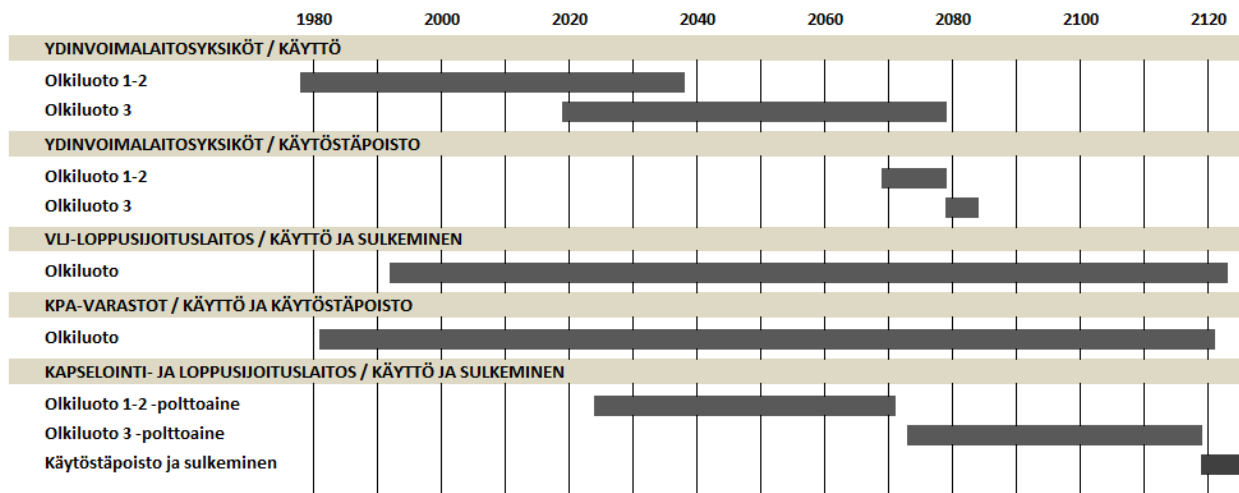
TVO:n on saatettava VLJ-luolaa koskeva määräaikainen turvallisuusarvio ajan tasalle 15 vuoden väliajoin YEL 990/1987 7e §:n mukaisesti. Seuraava arvio tulee tehdä vuoden 2021 loppuun mennessä. VLJ-luolan turvallisuusselostetta (FSAR) päivitetään jatkuvasti turvallisuusselosteen ylläpito-ohjeen mukaisesti.

3.1.1 Kokonaisaikataulu

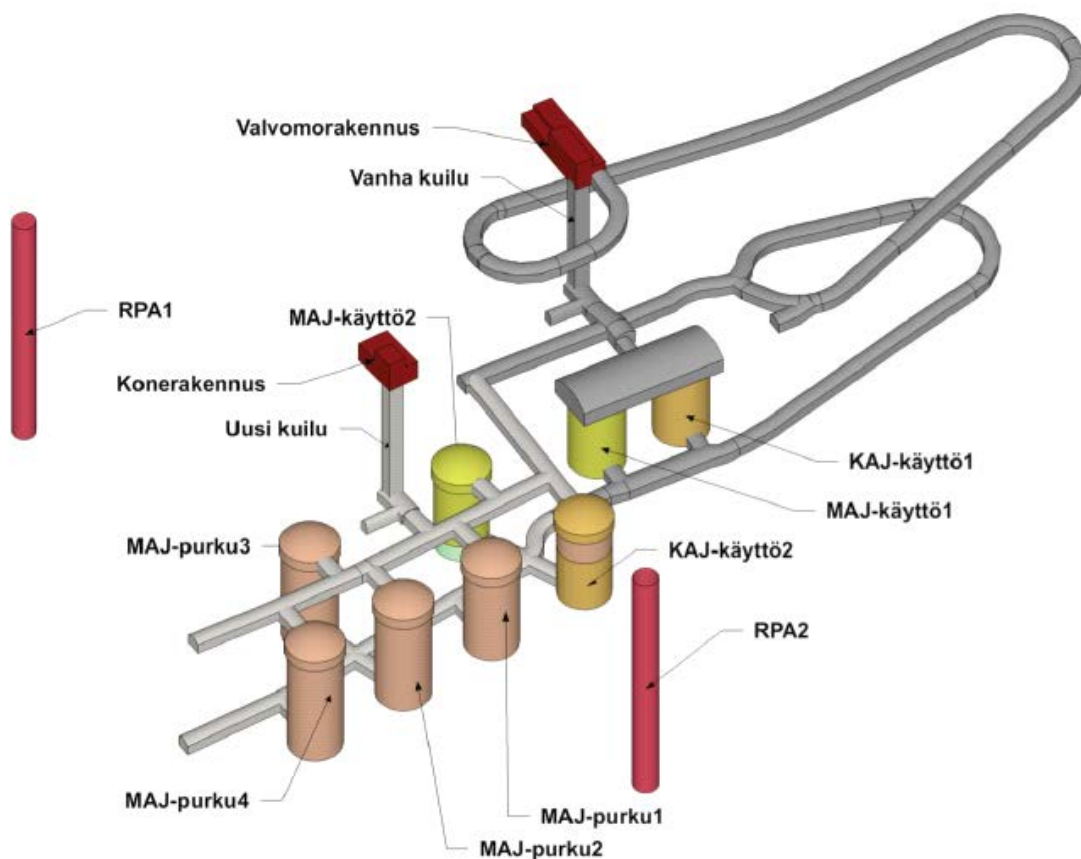
Voimalaitosyksiköiden OL1 ja OL2 käyttöönotot tapahtuivat vuosina 1978 ja 1980. Näiden laitosten suunniteltu 40 vuoden käyttöikä tulee täyteen vuonna 2018 ja molempien laitosten käyttöluville on haettu 20 vuoden jatkoa. Käyttöjaksoa seuraa laitosten käytöstäpoisto, joka on suunniteltu toteutettavaksi OL1:lle ja OL2:lle viivästetyllä aikataululla. Uuden OL3-laitosyksikön käyttöönoton ei-ydintekninen käyttö on meneillään ja laitoksen ydintekniseen käyttöönottoon valmistaudutaan. OL3:n käyttö lupahakemus jätettiin vuonna 2016. OL3:n suunniteltu käyttöikä on 60 vuotta, jota seuraa tämän hetken suunnitelmien mukaan välitön käytöstäpoistovaihe (Kuva 3-1).

Voimalaitosjätteen loppusijoitustilan (VLJ-luolan) on suunniteltu toimivan Olkiluodon voimalaitosyksiköiden toiminnan ja purkamisen vaatiman ajan. VLJ-luolaan ja sen suunniteltuihin laajennuksiin tullaan sijoittamaan kaikki voimalaitosten käytönaikainen matala- ja keskiaktiivinen jäte sekä käytöstäpoistojäte (Kuva 3-2). VLJ-luolan laajennuksen on arvioitu tulevan ajankohtaiseksi 2030-luvulla.

Olkiluodon ydinvoimalaitosten käytöstä syntyvien jätteiden käsittely, kuljetus ja loppusijoitus jatkuvat seuraavalla ohjelmakaudella kuten aiemmin. OL1- ja OL2-yksiköiden uudet käyttöluvut mahdollistavat joustavamman, kustannustehokkaamman ja turvallisemman ydinjätehuollon Olkiluodon saarella. Tulevaisuudessa, Posivan saatua käyttöluvan, myös Posivan ydinlaitosjätteet saatetaan yhteisen Olkiluodon ydinjätehuollon piiriin.



Kuva 3-1. Olkiluodon voimalaitoksen suunnitellun käytön sekä ydinjätehuoltotoimenpiteiden aikataulu.



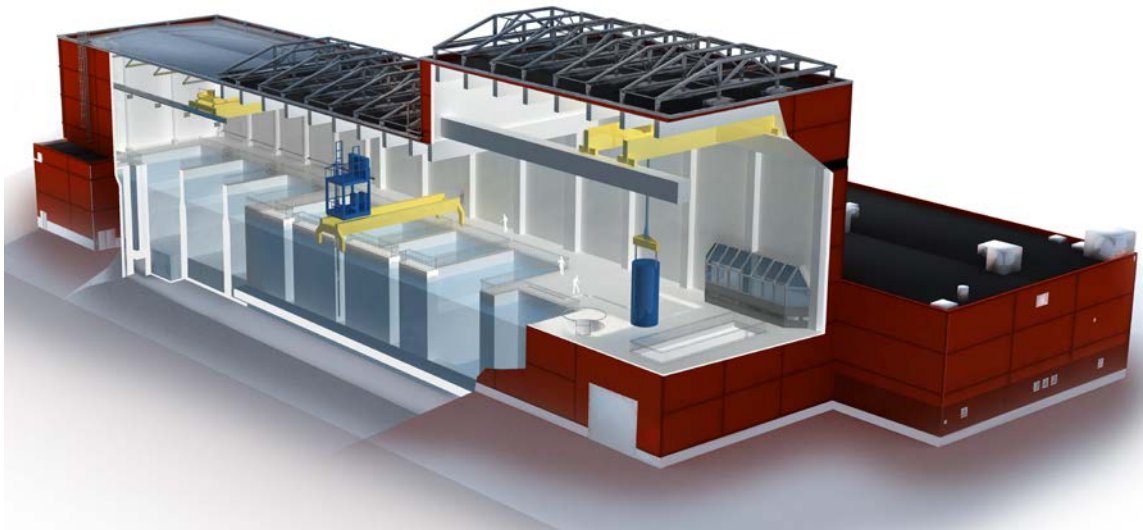
Kuva 3-2. Olkiluodon VLJ-luola laajennettuna. Näkymä lounaasta. Takimmaisiet kaksi siiloa kuuluvat VLJ-luolan käytössä olevaan osaan (KAJ-käyttö1 ja MAJ-käyttö1).

3.1.2 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi

Olkiluodon voimalaitosten käytetty ydinpolttoaine varastoidaan OL1- ja OL2-voimalaitosyksiköillä olevissa vesialtaissa noin viiden vuoden ajan reaktorista poiston jälkeen ennen siirtoa laitosalueella sijaitsevaan KPA-varastoon. OL3-yksiköllä varastointiaika ennen siirtoa KPA-varastoon tulee olemaan noin kuusi vuotta. Käytettyä polttoainetta varastoidaan KPA-varastolla kymmeniä vuosia jälkilämmöntuoton ja aktiivisuuden alentamiseksi loppusijoituksen mahdollistavalle tasolle.

Vuoden 2017 lopussa käytettyä polttoainetta oli varastoituna yhteensä 8 924 nippua, jotka sisältävät noin 1 498 tonnia uraania. Varastoiduista nipuista 7 786 oli KPA-varastossa, 501 OL1:n vesialtaissa ja 637 OL2:lla. Lisäksi OL1:n reaktorissa oli 500 ja OL2:n reaktorissa samoin 500 nippua käytössä. Luvuissa ovat mukana myös sauvatelineet (1 kpl OL1 ja 1 kpl OL2, joissa säilytetään vaurioituneita polttoainesauvoja (vuoden 2017 lopussa yhteensä 46 kpl)). Yksi vaurioitunut sauva sekä kolme muuta sauvaa lähetettiin vuonna 2017 Studsvik Nuclear AB:lle Ruotsiin tutkittavaksi.

Olkiluodon KPA-varaston kapasiteettia nostettiin rakentamalla kolme uutta vesiallasta, jotka otettiin käyttöön vuonna 2014 (Kuva 3-3). Laajennuksessa otettiin huomioon myös OL3-voimalaitosyksikön tarpeet. KPA-varastoon tarvitaan uusia polttoainetelineitä sekä BWR- että EPR-tyyppisille polttoaineille ja uusien telineiden hankinta on aloitettu. Vaurioituneet polttoainesauvat kapseloidaan yksitellen hermeettisesti suljettaviin kapseleihin ja ne varastoidaan voimalaitosyksiköissä sijaitsevissa vesialtaissa.



Kuva 3-3. Olkiluodon KPA varasto laajennuksen jälkeen vuonna 2014.

KPA-varaston käytön ja käytöstäpoiston kannalta kriittisenä tekijänä on rakennuksen tekninen käyttöikä. KPA-varasto on suunniteltu vuonna 1984 silloisten rakennusteknisten standardien mukaan. Kun OL1 poistetaan lopullisesti käytöstä, on KPA-varasto joko itsenäistettävä tai kytkettävä käyttämään OL3-laitosyksikön jätejärjestelmiä. Tätä kustannusta ei ole nykyisellään arvioitu käytöstäpoistosuunnitelmassa. KPA-varastolle si-

joitettu OL3-polttoaine saadaan loppusijoitettua 2100-luvun alussa, jolloin varasto on noin 120 vuotta vanha. Varaston rakennustekninen suunnitteluperusteikä on 60 vuotta, laajennuksen osalta perustana on 100 vuoden käyttöikä. Vaikka on periaatteessa mahdollista pitkittää varaston teknistä käyttöikää aina 2100-luvulle, tämä tulee vaatimaan merkittäviä perusparannuksia, jotka käsittävät kaikki tekniikanalat.

OL1- ja OL2-laitosyksiköillä vuonna 2018 käytössä olevan polttoaineen nippukohtainen, vuonna 2011 hyväksytty maksimipoistopalama on 50 MWd/kgU. OL3:n polttoaineelle on hyväksytty nippukohtaiseksi maksimipalamaksi 45 MWd/kgU. Selvitykset palamannostoon liittyen ovat käynnissä.

Edellisellä ohjelmakaudella TVO osallistui käytetyn polttoaineen tutkimuksen osalta Euratomin FIRST Nuclides (Fast/Instant Release of Safety Relevant Radionuclides from Spent Nuclear Fuel) -hankkeeseen vuosina 2012–2014. TVO luovutti hankkeelle korkeamman palaman käytetyn polttoaineen näytteitä tutkittavaksi. FIRST Nuclides selvitti loppusijoitetun korkeapalamaisen UO₂-polttoaineen radionuklidien nopeaa/välitöntä vapautumista. TVO:n polttoaineelle tehtiin eluutiokokeita, jossa mitattavia nuklideja olivat Cs, I, Rb, Ba, Sr, Mo, Tc sekä valitut aktinidit ja lantanidit. Radionuklidien vapautumista on arvioitu vapautumisosuuksien ja suhteellisten vapautumisnopeuksien mukaan. Hanke päättyi vuonna 2014 (Roth 2015, FIRST Nuclides 2018).

Edellisellä ohjelmakaudella TVO osallistui myös yhdessä Fortumin ja Posivan kanssa Helsingin yliopiston johtamaan FiDiPro - NINS3 -hankkeeseen (Novel Instrumentation for nuclear safety, security and safeguards). Projekti käynnistyi 2015 ja jatkuu vuoteen 2018. Hanke liittyy käytetyn ydinpolttoaineen passiivitomografian mittausratkaisun kehittämiseen.

3.1.3 Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

Olkiluodon ydinvoimalaitosten käytöstä syntyy matala- ja keskiaktiivista jätettä (MAJ ja KAJ), joita kutsutaan voimalaitosjätteeksi (VLJ). Jäte syntyy käyttötoiminnan, kunnossapidon ja korjaustöiden yhteydessä käsittäen erilaisia suoja-, apu- ja prosessimateriaaleja (muovi, paperi, metalli, puu ja erityyppiset henkilökohtaisiin suojaimiin käytetyt materiaalit), prosessivesien ja aktiivisten nestemäisten jätteiden puhdistuksessa käytettäviä suodatinmateriaaleja sekä puhdistuksessa syntyviä jäteliuoksia ja -lietteitä (suodatinsauvat, ioninvaihtohartsit, haihdutuksessa muodostuvat lietteet ja dekontaminointiliuokset).

Alkuperänsä perusteella kaikki ydinvoimalaitoksen valvonta-alueella syntynyt jäte käsitellään radioaktiivisena jätteenä. Aktiivisuusmittauksiin perustuen vain hyvin vähän kontaminoitunut tai puhdas jäte voidaan vapauttaa valvonnasta, toisin sanoen poistaa radioaktiivisen jätteen valvonnan alaisuudesta jatkokäsiteltäväksi konventionaalisen jätteen tavoin. Tyypillinen käytöstä syntyvän radioaktiivisen jätteen vuosikertymä nykyisin käytössä olevilta Olkiluodon laitosyksiköiltä on 100–200 m³. OL3:n käynnistymisen jälkeen voimalaitosjätteen vuosikertymän odotetaan kasvavan noin kolmanneksella.

Olkiluodon voimalaitosjätehuollon peruseriaatteena on jätteen välitön käsittely ja loppusijoitus kuitenkin niin, että käsittely- ja kuljetuskampanjat toteutetaan kustannustehokkuuden ja käytettävyyden kannalta optimaalisesti esimerkiksi kerran tai kahdesti vuodessa. Käytöstä syntyvien jätteiden välivarastointi ja käsittely toteutetaan voimalaitosyksiköiden jäterakennuksissa sekä KAJ- ja MAJ-varastoissa. MAJ-varaston yhteydessä on lisäksi komponenttivarasto suurikokoisten matala-aktiivisten komponenttien välivarastointiin.

Kokoonpuristuva matala-aktiivinen huoltojäte pakataan jätetyynyreihin hydraulisella puristimella, minkä jälkeen tynnyrit puristetaan puoleen niiden korkeudesta, pitäen niiden halkaisija alkuperäisenä. Kokoonpuristumaton matala-aktiivinen jäte, kuten metalliromu mukaan lukien prosessivesien puhdistuksen suodatinsauvat, pakataan suoraan betonilaatikoihin. Komponenttien tilavuutta voidaan pienentää kokoonpuristamalla (putket) tai romunmurskaimella (puu, eristyspellit ja kaapeliromu).

OL1:n, OL2:n ja KPA-varaston vesienpuhdistuksessa käytetyt, voimakkaasti kontaminoituneet ioninvaihtohartsit kiinteytetään sekoittamalla ne bitumiin. Sekoituksen jälkeen homogeeninen tuote pakataan 200 litran tynnyriin. Nesteet ja lietteet käsitellään alipainehaihduttimella, minkä jälkeen väkevöitynyt konsentraatti kiinteytetään suoraan 200 litran tynnyriin käyttäen jätteen kemiallisista ominaisuuksista riippuen joko betonia tai tarkoituksenmukaista erikoisementtiä. Lietteitä voidaan myös bitumoida yhdessä käytettyjen ioninvaihtohartsien kanssa. Valvonta-alueelta kerätyt jäteöljyt laskeutetaan kiintoaineista sekä suodatetaan. Puhdistettu öljy vapautetaan valvonnasta kierrätettäväksi. Aktiiviset jäteöljyt ja öljyiset lietteet kiinteytetään 200 litran tynnyriin käyttäen erikoisementtejä.

OL3-laitokselta syntyvän kuivan kiinteän jätteen, käsittäen kunnossapitajätteen ja metalliromun, on arvioitu olevan samanlaista kuin OL1- ja OL2-yksiköillä. Myös jätteen aktiivisuus ja muut ominaisuudet ovat samankaltaisia. Jätteen käsittelyyn käytetään samoja menetelmiä kuin OL1- ja OL2-laitosyksiköillä on käytössä, lukuun ottamatta suodatinpatruunoita, jotka pakataan sellaisenaan 200 litran tynnyreihin erityistä suodattimenvaihtolaitteistoa käyttäen. Prosessi- ja jätevesienpuhdistuksessa käytettävät ioninvaihtohartsit sekä puhdistuksessa syntyvät jäteliuokset ja -lietteet kuivataan alipaineen avulla suoraan 200 litran loppusijoitustynnyriin ilman väli- tai lisäaineita. OL3:n valvonta-alueella kerätyt jäteöljyt käsitellään yhdessä OL1:n ja OL2:n jäteöljyjen kanssa.

Käsitellyt ja pakatut voimalaitosjätteet kuljetetaan loppusijoitettavaksi VLJ-luolaan. VLJ-luola otettiin käyttöön vuonna 1992 ja se käsittää kaksi 60–100 metrin syvyyteen rakennettua jätesiiloa, MAJ-siilon matala-aktiiviselle ja KAJ-siilon keskiaktiiviselle jätteelle. VLJ-luola suunniteltiin ydinvoimalaitosyksiköiden OL1 ja OL2 40 vuoden käyttöiän aikana kertyville matala- ja keskiaktiivisille jätteille. Toimintojen kehittämisen kautta on kuitenkin pystytty vähentämään syntyvän voimalaitosjätteen määrää sekä parantamaan voimalaitosjätteen pakkaamisen tilavuustehokkuutta, ja nykyinen käytössä oleva siilotilavuus vastaa OL1:n ja OL2:n suunnitellun 60 vuoden käyttöiän aikana kertyvän voimalaitosjätteen määrää. Jätteiden sijainnit, määrät ja aktiivisuustasot on esitetty vuosittaisissa raporteissa (Posiva 2016a, 2017b ja 2018).

OL3:n käytössä sekä kaikkien voimalaitosten käytöstäpoistossa syntyvä voimalaitosjäte vaatii lisätilojen rakentamista tulevaisuudessa. OL3:n käytön alkaessa ennen OL1:n ja OL2:n käytöstäpoistoa on OL3:n voimalaitosjätteitä tarkoitus sijoittaa ensimmäisessä vaiheessa jo olemassa oleviin OL1:n ja OL2:n voimalaitosjätteille suunniteltuihin siiloihin. VLJ-luolan käyttöluvan ehtoja muutettiin vuoden 2012 lopussa muun muassa mahdollistamaan OL3:n voimalaitosjätteiden loppusijoitus. Lisäksi VLJ-luolaan voidaan sijoittaa myös sosiaali- ja terveysministeriön hallinnoimia terveydenhuollon, puolustusvoimien ja yliopistojen radioaktiivisia pienjätteitä. VLJ-luolan nykyisen loppusijoituskapasiteetin odotetaan riittävän 2030-luvulle.

OL3:n kuivatun jätteen kemiallinen koostumus poikkeaa merkittävästi väliaineeseen kiinteytetyn jätteen koostumuksesta. Kuivattu jäte koostuu pääasiassa epäorgaanisista suoloista, jotka vapautuvat herkästi joutuessaan vesiympäristöön ja kiihdyttävät jäte- ja loppusijoituspakkausten sekä loppusijoitusluolan rakenteiden korroosiota. TVO on selvittänyt alustavasti vaihtoehtoja OL3:n keskiaktiivisen jätteen loppusijoituskonseptiksi. Selvitysten mukaan kuivatun jätteen loppusijoitus nykyisiin tai nykyisen kaltaisiin loppusijoitustiloihin on mahdollista vain, mikäli jätetynnyrit nykyisten teknisten leviämisseiden lisäksi ympäröidään betonilla niin, että tynnyristä aikanaan vapautuvat sulfaatti- ja magnesiumyhdisteet sitoutuvat siihen kokonaan. Toisena vaihtoehtona tehdyissä selvityksissä oli keskiaktiivisten jätteiden välivarastointi ja loppusijoitus myöhemmin rakennettavaan VLJ-luolan laajennukseen. Tässä vaihtoehdossa OL3:n kuivatun jätteen koostumus voidaan huomioida jo siilojen suunnitteluperusteissa niin, että tarvittavat lisärakenteet tai jälkibetonointiratkaisut voidaan sijoittaa loppusijoitustilaan tai sen välittömään yhteyteen jo rakennusvaiheessa. Välivarastointi voidaan toteuttaa OL3:n jäterakennuksen tynnyrivarastossa ja edelleen KAJ-varastolla, joka on alun perin suunniteltu OL1:n ja OL2:n bitumoidun jätteen välivarastointiin ennen loppusijoitustilojen käyttöönottoa. VLJ-luolan laajennuksen tarkemmat tutkimukset tehdään lähempänä laajennusajankohtaa 2020-luvulla.

Jätteen syntymistä on Olkiluodossa pyritty ehkäisemään ja jätteenkäsittelyä on kehitetty sekä teknisten parannusten että ostettujen käsittelypalvelujen avulla. Merkittävimpiä voimalaitosjätteen käsittelyn projekteista ovat olleet ruotsalaisen Studsvik AB:n (nykyisin Cyclife Sweden AB) toteuttamat suurten käytöstäpoistettujen komponenttien romutusprojektit. Käsittely perustuu sulatukseen, jonka esikäsittelynä komponentit pilkotaan ja suurimmat aktiivisuudet dekontaminoidaan pinnoilta kuulapuhaltamalla. Prosessin yhteydessä otetaan talteen kaikki jätteen sisältämät radioaktiiviset aineet ja ne palautetaan Olkiluotoon. Palautuva jäte koostuu kuulapuhallus- ja leikkausjätteestä, suodattamista ja muusta käsittelyn sekundäärijätteestä sekä radioaktiivisista valuharkoista. Prosessissa erotettu puhdas tai hyvin lievästi kontaminoitunut metallijäte vapautetaan valvonnasta Ruotsissa kierrätykseen.

Olkiluodosta on lähetetty Studsvikiin käytöstäpoistettuja metallikomponentteja kahdessa erässä vuosina 2010 ja 2012. Ensimmäisessä erässä romutettavaksi lähetettiin vuonna 2005 ja 2006 käytöstäpoistetut välitulustinlohkot. Lähetyksen kokonaistilavuus oli noin 1 040 m³ ja paino 704 tonnia. Jäte-erän käsittelystä sekundäärijätteenä palautettiin metallikokilleja ja käsittelyjätettä yhteensä noin 75 m³ ja 75 tonnia. Käsittelyllä saavutettiin lähes 93 prosentin säästö loppusijoitustilavuudessa tilavuudenpientymiskertoimen oltua lähes 14.

Toisessa erässä käsittelyyn toimitettiin kaikkiaan 1 072 200 kg metalliromua, pääasiassa käytöstäpoistettujen turbiinien osia. Sekundaarijätteenä Olkiluotoon loppusijoitettavaksi palautettiin 54 350 kg käsittelyjätettä, 2 286 kg huoltojätettä sekä 30 323 kg metallikilleja. Loppusijoitettuna sekundaarijätteen määrä vastaa noin 30 m³ tilavuutta. Käsitellyllä saavutettiin loppusijoitettavan jätteen massan aleneminen noin kahdeksaan prosenttiin alkuperäisestä. Käsiteltyjen komponenttien geometria huomioiden vaadittava loppusijoitustilavuus aleni suhteessa vielä tätä enemmän.

Vuonna 2018 on tarkoitus toimittaa Cyclife Sweden AB:lle Studsvikiin käytöstäpoistettuja metallikomponentteja käsittelyyn, jossa käsitellään vuosina 2017 ja 2018 suurissa vuosihuolloissa vaihdettuja komponentteja. Alustavasti suunnitelmassa on lähettää seuraavalla ohjelmakaudella käsiteltäväksi ainakin noin 420 tonnia romua.

Voimalaitosjätteen loppusijoitustilaa valvottiin edelliselläkin ohjelmakaudella osana OL1-laitosyksikön valvontaa ja tilaa on monitoroitu vuonna 2005 laaditun tutkimus- ja seurantaohjelman (2006–2017) mukaan (Hagros ym. 2005). Monitoroinnin tuloksista tehtiin laajat arvioinnit (Snellman & Hellä 2016, 2017a, 2017b, Hankiola ym. 2017) uuden seurantaohjelman (Paaso ym. 2018) perustaksi vuosiraporttien (Johansson 2016–2018, Lehtonen 2016, Lehtonen & Weckman 2017, Nevalainen & Weckman 2018) lisäksi.

3.1.4 Käytöstäpoistosuunnittelu

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosta syntyvän jätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuusanalyysin päivitys on viimeksi tehty vuoden 2008 aikana. Käytöstäpoistosuunnitelma on päivitetty edellisen kerran vuonna 2014. YEL:n mukaisesti käytöstäpoistosuunnitelma päivitetään vähintään kuuden vuoden välein eli seuraavan kerran viimeistään vuonna 2020. OL3:n käyttöluvan hakemisen yhteydessä jätettiin OL3-yksikön erillinen käytöstäpoistosuunnitelma, joka päivitettiin vuonna 2017 kustannusten osalta. Jatkossa käytöstäpoistosuunnitelma tulee olemaan yhteinen dokumentti OL1-, OL2- ja OL3-yksiköille.

Käytöstäpoistoeselvitykset tähtäävät purkusuunnitelman teknis-taloudelliseen kehittämiseen ja loppusijoituksen turvallisuusarvion lähtötietojen tarkentamiseen. Reunaehdot käytöstäpoistosuunnitelmien laadinnalle asetetaan lainsäädännössä ja viranomaisohjeissa (YVL-ohjeet D.4 ja D.5).

Vuoden 2014 käytöstäpoistosuunnitelman lähtökohdat ovat OL1- ja OL2-laitosyksiköiden 60 vuoden käyttö ja viivästetty käytöstäpoisto 30 vuoden valvotun säilytyksen jälkeen ja OL3-laitosyksikön välitön purku OL1- ja OL2-laitosyksiköiden purun jälkeen. Esitetyt jätemäärät ja aktiivisuusarviot on arvioitu näistä lähtökohdista. Purkutyön aiheuttama kollektiivinen annos perustuu laitoksen aktiivisuustason perusteella arvioituihin annostasoihin, purkutyön kestoon sekä työmääräarvioihin. Käytöstäpoistojätteen loppusijoituksen turvallisuusperustelussa ja tilasuunnittelussa arvioitiin neljän laitosyksikön purkujätteet.

KPA-varaston purkusuunnitelmiin vaikuttaa tuleva OL3:n käytetyn polttoaineen varastointi ennen loppusijoitusta. KPA-varaston purkujätteen loppusijoittamiseksi

jättemäärät on huomioitu VLJ-luolan tilasuunnittelussa, mutta aikataulullisesti KPA-varaston purkujätteen loppusijoitus VLJ-luolaan ei todennäköisesti ole tarkoituksenmukaista. KPA-varaston purkujätteen loppusijoitukseen on esitetty kaksi muuta vaihtoehtoa. Ensimmäisenä vaihtoehtona on esitetty loppusijoitus käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitoksen yhteyteen, mitä on tarkoitus selvittää yhteistyössä Posivan kanssa. Toisena vaihtoehtona on KPA-varaston purkujätteen loppusijoitus Olkiluodon maaperään. Tehdyn alustavan selvityksen mukaan maaperäloppusijoitus KPA-varaston purkujätteelle voitaisiin toteuttaa turvallisesti ja kustannustehokkaasti. KPA-varaston käytöstäpoistoa tullaan selvittämään tarkemmin käytöstäpoistosuunnitelman seuraavassa päivityksessä.

3.2 Olkiluodon voimalaitoksen jätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteet 2019–2024

Olkiluodon voimalaitoksen voimalaitos- ja käytöstäpoistojätehuollon tutkimus- ja kehitystoimenpiteillä on seuraavalla ohjelmakaudella kolme päätavoitetta:

- olemassa olevien jätehuoltomenettelyjen kehittäminen ja parantaminen,
- jätehuollon optimointi turvallisuuden ja taloudellisen kannattavuuden osalta, sekä
- loppusijoitustilojen pitkäaikaisvakaudesta varmistuminen.

Tärkeä tutkimus- ja kehitystyön tavoite on jätteen määrän pienentäminen loppusijoitustilojen riittävyuden ja käytettävyyden varmistamiseksi. Tätä varten on käynnistetty projekti erittäin matala-aktiivisen jätteen maaperäloppusijoitukselle. Maaperäloppusijoitus siirtäisi VLJ-luolan laajennustarvetta eteenpäin MAJ-siilon osalta, koska huomattava osa tällä hetkellä MAJ-siiloon menevästä jätteestä voitaisiin laittaa maaperäloppusijoitukseen.

Työn alla on myös selvitys keskiaktiivisen jätteen käsittelystä tulevaisuudessa, jolla saataisiin mahdollisesti ratkaistua myös OL3:n kuivatun keskiaktiivisen jätteen loppusijoitettavuus.

Lisäksi alan kehitystä seurataan Euratomin THERAMIN (Thermal treatment for radioactive waste minimisation and hazard reduction) hankkeen loppukäyttäjryhmässä (THERAMIN 2018).

Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi perustuvat jo käytössä oleviin menettelyihin. Tarvittaessa, esimerkiksi polttoaineissa tapahtuvien muutosten yhteydessä, tehdään tutkimus- ja kehitystyötä, joilla muutosten merkitystä selvitetään.

Käytöstäpoistosuunnitelmaa kehitetään asteittain kohti lopullista purkusuunnitelmaa, jonka mukaan käytöstäpoisto voidaan aikanaan toteuttaa.

Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen edellyttämässä aiheissa tehdään kiinteää tutkimusyhteistyötä Posivan ja Fortumin kanssa. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen tutkimus- ja kehitystehtäviä ja toteutussuunnitelmia kuvataan tämän ohjelman luvuissa 4–5.

3.2.1 Käytetyn polttoaineen käsittely ja varastointi

Keskeinen tutkimustavoite polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin osalta liittyy palamannostoon ja kriittisyysturvallisuuden arviointiin. Palamannoston teknisten ja kustannusvaikutusten arviointi edellyttää

- kansainvälisten tutkimusohjelmien puitteissa tehtäviä koesäteilytyksiä tutkimusreaktoreissa ja laitoskokeissa sekä jälkilämmön laskentaa, joiden avulla mahdollisuudet palamannostoon ja vastaavasti tarvittava jäähtymisaika määritetään,
- palamannoston aiheuttamien, polttoaineen käsittelyyn ja varastointiin liittyvien tekijöiden selvittämistä viranomaishyväksynnän mukaisesti, sekä
- tulevaisuudessa mahdollisten palama-arvojen määrittämistä optimointiprosessina.

TVO:n tavoitteena on hyväksyttävä OL1- ja OL2-laitosyksiköillä käytössä oleville nippu-typeille (nyt hyväksytty maksimipalama 50 MWd/kgU) nippukohtaiseksi poistopalamaksi edellistä ohjelmakautta korkeampi maksimipalama 55 MWd/kgU. Tästä syystä TVO:lla on käynnissä koenippuohjelmia, joissa yksittäisten nippujen palamat nousevat arvoon 55 MWd/kgU. Seuraavan palamankorotuksen aikataulua ei ole vielä päätetty. Lisäksi TVO:n tarkoituksena on kasvattaa poistopalamaa laitoksen kaksivuotisilla käyttöjaksoilla, arviolta vuonna 2022. Palaman korottaminen edellyttää joidenkin turvallisuusanalyysien päivittämistä sekä polttoaineen tutkimusohjelman laatimista ja toteutusta.

Seuraavalla ohjelmakaudella 2019–2024 jatketaan selvitystä palamannoston vaikutuksista ydinjätehuoltoon ja sen kokonaiskustannuksiin jäähdytysajan ja palamannoston optimoimiseksi. Posivan käytetyn polttoaineen loppusijoituksen kriittisyysturvallisuusanalyysissä sovelletaan palamahyvitystä. Selvitykset palamahyvityksen soveltamiseksi myös käytetyn polttoaineen väli-varastoinnin kriittisyysturvallisuusanalyysissä ovat ajankohtaisia seuraavalla ohjelmakaudella. Lisäksi KPA-varaston jälkilämmönpoiston kapasiteettia nostetaan.

Vuonna 2017 lähetettiin neljä polttoainesauvaa Studsvik Nuclear AB:lle Studsvikiin tutkittavaksi. Yksi sauvoista oli vuonna 2016 vuotavaksi todettu sauva. Sauvoista tullaan ottamaan näytteitä mm. Posivan käytetyn polttoaineen radiokemiallisiin isotooppi-mittausten projektiin ja tuloksia odotetaan seuraavalla ohjelmakaudella.

TVO osallistuu OECD/NEA:n työryhmään "Working Party on Nuclear Criticality Safety" (WPNCs) ja sen asiantuntijaryhmiin, joissa käsitellään kriittisyysturvallisuuteen liittyviä teknisiä ja tieteellisiä asioita. TVO:n osallistumista WPNCs:n ja sen asiantuntijaryhmien toimintaan jatketaan tulevina vuosina seuraavalla ohjelmakaudella. Myös kansallisessa SAFIR2018-tutkimusohjelmassa on käsitelty palamahyvitystä.

Käytetyn polttoaineen onnettomuus- ja pitkäaikaisturvallisuuden arvioinnin lähtötiedoiksi tarvitaan

- isotooppikoostumusten mittauksia, joita tehdään kansainvälisenä yhteistyönä (käynnissä),
- selvitys niistä uusien polttoainetyyppien materiaaliominaisuuksista, joilla on merkitystä loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen (valmis), ja

- loppusijoitettavan polttoaineen fissiokaasujen vapautumismääräarviot eri nippu-tyypeillä (käynnissä).

Polttoaineen siirto Olkiluodon alueella ei aiheuta merkittäviä tutkimustarpeita, vaan siirroissa tullaan soveltamaan jo käytössä olevia ratkaisuja.

Posivan aloittama käytetyn polttoaineen radiokemiallisiin isotooppimittauksiin liittyvä projekti jatkuu vuoteen 2020 asti. Projektissa tutkitaan Olkiluodossa ja Loviisassa säteilytettyjen sauvojen isotooppikoostumusta. Projektin tutkimustuloksia hyödynnetään nuklidi-inventaarin varmentamisessa, laskentaohjelmien kelpoistamisessa sekä jälkilämpötehon laskennassa.

Loppusijoituksen kannalta on tärkeää tuntea käytön aikana mahdollisesti rikkoontuneiden sauvojen mahdolliset uudet käsittely- ja pakkaustavat. Seuraavalla ohjelmakaudella selvitetään OL1:lla ja OL2:lla varastoitujen rikkoontuneiden sauvojen vaihtoehtoisia pakkaustapoja kapselointia ja loppusijoitusta varten, tarvittaessa tutkimusta jatketaan ja hyödynnetään yhteistyötä.

Lisäksi vuoteen 2025 asti on suunniteltu uusien teknologioiden kehityksen seurannan jatkamista rikkoontuneiden sauvojen pakkaamiseksi.

Myös FiDiPro-hankkeen tuloksia hyödynnetään käytetyn polttoaineen verifiointiin ja karakterisointiin KPA-varastoinnin jälkeen. Mahdolliseen jatkohankkeeseen osallistutaan tarpeen mukaan.

3.2.2 Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus

VLJ-luolan tilaa seurataan ja monitoroinnissa noudatetaan Olkiluodon VLJ-luolan uutta kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelmaa vuosille 2018–2027 (Paaso ym. 2018) kalliomekaniikan, hydrologian, hydrogeokemian ja ilmanlaadun osa-alueilla. Seuranta tehdään pitkäaikaisvaikutusten arvioimiseksi ja lähtötietojen tuottamiseksi käytöstäpoistosuunnitelmaan sekä VLJ-luolan määräaikaisen turvallisuusarvion turvallisuusperusteeseen. Lisäksi seuranta palvelee VLJ-luolan työ- ja säteilyturvallisuutta. Uuden seurantaohjelman myötä otetaan käyttöön myös seuranta-arvoja tärkeimmille hydrologian ja pohjavesikemian seurantaparametreille. Ohjelman mukaista perusohjelmaa toteutetaan vuosittain ja laajan seurantaohjelman mukaiset kalliomekaniikan ja hydrologian mittaukset sekä pohjavesinäytteenotot niitä edeltävine kennostomittauksineen tehdään viiden vuoden välein vuosina 2020 ja 2025. Seurannan tulokset raportoidaan vuosittain.

VLJ-luolassa on käynnissä lisäksi VLJ-luolan rakenteiden pitkäaikaisturvallisuuden varmistamiseen sekä luolan sulkemisen jälkeisen tilan arviointiin tähtääviä koeohjelmia, jotka jatkuvat seuraavalla ohjelmakaudella. Vuonna 1997 aloitetussa kaasunkehityskokeessa tutkitaan matala-aktiivisen huoltojätteen mikrobiologisen hajoamisen aikaansaama nopeaa kaasunkehitystä. Jätteiden hajoamisesta johtuva kaasunmuodostus on yksi tärkeä vuorovaikutus, joka on otettava huomioon voimalaitosjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysia tehtäessä. Nopea kaasunkehitys voisi aiheuttaa edelleen esimerkiksi kontaminoituneen veden pumppautumisen MAJ-siilosta ympäristöön (Nykyri ym. 2002). Kaasunkehityskokeen

koejärjestelystä annetaan näytteitä ja tuloksia KYT2018-ohjelmaan (MAKERI). Euratomin MIND-hankkeessa (Microbes In Nuclear waste Disposal) hyödynnetään myös koeohjelmasta saatavaa tietoa (MIND 2018). Kaasunkehityskokeen jatkotoimet käynnistetään vuoteen 2020 mennessä, kun siihen liittyvät tutkimushankkeet (mm. Small ym. 2017, Rajala 2017) on saatu päätökseen vuonna 2019 ja tulosaineistot päätelmiseen ovat käytettävissä. STUKin myöntämä poikkeuslupa VLJ-luolan turvallisuusteknisistä käyttöehdoista poikkeamiselle kaasunkehityskokeen jatkamiseksi on voimassa 2027 asti.

Betonin pitkäaikaiskestävyyskokeista laadittujen tutkimusten hyödyntäminen KAJ-siilon betonirakenteen tiiviyyden arvioimiseksi pitkällä aikavälillä selvitetään jatkohankkeissa mahdollisuuksien mukaan seuraavalla ohjelmakaudella. Kokeita liuosten tunkeutumisesta betonin koekappaleisiin sekä metallisen purkujätteen liukenevuuden tutkimuksia jatketaan pitkäaikaisvaikutusten arvioimiseksi. Betonitutkimuksen tutkimusallat sijaitsevat VLJ-luolan tutkimustunnelissa, jossa koekappaleiden testauksia jatketaan määrävälein. Lisäksi kairarei'issä VLJ-KR20 ja YD10 sijaitsevien betoninäytteiden tutkimusohjelmia arvioidaan ja näytteenotot tutkimuksia varten tehdään tarpeen mukaan.

VLJ-luolan kairareikiin VLJ-KR9, VLJ-KR19 ja VLJ-KR21 sijoitettujen sinkittyjen teräs- ja sinkkilevynäytteiden ja hiiliteräsnäytteiden avulla tehdyt tutkimukset purkujättemetallien korroosiosta loppusijoitusolosuhteita simuloivissa olosuhteissa jatkuvat niin kauan, kuin näytteitä on kairarei'issä (Carpén ym. 2017).

Tutkimukset ovat kytkeytyneet myös KYT2018-ohjelman CORLINE- ja Geobiokierto-hankkeisiin. Suurin osa KYT2018-hankkeista päättyy 2019 (Rasilainen 2015). Korroosionopeuden on todettu vaihtelevan runsaasti eri näytteenottojen välillä, joten todennäköisesti seuraava näytteenotto ajoittuu jo seuraavalle ohjelmakaudelle eikä alkuperäisen tutkimusohjelman mukaisesti 25 vuoden säilytyksen jälkeen (noin vuonna 2025). Seuraavalla ohjelmakaudella tulee ajankohtaiseksi päivittää purkujättemetallien tutkimusohjelma ja määrittää mahdolliset lisänäytetarpeet. Etenkin kairarei'ässä VLJ-KR9 olevia sinkkinäytteitä ja sinkittyjä teräsnäytteitä on rajallinen määrä käytettävissä näytteenottoja varten. Myös mahdollisten uusien materiaalien (esimerkiksi ruostumattomia teräsnäytteiden) sijoittamista kairareikiin (VLJ-KR19 tai VLJ-KR21) harkitaan, mikäli kairareikien hydrogeokemialliset olosuhteet tätä puoltavat.

Sinkkitutkimusten (VLJ-KR9) tulosten perusteella on katsottu tarpeelliseksi toteuttaa tutkimustunneliin asennetun kalliopultin irtikairaus sinkittyjen harjateräspulttien tilan määrittämiseksi sinkin korroosion ja katodisen suojavaikutuksen osalta. Irtikairaus on suunniteltu toteutettavaksi vuosina 2018–2019, minkä jälkeen päätetään mahdollisista uusista irtikairauksista.

Purkujättemetallien tutkimustuloksia hyödynnetään myös arvioitaessa purkujättemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta aiheutuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista.

3.2.3 Käytöstäpoistosuunnittelu

TVO on mukana rahoittamassa ja seuraamassa yhdessä kansallisen ydinturvallisuusohjelman (SAFIR) ja Energiforskin kesken toteutettavaa käytöstäpoistotutkimusta. Projekti kulkee SAFIR-ohjelmassa nimellä BRUTE ja Energiforskin ohjelmassa nimellä BREDA. Tutkimuksessa selvitetään etupäässä Barsebäckin ydinvoimalaitoksen reaktorin paineastian ja primääripiirin metallirakenteiden muutoksia ja säteilyn pitkäaikaisvaikutuksen aiheuttamaa kuormitusta niihin. Projektissa hyödynnetään VTT:n ydinturvallisuustalon kuumakammioita ja tulokset analysoidaan yhdessä ruotsalaisten kanssa.

TVO:n oma tutkimus on selvitysluontoista ja tukee käytöstäpoistosuunnittelua ja kustannusten arviointia. Vuosien 2019–2024 aikana jatketaan ja tarkennetaan aikaisemmissa käytöstäpoistosuunnitelmissa tehtyjä selvityksiä seuraavaa käytöstäpoistosuunnitelman päivitystä varten. Oleellinen osa työstä liittyy OL3:n mukaan ottamiseen käytöstäpoistosuunnitelmaan, jolloin viimeistään vuonna 2020 laadittava suunnitelma sisältää OL1-, OL2- ja OL3-yksiköitä koskevat suunnitelmat.

OL1- ja OL2-laitosyksiköiden vuosihuoltojen yhteydessä on suurten komponenttien vaihdossa saatu kokemuksia matala-aktiivisen metallijätteen sulatuksesta ulkomailla (Cyclife Sweden AB:lla, Studsvikissa Ruotsissa). Hyvien kokemusten pohjalta kannattaa metallien käsittelyn mahdollisuuksia selvittää myös käytöstäpoistosuunnitelmissa. Kun menettelyä käytetään hyvin matala-aktiiviselle metallijätteelle, helpottuu mm. valvonnasta vapauttaminen, koska käsittelyn aikana sulatettujen komponenttien aktiivisuuspitoisuus voidaan määrittää tarkasti. Menettely tuottaa lisäkustannuksia nykyiseen käytöstäpoistosuunnitelman kustannusarvioon verrattuna, mutta toisaalta kustannuksia laskeva tekijä on tarvittavan loppusijoitustilan pieneneminen.

Käytöstäpoistosuunnitelman seuraava päivitys osuu tulevalle ohjelmakaudelle. OL1:n ja OL2:n sekä soveltuvin osin OL3:n osalta tarkentavaa tutkimusta tulee tehtäväksi seuraavilta osa-alueilta:

- Jätteiden aktiivisuusarvioiden kehittämistä jatketaan mittausohjelmaa jatkamalla.
- Dekontaminoinnin tarkastelua jatketaan, ottaen huomioon ohjeen YVL D.4 asettamat vaatimukset. Kokemukset käytöstäpoistettujen komponenttien käsittelystä Cyclife Sweden AB:lla Studsvikissa ovat olleet hyviä.
- Käytöstäpoiston toteutusvaiheita ja eri vaiheissa mm. laitosdokumentaatiolle ja laitoksen järjestelmille asetettavia vaatimuksia tarkennetaan.
- Käytöstäpoiston logistiikan (eri työvaiheiden yhteensovittaminen) alustava suunnittelu käynnistetään.
- Jätteiden karakterisointi ja menetelmät maa-alueiden ja rakennusten valvonnasta vapauttamiseksi ovat kehityskohteina mm. OECD/WPDD:ssä (Decommissioning and dismantling -työryhmä), jonka toimintaa seurataan.
- Metallien kierrätyksen hyödyntämisestä kootaan kokemuksia ja mahdollisuuksia tarkastellaan.
- Purkujätteiden loppusijoituksen turvallisuusperustelua tarkennetaan lähtötietojen tarkentuessa.

Lisäksi seurataan käytöstäpoistotekniikoiden kehittymistä ja käytöstäpoistohankkeista saatavia kokemuksia. Erityisesti seurataan VTT:n FiR1-tutkimusreaktorin käytöstäpoistohanketta ja siitä saatuja kokemuksia.

4 KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUSVALMISTELUJEN TILANNE

4.1 Periaatepäätökset ja luvat

4.1.1 Periaatepäätökset

Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamiseen liittyen Posiva haki 26.5.1999, 23.11.2000 ja 25.4.2008 päivätyissä kolmessa hakemuksessaan ydinenergialain 11 §:ssä tarkoitettua valtioneuvoston periaatepäätöstä käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamiseksi Eurajoen Olkiluotoon niin, että siellä voidaan käsitellä ja sinne voidaan loppusijoittaa Fortumin kahden laitosesikön ja TVO:n neljän laitosesikön käytettyä ydinpolttoainetta enintään yhteensä 9 000 uraanitonnia vastaava määrä.

Valtioneuvosto teki hakemusten perusteella kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamisesta periaatepäätökset 21.12.2000, 17.1.2002 ja 6.5.2010, jotka eduskunta on päättänyt jättää voimaan 18.5.2001, 24.5.2002 ja 1.7.2010. Vuonna 2000 tehty periaatepäätös koski Suomen neljän käytössä olevan ydinvoimalaitosesikön (LO1 ja LO2 sekä OL1 ja OL2) toiminnassa syntyvää käytettyä ydinpolttoainetta, jonka uraanimäärä kokonaisuudessaan on enintään noin 4 000 tonnia. Vuonna 2002 tehty periaatepäätös loppusijoituslaitoksen rakentamisesta laajennettuna koski TVO:n OL3-yksikön käytettyä ydinpolttoainetta määrältään enintään 2 500 uraanitonnia. Vuonna 2010 tehty periaatepäätös loppusijoituslaitoksen rakentamisesta laajennettuna koski TVO:n Olkiluoto 4 -laitosesikön käytettyä ydinpolttoainetta enintään 2 500 uraanitonnia vastaavalla määrällä. Tämä periaatepäätös raukesi 30.6.2015, kun TVO ei jättänyt rakentamislupahakemusta Olkiluoto 4 -laitosesikölle.

Fortum haki periaatepäätöstä Loviisa 3 -laitosesikölle vuonna 2010 ja samassa yhteydessä Posiva haki periaatepäätöstä kyseisen laitosesikön käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukselle. Koska Loviisa 3 -laitosesikön periaatepäätöshakemus hylättiin, hylättiin myös hakemus laitosesikön ydinpolttoaineen loppusijoittamiselle.

Posivalla on voimassa olevat periaatepäätökset OL1-3- ja LO1-2-laitosesiköiden käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamista varten, yhteensä 6 500 uraanitonnia.

4.1.2 Rakentamislupa

Posiva jätti ydinenergialain (YEL, 990/1987) 18 §:n mukaisen hakemuksen Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamiseksi valtioneuvostolle 28.12.2012. Samassa yhteydessä Posiva toimitti STUKille ydinenergia-asetuksen 35 §:n ja valtioneuvoston asetuksen (VNA, 736/2008) 16 §:n mukaiset asiakirjat Posivan ydinjätelaitosten ja niiden toiminnan kuvaamiseksi turvallisuuden kokonaisarviointia varten.

STUK teki TEM:n pyynnöstä turvallisuusarvionsa (1/H42212/2013, 11.2.2015) rakentamislupahakemusaineistosta. Turvallisuusarviossaan STUK antoi arvionsa

kattavasti ydinjätelaitosten käyttöturvallisuudesta ja rakentamisesta, käyttöönotosta ja käytöstä, käytöstäpoistosta ja sulkemisesta sekä pitkäaikaisturvallisuudesta. STUKin mukaan Posivan esittämät suunnitelmat olivat rakentamislupavaiheessa riittäviä ja asianmukaisia, mutta se esitti turvallisuusarviossaan kuitenkin yhteensä seitsemän huomiota ja rajausta, jotka tulee ottaa huomioon ennen rakentamisen aloittamista, sen aikana ja käyttölupahakemukseen mennessä. STUK on tarkentanut huomioitaan Posivalle toimittamassaan mm. alustavaa turvallisuusselostetta koskevassa päätöksessään (1/H42241/2012, 10.2.2015, myöhemmin PSAR-päätös) ja turvallisuusperustelua koskevassa päätöksessään (1/H42252/2015, 10.2.2015, myöhemmin turvallisuusperustelupäätös).

Posivalle myönnettiin 12.11.2015 periaatepäätösten mukaisesti rakentamislupa käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle – enintään 6 500 tonnia uraania vastaavalle määrälle – sekä edellä mainitun laitoksen toiminnasta syntyvälle käyttö- ja käytöstäpoistojätteen loppusijoitustilalle.

STUK teki Posivalle vuoden 2016 aikana sarjan tarkastuksia, joiden päämääränä oli varmistaa Posivan valmius aloittaa ydintekninen rakentaminen. Näitä tarkastuksia kutsuttiin rakentamisvalmiuden tarkastuksiksi. Marraskuun lopulla STUK totesi lausunnossaan TEM:ille, että Posivalla on valmius aloittaa loppusijoituslaitoksen rakentaminen.

STUK todensi 2.12.2016 Posivan rakentamisluvan alaisen rakentamisen alkaneen ja toimitti lausuntonsa 15/H42212/2016 Posivan rakentamisvalmiudesta ja rakentamisen aloittamisesta TEM:iin 9.12.2016. TEM teki STUKin arviosta oman tiedotteensa 21.12.2016, jossa totesi rakentamisluvan (12.11.2015) ehtojen mukaisen rakentamisen alkaneen.

4.1.3 Käyttölupa

Posiva aloitti valmistautumisen käyttölupahakemuksen jättämiseen heti rakentamisluvan myöntämisen jälkeen perustamalla käyttölupaprojektin vuonna 2016. Käyttölupaa ja käyttölupaprojektia käsitellään yksityiskohtaisemmin kappaleissa 4.11 ja 5.9.

4.2 Turvallisuuskulttuuri ja laadun hallinta

4.2.1 Turvallisuuskulttuuri

Posiva on kehittänyt turvallisuuskulttuuriaan pitkäjänteisesti ja suunnitelmallisesti. Posivalla on laadittu turvallisuuskulttuuriohjelma, jota täsmennetään vuosittain ja jossa on kerrottu toistuvat turvallisuuskulttuurin kehittämiseksi tehtävät toimenpiteet. Turvallisuuskulttuurin vuotuisessa toimenpideohjelmassa kuvataan yksityiskohtaisesti kyseisen vuoden tehtävät aikatauluineen ja vastuutahoineen sekä linjataan kehityskohdet kolmelle seuraavalle vuodelle.

Posiva raportoi turvallisuustilanteesta tunnusluvuin, joita seurataan jokaisessa johtoryhmän kokouksessa. Sekä turvallisuuden tunnusluvuista että

turvallisuuskulttuurin toimenpideohjelman etenemisestä raportoidaan säännöllisesti myös Posivan hallitukselle.

Posivan turvallisuuskulttuuriryhmä toimittaa vuosittain toimintasääntönsä mukaisesti arvionsa turvallisuuskulttuurin tilasta. Arvio perustuu kyselyihin, havaintoihin ja tutkimuksiin katsauskaudelta.

Rakentamisen tarkastusohjelman tarkastuksessa vuoden 2015 lopulla STUK edellytti Posivan arvioivan, kuinka konsernitasoinen turvallisuuskulttuuriohjelma ja turvallisuuskulttuuriryhmä vastaavat Posivan voimassa olevan johtamisjärjestelmän, turvallisuuskulttuuriohjelman sekä Posivan turvallisuuskulttuuriryhmän toimintasäännön linjauksia. Posiva laati arvionsa ja toimitti sen STUKiin alkuvuodesta 2016. Turvallisuuden viestintään ja työyhteisön kehittämiseen on perustettu konsernitasoiset työryhmät, jotka kokoontuvat säännöllisesti ja joissa on myös Posivan edustus.

4.2.2 Laadunhallinta

Organisaation yhteiset tavoitteet, toimintatavat ja säännöt muodostavat näkyvän osan turvallisuuskulttuurista. Johtamisjärjestelmään määritellyt vastuut ja valtuudet, toiminnan ja resurssien systemaattinen suunnittelu, arviointi ja kehittäminen, laadukkaat työmenetelmät ja niiden kirjalliset kuvaukset sekä prosessit mahdollistavat systemaattisen työskentelyn, jossa otetaan turvallisuus huomioon.

Posivalla tehtiin vuonna 2015 kaksi organisaatiomuutosta, joiden takia johtamisjärjestelmän ylimmän tason dokumentit eli johtamiskäsikirja ja organisaatiokäsikirja päivitettiin. Ensimmäisessä organisaatiomuutoksessa Posiva ja TVO tekivät liikkeenluovutuksen, jossa Posivan hallinnollista henkilöstöä siirrettiin TVO:lle. Jälkimmäisessä organisaatiomuutoksessa Posivan organisaatorakennetta muutettiin ohjelma- ja projektiperusteiseksi matriisiorganisaatioksi. Organisaatiomuutoksen toteutuksen jälkeisessä Rakentamisen tarkastusohjelman tarkastuksessa vuoden 2015 lopulla STUK edellytti Posivan toimittavan tiedoksi suunnitelman keskeisistä johtamisjärjestelmän ohjeista, jotka on päivitettävä organisaatiomuutoksen seurauksena. Tällainen suunnitelma laadittiin ja päivitykset ohjeisiin toteutettiin vuoden 2016 ensimmäisellä vuosipuoliskolla.

Posivan sertifioitu johtamisjärjestelmä muodostuu johtamiskäsikirjasta ja aihekohtaisista käsikirjoista. Johtamiskäsikirja antaa yleiskuvan Posivan toiminnasta, ja aihekohtaiset käsikirjat sisältävät ohjeita ja toimintasääntöjä. Johtamisjärjestelmän tehtävä on varmistaa, että Posivan kapselointilaitos ja loppusijoituslaitos täyttävät niille asetetut turvallisuusvaatimukset ja että Posivan toiminta on lainmukaista, turvallista ja kustannustehokasta.

Posivan johtamisjärjestelmässä kuvataan, kuinka Posiva määrittelee toimintansa tavoitteet ja millä menettelyillä asetetut tavoitteet tulee saavuttaa. Erityisenä tavoitteena johtamisjärjestelmän kehittämisessä on turvallisuuden ja laadun hallinta yhtiön, yhteiskunnan ja sidosryhmien vaatimusten mukaisesti. Posivan johtamisjärjestelmää kehitetään vaiheittain toiminnan mukana. Kaudella 2019–2021 johtamisjärjestelmän

kehittämisen painopiste tulee siirtymään suunnittelusta toteutukseen ja käyttöönoton valmisteluun.

Yhtenä Posivan merkittävistä tavoitteista johtamisjärjestelmän kehittämisessä on johtamisjärjestelmän ja menettelyjen integraatio ja yhteensovittaminen TVO:n kanssa. Johtamisjärjestelmien menettelyitä onkin yhdenmukaistettu toiminnan tehostamiseksi Olkiluodossa. Posivalla tulee säilymään oma laadunhallintajärjestelmä, mutta ympäristö- ja yritysturvallisuusjärjestelmien osalta ollaan pyrkimässä yhteiseen sertifioituun järjestelmään.

Johtamisjärjestelmän ja toiminnan jatkuvaan parantamiseen tähtäävät arvioinnit suunnitellaan ja tehdään säännöllisesti kohdistuen arvioinnit toiminnan turvallisuusmerkityksen mukaan. Posiva arvioi johtamisjärjestelmää sekä sisäisesti että käyttäen myös ulkoisia toimijoita arvioinneissa.

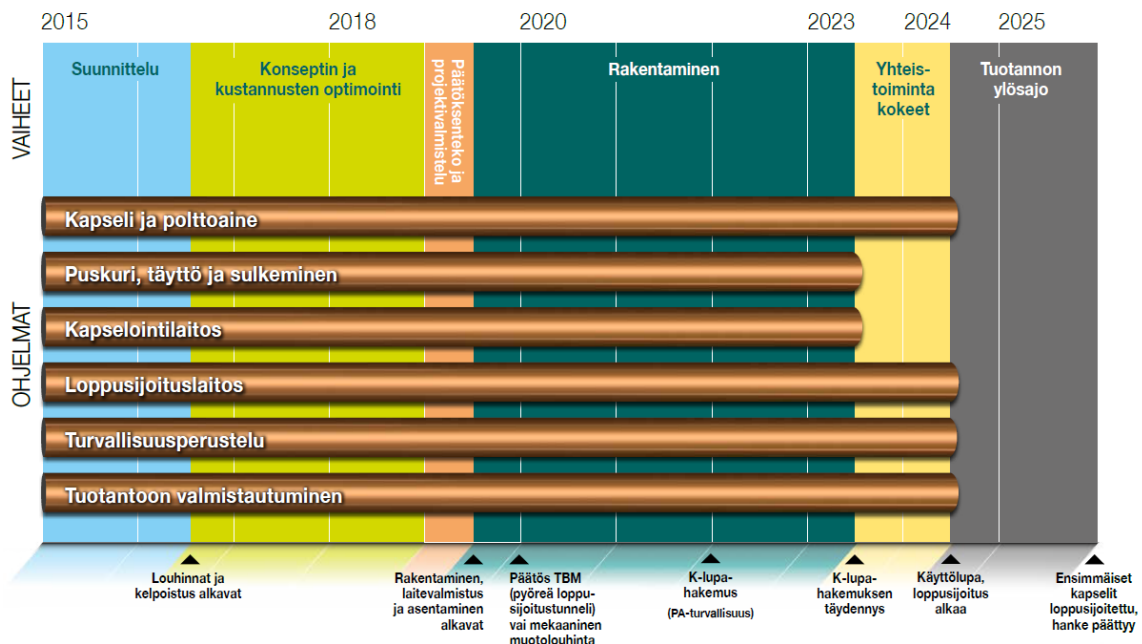
4.3 Hankesuunnitelma

Posivan hankesuunnitelmamuistio päivitettiin viimeksi kesällä 2015. Hankesuunnitelmassa ja sen liitteissä kuvataan Posivan loppusijoitukseen tähtäävän hankkeen laajuus, rakenne, aikataulu, organisointi ja johtaminen. Hankkeen valmistuttua Posivalla on valmius tuotantovaiheeseen siirtymiseen, ja varsinainen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen käyttötoiminta voi alkaa.

4.3.1 Hankkeen tavoitteet ja vaiheistus

Posivan hankkeen tavoitteena on turvallisesti ja kustannustehokkaasti loppusijoittaa ensimmäiset kapselit ja sulkea ensimmäinen tunneli. Hanke sisältää loppusijoittamisen aloittamiseksi tehtävät tutkimus- ja kehitystehtävät sekä loppusijoittamisessa tarvittavien järjestelmien, laitteiden, rakennusten ja rakenteiden suunnittelun, rakentamisen ja valmistuksen siten, että loppusijoittaminen (käyttövaihe) voidaan aloittaa. Hanke sisältää myös kapselointi- ja loppusijoituslaitosten ns. tuotannon ylösajojakson, jossa laitokset ja henkilöstö osoittavat kyvykkyyden toteuttaa käytetyn polttoaineen loppusijoitus turvallisesti ja asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

Hankkeen eteneminen oli aiemmin vaiheistettu viiteen eri vaiheeseen, mutta vuoden 2018 aikana lisättiin yksi vaihe (päätöksenteko ja projektivalmistelu). Uusi vaihe mm. mahdollistaa projektitoimintojen kehittämisen, ennen kuin loppusijoitushankkeessa siirytään louhinnoista ja suunnittelusta laajamittaiseen rakentamiseen ja valmistuksen valvontaan. Eri vaiheiden välillä arvioidaan tavoitteiden täyttyminen ja valmius siirtyä seuraavaan vaiheeseen. Alla olevassa kuvassa (4-1) on esitetty hankkeen uusi vaiheistus sekä tavoiteaikataulu, jota käytetään tarkempien aikataulujen pohjana.



Kuva 4-1. Vuoden 2018 päivitetty versio Posivan hankkeen vaiheistuksesta ja tavoiteaikataulusta. Kuvassa näkyvät myös Posivan ohjelmat, joiden puitteissa suuri osa Posivan toiminnasta tapahtuu. Ohjelmien sisältöä on kuvattu kohdassa 4.3.2.

Suunnitteluvaiheen tavoitteina olivat mm. vapautumisesteiden vaatimusmäärittelyjen ja designin jäädytykset, kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen kustannusten tarkentaminen niin, että ne perustuvat uusiin suunnitelmiin ja budjettitarjouksiin sekä määrittely siitä, mitä tehdään konseptin ja kustannusten optimointivaiheessa. Suunnitteluvaiheen tavoitteet täyttyivät ja seuraavaan vaiheeseen (konseptin ja kustannusten optimointivaihe) siirryttiin Posivan hallituksen päätöksellä elokuussa 2016.

Vuonna 2018 meneillään olevan konseptin ja kustannusten optimointivaiheen tavoitteina ovat mm. seuraavat:

- Tärkeimpien järjestelmien ja laitteiden rakennesuunnitelmat ovat valmiit ja viranomaisten hyväksymiä.
- Rakentamistoimenpiteet (alkuperäisen ONKALO-laajuuden ulkopuolelle menevä, lähempänä kapselien loppusijoitusta tapahtuvat louhinnat) on määritetty ja aloitettu vuoden 2017 aikana Valtioneuvoston rakentamislupapäätöksen mukaisesti.
- Lähtötiedot käyttöluvan pitkäaikaisturvallisuuden analyysiin (TURVA-2020) on määritetty.
- Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen liittyvät todentamiset ja kokeet on saatu päätökseen sekä konseptin hyväksyttävyydestä on varmuus (raportointia tehdään vielä tämän jälkeen).
- Loppusijoituslaitoksen, kapselointilaitoksen ja tuotantolaitosten kustannusarviot ja aikataulut perustuvat sitoviin tarjouksiin.
- Koekäytön sekä tuotantovaiheen aloitus on suunniteltu.
- Posivan organisaatio täyttää valmistus- ja rakentamisvaiheen johtamisjärjestelmään, resursseihin ja osaamiseen liittyvät vaatimukset.

Konseptin ja kustannusten optimointivaiheen jälkeen tulee vuonna 2018 lisätty päätöksenteko ja projektivalmistelu -vaihe, jonka aikana tehdään päätös siirtyä rakentamisvaiheeseen. Rakentamisvaiheen tavoitteina ovat mm. valmiit rakennukset, järjestelmät ja laitteet suunniteltuja testejä ja yhteistoimintakokeita varten, hyväksytysti tehdyt käyttöönottokokeet, valmius käyttölupahakemuksen jättämiseen vuonna 2021 sekä Posivan organisaation valmius yhteistoimintakokeisiin.

Yhteistoimintakoevaiheen tarkoituksena on mm. varmistaa, että loppusijoituskokonaisuus on hyväksytysti testattu tuotannon ylösajoa (ydintekninen koekäyttö) varten, täydennykset käyttölupahakemukseen on toimitettu ja STUK on myöntänyt käyttöluvan sekä että Posivan organisaatio täyttää ydinlaitoksen käytön johtamisjärjestelmään, resursseihin ja osaamiseen liittyvät vaatimukset.

Tuotannon ylösajo -vaiheen tavoitteena on, että ensimmäiset kapselit on turvallisesti loppusijoitettu ja ensimmäinen tunneli suljettu.

4.3.2 Hankkeen ohjelmat

Loppusijoitushanke on ositettu kokonaisuuden hallinnan varmistamiseksi kuuteen eri ohjelmaan (ks. kuva 4-1). Ohjelmat koostuvat useista projekteista tai osaprojekteista, joilla on yhteinen toiminnallinen päämäärä. Projektien tuotoksilla varmistetaan, että ohjelmalle asetetut tavoitteet ja tuotokset saavutetaan. Teollistamistoimenpiteiden tuomat muutostarpeet on huomioitu hankkeen ohjelmissa ja projekteissa. Alla on kuvattu eri ohjelmien merkittävimmät tavoitteet ja tuotokset.

Kapseli ja polttoaine -ohjelman tavoitteena on varmistaa, että loppusijoituksen alkaessa on valmiina kapseleita ensimmäisen loppusijoitustunnelin verran ja polttoainetta saatavilla kapselointilaitokseen. Polttoaineen käsittelyssä tarvittavien järjestelmien ja laitteiden sekä polttoaineen verifiointiin liittyvien mittaus- ja tarkastusmenettelyjen tulee olla kelpoistettuja ja käyttökunnossa. Kapseli ja polttoaine -ohjelman nykytila on kuvattu luvussa 4.4 ja suunnitelma vuosille 2019–2024 luvussa 5.2.

Puskuri, täyttö ja sulkeminen -ohjelman tavoitteena on varmistaa, että loppusijoituksen alkaessa on valmiina savikomponentteja ensimmäisen loppusijoitustunnelin verran. Savikomponentteja ovat kapselin ympärille asennettava bentoniittipuskuri, bentoniittipuskurin ja kallion väliin asennettavat bentoniittipelletit, loppusijoitustunnelien täyttömateriaali sekä loppusijoitustunnelin lattian tasausmateriaali. Lisäksi tunnelin täyttövaiheessa tunnelin suulle valetaan betoninen tulppa. Käyttövaiheen päättyessä, kun kaikki polttoaine on loppusijoitettu, suljetaan kaikki tilat kyseisiin kohtiin soveltuvilla materiaaleilla. Puskuri, täyttö ja sulkeminen -ohjelman nykytila on kuvattu luvussa 4.5 ja suunnitelma vuosille 2019–2024 luvussa 5.3.

Kapselointilaitos-projekti rinnastetaan toiminnassa ohjelmaksi. Projektin tavoitteena on, että kapselointilaitos on suunniteltu, kelpoistettu ja rakennettu, ja että tarvittavat laitteet on hankittu, asennettu, käyttöön otettu ja luvitettu ennen käytetyn ydinpolttoaineen kuljettamista laitokseen kapseloitavaksi. Käyttövalmius osoitetaan toteutettua laitosta vastaavalla dokumentaatiolla (YEA 33§, YEA 36§ sekä YVL A.1) sekä laitteiden, rakenteiden ja järjestelmien kelpoistusaineistolla sisältäen edellytetyt tarkastukset ja

toimintakokeet. Kapselointilaitos-projektin nykytila on kuvattu luvussa 4.6 ja suunnitelma vuosille 2019–2024 luvussa 5.4.

Myös **Loppusijoituslaitos-projekti** rinnastetaan ohjelmiin. Projektin tavoitteena on, että maanalaisen yhteistoimintakokeen alkaessa loppusijoituslaitokseen on suunniteltu ja rakennettu tarvittavat tilat koetta varten ja että järjestelmät on asennettu ja luvitettu valmiiksi vastaanottamaan hyväksytysti suljettuja kapseleita. Loppusijoituslaitos-projekti jatkuu yhteistoimintakoeajan yli siten, että siihen kuuluu myös ensimmäisten varsinaisten loppusijoitustunnelien rakentaminen ennen loppusijoituksen alkamista. Loppusijoituslaitos-projektin nykytila on kuvattu luvussa 4.7 ja suunnitelma vuosille 2019–2024 luvussa 5.5.

Turvallisuusperustelu-ohjelmalla osoitetaan paikan soveltuvuus ja loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus. Turvallisuusperustelu-ohjelman päätavoitteena on varmistua konseptin turvallisuudesta ja osoittaa se käyttölupahakemuksen yhteydessä jätettävässä turvallisuusperustelussa vuonna 2021. Ohjelman tavoitteena on myös ratkaista paikan soveltuvuuteen ja turvallisuusperusteluun liittyvät avoimet asiat. Turvallisuusperusteluohjelmaan kuuluvien projektien avulla tähdätään turvallisuusperustelun ja paikankuvauksen valmistumiseen, paikkaan liittyvien erityisten avoimien kysymysten selvittämiseen sekä loppusijoituspaikan evoluutioon liittyviin avoimiin kysymyksiin vastaamiseen. Turvallisuusperusteluohjelman nykytila on kuvattu luvussa 4.8 ja suunnitelma vuosille 2019–2024 luvussa 5.6.

Tuotantoon valmistautuminen -ohjelman (TUVVA) tavoitteena on varmistaa, että Posiva valmistautuu ajoissa ja riittävällä varmuudella käyttövaiheeseen jo laitosten rakennus-, asennus- ja käyttöönottoaikojen aikana. TUVVA-ohjelman nykytila on kuvattu luvussa 4.9 ja suunnitelma vuosille 2019–2024 luvussa 5.7.

Hankkeessa toteutetaan myös ohjelmien ulkopuolisia poikkiorganisatorisia projekteja, jotka palvelevat Posivan hankekokonaisuutta. Tällaiset projektit käyttävät useiden ohjelmien tietoja. Ohjelmien ulkopuolisia projekteja ovat mm. käyttölupaprojekti (4.1.3 ja 5.9) ja FISST (4.10 ja 5.8). Lisäksi tehdään linjatyonä jatkuvaluonteisia töitä ja tuotetaan palveluja eri projektien tarpeisiin.

4.4 Kapseli ja polttoaine

Loppusijoituskapseli koostuu kuparisesta ulkokuoresta ja pallografiittirautaisesta sisäosasta. Kapselin turvallisuustoimintona on varmistaa käytetyn polttoaineen pitkäaikainen eristäminen ympäristöstä pitämällä polttoaine tiiviiseen säiliöön pakattuna ja mahdollisissa häiriö- ja poikkeustapauksissakin rajoittaa radioaktiivisten aineiden leviämistä kapselin ulkopuolelle. Mittojen ja muotojen puolesta loppusijoituskapselin tulee olla sellainen, että siihen tarkoitettut käytetyt polttoaine-elementit ovat helposti sijoitettavissa ottaen huomioon myös polttoaineen käytön aikana tapahtuvat ulkomittojen muutokset. Kapselin lataaminen polttoaineella tulee olla suunniteltu siten, että sisältö pysyy kaikissa olosuhteissa alikriittisenä ja polttoaineesta syntyvä jälkilämpö pääsee tehokkaasti siirtymään pois.

Loppusijoituskapselien komponenttikohtaiset vaatimusmäärittelyt ja järjestelmäkuvaukset on tehty ja kapselikomponenttien rakennesuunnitelmien laadinta on meneillään. Kupariputken ja -kannen osalta toimitettiin keväällä 2017 STUKille hyväksyttäväksi rakennesuunnitelmien suunnitteluosat, joita täydennettiin vielä kesällä 2018. Kuparikomponenttien rakennesuunnitelmien valmistusosat valmistuvat vuoden 2018 loppuun mennessä. Kapselikomponenttien koevalmistuksilla on osoitettu, että vaatimusten mukaisia kapselikomponentteja kyetään valmistamaan teollisesti.

Kriittisyysturvallisuuden osoittamiseksi niin käyttötoiminnassa kuin pitkälläkin aikavälillä on tehty kattavat tarkastelut. Käytetyn polttoaineen (sekä BWR että VVER) isotooppimittaukset ovat käynnissä kahdessa tutkimuslaitoksessa. Isotooppimittausten tuloksia tarvitaan kriittisyysturvallisuusanalyysissä käytettävien ohjelmien kelpoistamiseen.

Polttoainetietokannan toimitusprojekti ja siihen liittyvän kapselin täytön optimointityökalun tutkimusprojekti ovat juuri alkaneet.

Seuraavissa luvuissa on kerrottu lyhyesti, mitä edellisen kauden aikana on tehty.

4.4.1 Käytetty ydinpolttoaine

Ohjelmakauden 2016–2018 aikana jatkettiin käytettyyn polttoaineeseen liittyvien kehityshankkeiden suunnittelua ja toteutusta käyttöluvahakemuksen jättämistä ja laitosten käyttövaihetta varten. Ohjelmakaudella aloitettiin käytetyn ydinpolttoaineen isotooppikoostumusta tutkivat radiokemialliset mittaukset, joiden tuloksia tarvitaan loppusijoituksen nuklidi-inventaarien validoinnissa sekä käyttö- ja pitkäaikaisturvallisuuden huomioivissa kriittisyysturvallisuusanalyysissä. Kriittisyysturvallisuuteen liittyviä tehtäviä jatkettiin mm. pitkäaikaisturvallisuuteen liittyvien skenaarioiden täydentämisellä ja analysoinnilla. Lisäksi kapselointilaitoksen kuivausaseman kriittisyysturvallisuusanalyysi valmistui vuonna 2018.

Polttoaineen isotooppikoostumuksen tarkka tunteminen on lähtökohta useimmille säteily- ja ydinturvallisuutta (ml. pitkäaikaisturvallisuus ja kriittisyysturvallisuus) koskeville analyyseille. Käyttöluvahakemuksessa esitettävät ydinpolttoainetietoja koskevat analyysit päivitettiin moderneilla reaktorifysiikan laskentamenetelmillä edellisen seurantakauden aikana. Analyysissä otettiin huomioon ydinpolttoaineen kertymäärviot sekä päivitetty polttoaineen lähtötiedot. Päivitystarve koski erityisesti epäpuhtauksista aiheutuvaa aktivoitumista sekä polttoaineen rakenneosien aktiivisuusinventaaaria. Päivitettyjä isotooppikoostumuksia käytetään ohjelmakaudella 2019–2021 tehtävissä kulkeutumis- ja vapautumisanalyyseissä.

Ohjelmakauden aikana jatkettiin polttoainetietojen hallintaan tarkoitettun tietokannan vaatimusten määrittelyä ja valittiin polttoainetietokannan toimittaja. Tietokannasta tehtiin demoversio, jonka pohjalta kehitetään yhdessä toimittajan kanssa Posivan tarpeisiin soveltuva polttoainetietokanta ohjelmakauden 2019–2021 aikana. Loppusijoituskapselien optimaalisen täytön (latausoptimoinnin) suunnittelu aloitettiin myös edellisen ohjelmakauden aikana ja optimointia kehitetään yhdessä kyseiseen tehtävään valitun toi-

mittajan kanssa. Tavoitteena on, että optimointiohjelma sisältää latausoptimoinnin lisäksi mm. kapselivälien ja loppusijoitustunnelien etäisyyksien optimoinnin.

Posiva on osallistunut ohjelmakaudella yhdessä TVO:n ja Fortumin kanssa Tekesin rahoittamaan FiDiPro-hankkeeseen, jossa kehitetään ydinmateriaalivalvonnan mittauksiin sopivaa mittalaitetta käytetyn polttoaineen ydinainetietojen varmentamiseksi ennen kapselointia.

Posiva on ollut mukana loppukäyttäjänä CAST-projektissa (CARbon-14 Source Term) (CAST 2015), jossa tarkoituksena on keskittyä hiili-14:n (C-14) vapautumiseen polttoaineen eri osista ja tutkia, millaisia vaikutuksia tällä on mm. pitkäaikaisturvallisuuteen. CAST-projekti ajoittui vuosille 2013–2018 siten, että viimeinen projektin kokous järjestettiin alkuvuonna 2018 ja loppuraportti julkaistaan loppuvuonna 2018. Hankkeen kautta saatiin lisätietoa em. asioista ja tulosten perusteella voidaan vähentää C-14:n vapautumiseen ja kulkeutumiseen liittyviä epävarmuuksia. CAST-projekti on EU-rahoitteinen ja tutkimustyössä olivat mukana mm. VTT ja Fortum.

DISCO (Modern Spent Fuel Dissolution and Chemistry in Failed Containers) -projektin (DISCO 2017) tarkoitus on selvittää, kuinka käytetty polttoaine liukenee loppusijoituksessa, kun oletuksena on polttoaineen vapautuminen esteettä ympäristöön. Projekti keskittyy varsinkin uusiin polttoainetyyppeihin (MOX, dopattu) ja selvittää niiden eroja liukenemisessä verrattuna tavanomaisempiin polttoaineisiin. Projekti alkoi vuonna 2017 ja jatkuu vuoteen 2021. Posiva on mukana projektissa loppukäyttäjänä.

Fissiokaasujen vapautumisesta on alkanut kesällä 2018 VTT:llä Posivan teettämä tutkimus. Tarkoituksena on selvittää, kuinka suuressa osassa loppusijoituskapseleista tapahtuu fissiokaasujen vapautuminen kapselin sisälle ja mahdollisesti myöhemmin loppusijoitusympäristöön. Tutkimuksen on tarkoitus valmistua vuoden 2018 loppuun mennessä.

4.4.2 Kapseli

Loppusijoituskapselia on kehitetty jo pitkään, joten viimeaikainen kehitystyö on keskittynyt muutamien jäljellä olevien avointen asioiden sulkemiseen, vaatimusmäärittelyjen ja rakennesuunnitelmien laatimiseen sekä valmistusmenetelmien pätevöinnin suunnitteluun.

Vuoden 2018 alussa käynnistettiin esiselvitys kapselin teolliseen valmistamiseen liittyvästä pitkän aikavälin tuotekehityksestä. Esiselvityksessä tutkitaan vaihtoehtoisia kuparilaatuja ja valmistusmenetelmiä kapselin valmistamiseksi. Esiselvitysvaihe kestää vuoden 2018 loppupuolelle, minkä jälkeen päätetään, aloitetaanko vaihtoehtoisen kapselin pitkän aikavälin tuotekehitys.

4.4.2.1 Kapselin suunnittelu ja toimintakyvyn osoittaminen

Nykyisen referenssiratkaisun mukaisen kapselin rakennesuunnittelu on käynnissä. Edellisen ohjelmakauden aikana aloitettiin lopullisten, koko kapselia koskevien järjestelmä-

kuvausten, vaatimusmäärittelyjen ja kapselin laatusuunnitelman tekeminen. Rakennesuunnitelmat laaditaan loogisena kokonaisuutena siten, että niiden päivitys ja kapselin valmistus tulee olemaan joustavaa. Valmistustekniikan pätevöintiä varten kuparikomponenttien vaatimusmäärittelyt ja rakennesuunnitelmat on lähetetty hyväksyttäväksi STUKiin. Muiden kapselikomponenttien, kuten myös kapselin kokoonpanon ja hitsatun kapselin rakennesuunnitelmat laaditaan seuraavan ohjelmakauden aikana.

SKB:n kanssa yhteistyössä on tehty loppusijoituskapselin *Mechanical Design Analysis of Canister* -raportti (Jonsson ym. 2018). Raportissa käsitellään laajasti KBS-3-loppusijoituskapselin mekaanista käyttäytymistä erilaisilla ympäristöolosuhteilla ja kapselin hypoteettisilla virheillä. Raportissa todetaan kapselin kestävän suunnitelluilla kuormitustapauksilla, vaikka kapselikomponenteissa olisi valmistuksessa tulleita materiaalivirheitä.

Hitsausmenetelmän vaihdosta johtuen Posivan referenssihitsausmenetelmäksi valitulla kitkatappihitsauksella (Friction Stir Welding, FSW) tehdyille hitseille täytyy tehdä vielä muutamia tutkimuksia ja selvityksiä hitsin toimintakyvyn varmistamiseksi. VTT:llä tehtiin vuoden 2015 aikana virumismallinnukset FSW-hitseille modifioimalla olemassa olevaa numeerista mallinnusta. FSW-hitseille täytyy tehdä myös jäännösjännitysmittauksia DHD-menetelmällä (Deep hole drilling). Varsinaiset mittaukset saatiin valmiiksi keväällä 2017. Meneillään on selvitystyö siitä, mikä jäännösjännitykset aiheuttaa. Tästä saadaan tulokset seuraavan ohjelmakauden 2019–2021 alkupuolella.

Posiva on teettänyt sekä lisäkokeita FSW-hitsin virumisominaisuuksista että laajat simuloinnit kapselin virumiskäyttäytymisestä, ja niiden perusteella sekä FSW-hitsi että kapseli täyttävät asetetut vaatimukset. Kuparin virumiskäyttäytymiseen vaikuttavien seosaineiden ja epäpuhtauksien selvityksiä jatketaan ohjelmakaudella 2019–2021.

Kuparin väitetystä korroosioilmiöstä puhtaassa hapettomassa vedessä on tehty laajat selvitykset. VTT:llä vuonna 2009 aloitetut pitkäaikaiset kokeet päättyivät vuonna 2017, ja lisäksi vuonna 2017 tehtiin lyhyempiä koesarjoja ilmiön tutkimiseksi. Tampereen teknillisessä yliopistossa tehtiin pintafysikaalisia selvityksiä ilmiöstä. Missään kokeissa ei havaittu kuparin hapettumista. Posivan teettämät kokeet vahvistavat ja täydentävät SKB:n saamia tuloksia.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma 2015–2018 (KYT2018-ohjelma) tarjoaa Posivasta riippumatonta tutkimustietoa päätöksenteon tueksi viranomaisille. KYT2018-ohjelmassa on tutkittu kapselin toimintakykyä viidessä eri tutkimushankkeessa:

1. Kokeellisesti varmennetut mallipohjaiset ennusteet kuparivaipan eheydestä (PRECO)
2. Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP)
3. Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (REPCOR)
4. Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)
5. Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR).

Posiva on jäsenenä KYT2018-tutkimusohjelman ohjausryhmässä. KYT-hankkeessa ei ole havaittu pitkäaikaisturvallisuutta koskevia ilmiöitä, joita ei olisi aikaisemmin tunnistettu tai huomioitu.

Kuparin sulfidikorroosiomallia eli CSM-mallia (Copper Sulfide Model) kehitetään yhdessä SKB:n kanssa. Mallinnustyötä tehdään Integrated Sulfide Project -yhteistyöprojektin osana. Mallin kehitystyön loppuraportti valmistuu vuoden 2018 aikana. Lisäksi Posiva on yhteistyössä SKB:n kanssa jatkanut kuparin sulfidikorroosioilmiöiden tutkimista University of Western Ontarion yliopiston tutkimusryhmässä.

Loppusijoitustiloissa on havaittu ohjelmakauden 2016–2018 aikana aikaisempaa korkeampia asetaattipitoisuuksia. Posiva selvittää näiden vaikutusta kuparikapselin korroosikäyttäytymiseen. Vuoden 2018 loppupuolella aloitetaan lisäkokeita aikaisemmin tehtyjä kokeita korkeammilla asetaattipitoisuuksilla.

Kuparikapselin korroosioilmiöistä ollaan kirjoittamassa kolmea raporttia. Kaksi raporteista käsittelee tarkemmin tiettyjä korroosioilmiöitä: jännityskorroosiota ja kuparin korroosiota korkeissa klooripitoisuuksissa. Kolmas raportti on yhteenvetoraportti, jossa kootaan Posiva 2011-01 -raportin (King ym. 2012) jälkeen tulleita koe- ja simulointituloksia ja perustellaan tarkemmin kapselin käyttäytymistä loppusijoitusympäristössä.

4.4.2.2 Kapselin sulkemismenetelmän kehitys

Loppusijoituskapselin hitsauksen referenssisulkemismenetelmä on kitkatappihitsaus (FSW). FSW-hitsauslaitteiston prosessiohjaus teollistetaan. Tätä varten on kehitetty ja otettu käyttöön hitsausprosessin ohjauksessa hitsaustyökalun syvyysäättö. Hitsauksen säätöjärjestelmälle on tehty vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA, failure mode and effect analysis), jonka tulosten perusteella on tehty koehitsejä hitsaustyökalun syvyysäädön toimivuuden varmistamiseksi. Sulkemismenetelmän kehitystä tehdään yhteistyössä SKB:n kanssa.

4.4.2.3 Kapselikomponenttien NDT-tarkastustekniikka

Loppusijoituskapselin kuparikomponenttien, sisäosan ja hitsauksen ainettarikkomat tarkastukset (non-destructive testing, NDT) tullaan päteväimään ohjeen YVL E.5 (Ydinlaitoksen painelaitteiden rikkomattomat määräaikaistarkastukset) mukaisesti. NDT-tarkastustekniikoiden valinta on akkreditoidun testauslaitoksen tehtävä. Posiva on laatinut kupariputken ja -kannen tarkastuksen pätevöinnin lähtötiedot, joiden perusteella testauslaitos määrittää Posivan tavoitteet täyttävät tarkastustekniikat. YVL E.5 -ohjeen mukaisesti päteväintielin päteväi NDT-tarkastusohjeet, manipulaattorit ja testaajat, mikä varmistaa, että lähtötiedoissa asetetut vaatimukset täyttyvät.

Vuosina 2016 ja 2017 Posiva teetti kupariputken ja -kannen koemittaukset neljällä testauslaitoksella näiden osaamisen todentamiseksi ja vertailemiseksi. Koemittauksen jälkeen Posiva pyysi testauslaitoksilta tarjoukset tarkastustekniikoiden kehittämiseksi, manipulaattorien valmistamisesta ja koko järjestelmän pätevöinnistä yhdessä päteväintielimen kanssa.

Vuonna 2017 STUK hyväksyi Inspecta Sertifiointi Oy:n YVL E.5 -ohjeen mukaiseksi päteväntielimeksi Posivan NDT-tarkastusten pätevyinneissä. Posivan laatima NDT-tarkastusten pätevyntisuunnitelma sai STUKin hyväksynnän vuonna 2017.

Vuonna 2017 Posiva laati kupariputken ja -kannen pätevyönnin lähtötiedot, jotka päteväntielin myöhemmin hyväksyi. Ne lähetettiin STUKiin hyväksyttäväksi vuoden 2018 alussa. Lähtötiedot sisältävät oleelliset tiedot kuparikomponenttien tarkastamisesta, kuten mahdolliset vikatyypit ja sallitut vikakoot.

4.4.3 Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset (KPA-kuljetukset) omistajien KPA-varastoilta kapselointilaitokseen ovat Posivan vastuulla. KPA-kuljetukset aloitetaan loppusijoitustoiminnan alkaessa. Polttoaine siirretään KPA-varastoilta kapselointilaitokseen massiivisiin säiliöihin pakattuna. Olkiluodon laitosten polttoaine siirretään KPA-varastolta kapselointilaitokselle maitse. Loviisan polttoaine kuljetetaan Olkiluotoon joko maitse tai meritse.

TVO:n polttoaineen siirtoihin Olkiluodossa tarvittavaa reittiä selvitettiin vuoden 2017 aikana. Selvityksessä tutkittiin mm. Olkiluodon teiden kantavuutta, käännoiksi, kallistuksia ja uusien tieosuuksien rakentamista. Ottaen huomioon reittien turvallisuus, toiminnallisuus sekä investointi- ja käyttökustannukset päädyttiin kahteen potentiaaliseen reittivaihtoehtoon. Vuoden 2017 aikana päätettiin käyttää OL1-2-polttoaineen siirtoihin TVO:n nykyisin käyttämää siirtosäiliötä.

Vuonna 2016 teetettiin ulkopuolisella konsultilla kuljetusselvitys, jossa selvitettiin mm. mahdolliset kuljetusreitit Loviisasta Olkiluotoon, kuljetuskalusto sekä kustannusarvio eri kuljetusmuodoille. Polttoaineen kuljetussäiliöstä saatiin tarjoukset vuonna 2017. Kuljetusmuodon valintaa ja kuljetussäiliön hankintaa ei ole tehty, koska lopullinen pitkän tähtäimen tuotantosunnitelma on vasta tekeillä.

4.5 Puskuri, täyttö ja sulkeminen

Loppusijoitusreikään asennettu kapseli ympäröidään bentoniitistä valmistetulla puskurilla. Kapseleiden ja puskurin asentamisen jälkeen loppusijoitustunnelit täytetään ja tunnelin suulle rakennetaan päätytulppa. Kun kaikki polttoaine on loppusijoitettu, loppusijoitustilat suljetaan.

4.5.1 Puskuri ja täyttö

Puskurin ja täytön suunnittelun ja toimintakykytutkimusten tilanne seuraavan ohjelma-kauden alussa on, että sekä puskurin että täytön lohko-pellettikonseptista on toimitettu STUKille järjestelmäaineistot (vaatimusmäärittely, järjestelmäkuvaus ja järjestelmäkohdainen laatusuunnitelma). Toimintakyvyn osalta turvallisuusperustelun käyttöön on toimitettu lohko-pellettikonseptin toimintakyvyn osoittamiseen käytettäviä mallinnus- ja testituloksia.

Puskurin ja täytön osalta on aloitettu teollistamistoimenpiteet, joissa tutkitaan näiden järjestelmien konseptia, valmistusta ja asennusta sekä toimintakykyä. Tämä työ jatkuu seuraavalla ohjelmakaudella.

Seuraavissa luvuissa on kerrottu lyhyesti, mitä edellisen kauden aikana on tehty.

4.5.1.1 Puskurin ja täytön materiaalitutkimukset

Puskurin ja täytön materiaalitutkimuksissa tehtiin selvitystyötä vaatimusten täyttymiseen vaikuttavista materiaaliominaisuuksista ja ympäristötekijöistä. Edellisellä ohjelmakaudella tunnistettiin mitattavissa olevat materiaaliominaisuudet ja ympäristötekijät, jotka vaikuttavat savien vedellä kyllästymisnopeuteen, mekaaniseen eroosioon, paisuntapaineeseen, vedenjohtavuuteen ja mekaanisiin muokkautuvuus- sekä lujuusominaisuuksiin. Materiaalien kemiallisten ominaispiirteiden vaikutusta vedenjohtavuuteen ja paisuntapaineeseen tutkittiin erityisesti työssä, jonka tarkoituksena on kehittää THMC (Thermal-Hydrological-Mechanical-Chemical) -malli näihin ominaisuuksiin vaikuttavien tekijöiden selvittämiseksi. Tehdyn työn tulosten pohjalta THMC-mallin kehitystä jatketaan seuraavalla ohjelmakaudella.

Posiva on esittänyt referenssimateriaalit sekä puskurille että täytölle. Näiden materiaalien saatavuus / käytettävyys saattaa tulevaisuudessa kuitenkin jostakin syystä heikentyä ja tähän varautuakseen Posiva aloitti muiden soveliaiden savimateriaalien selvittämisen materiaalispesifikaatioiden tarkentamiseksi, jotta referenssimateriaalien korvaaminen tai eri materiaalien käyttäminen rinnakkain olisi mahdollista. Edellisellä ohjelmakaudella tämä toteutettiin loppusijoitustunneleiden täyttömateriaalille.

Kaikki Posivan testeihin ja myöhemmin käyttöön tulevat savimateriaalierät karakterisoitiin käyttäen valikoitua joukkoa analysointimenetelmiä. Tällä työllä tuotetaan referenssitietoa kokeisiin sekä tuotannon suunnitteluun.

4.5.1.2 Puskurin ja täytön tekninen suunnittelu

Sekä puskurin että täytön tekniseen suunnitteluun liittyvät projektit tuottivat lähtötiedot turvallisuusperustelulle - tarkemmin sen *Design Basis*- ja *Initial State* -raporteille (ks. kohta 4.8.2) - edellisellä ohjelmakaudella. Tämä tarkoittaa, että näiden teknisten vapautumisesteiden vaatimukset ja tekniset suunnitelmat alkutilan saavuttamiseksi päivitettiin.

Edellisellä ohjelmakaudella aloitettiin puskurin toteutukseen liittyvä teollistaminen, jossa tutkitaan ja kehitetään puskurilohkojen tuotantotapaa (isostaattinen/uniakσιαallinen puristus) ja puskurin/loppusijoitusreiän dimensioiden muutoksia sekä näiden vaikutuksia järjestelmän toimintakykyyn. Käytännössä selvitetään, voidaanko puskurilohkot valmistaa pienempinä segmenttilohkoina sekä voidaanko loppusijoitusreikää ja samalla puskuria lyhentää. Täytön toteutukseen liittyen aloitettiin myös vastaava teollistaminen, jossa tutkitaan ja kehitetään täytön konseptia, sen valmistusta, asennusta sekä toimintakykyä. Tavoitteena on löytää vaihtoehtoinen, ja nopeammin asennettava, konsepti lohko-pellettitäytölle.

Puskurin ja täytön järjestelmäaineistot (vaatimusmäärittely, järjestelmäkuvaus ja järjestelmäkohtainen laatusuunnitelma) toimitettiin STUKille hyväksyttäväksi ja tiedoksi kesäkuussa 2017. Nämä aineistot päivitettiin STUKin selvityspyynnön mukaisesti kevään 2018 aikana ja toimitettiin uudestaan STUKille huhtikuussa 2018.

4.5.1.3 Puskurin ja täytön alkutilan jälkeinen kehittyminen ja toimintakykytutkimukset

Puskuri- ja täyttöjärjestelmien osalta toteutettiin edellisellä ohjelmakaudella STUKin esittämien (STUK 2015) varhaisen vaiheen kehittymiseen liittyvien epävarmuuksien ja järjestelmien toimintakyvyn tutkimuksia.

Puskurin varhaisen vaiheen kehittymisen tutkimusta toteutettiin eri mittakaavoissa. Tutkimuksen kohteina olivat alkuvaiheen vettäminen, paisuntapaineen kehittyminen ja virtaavan veden aiheuttama saven kulkeutuminen 1/6–1/2-mittakaavan testeissä. Lisäksi tehtiin alustavaa testausta pienemmistä segmenttilohkoista toteutetulle puskurille, mutta segmentoitujen lohkojen toimintakyvyn varmistus ja vertaaminen täysikokoisiin lohkoihin on vielä kesken. Puskurin käyttäytymistä täydessä mittakaavassa testataan tarkemmin FISST-kokeessa, jossa on mukana sekä täysimittaisista ($\varnothing \sim 1\,650$ mm) että segmenttilohkoista tehty puskuri.

Täytön varhaisen vaiheen kehittymistä eli vettämistä ja tästä seuraavia tapahtumia, kuten paisuntapaineen kehittymistä ja bentoniittisaven kulkeutumista liikkuvan veden vaikutuksesta, tutkittiin 1/6-mittakaavan testeissä. Täydessä mittakaavassa testausta ja seuranta tehdään FISST-kokeessa.

Puskurin vettäessä ja paisuessa paisuminen ei johda täysin tasalaatuiseen tiheysjakaumaan puskurilohkojen ja -pellettien välillä, vaan puskuriin jää havaintojen mukaan pysyviä tai hyvin hitaasti tasaantuvia tiheyseroja, matalimman tiheyden jäädessä pellettitulavuuksiin. Olemassa olevan aineiston perusteella nämä tiheyserot eivät ole korkean tiheyden ja paisuntapaineen omaavan puskurin toimintakykyä vaarantavia, mikä on todettu mm. pienemmän mittakaavan (40 %) kenttäkokeissa (Hakola ym. 2015). Havaintoja varmennetaan ja tiheyseroihin vaikuttavia tekijöitä selvitetään seuraavalla ohjelmakaudella lisätutkimuksin.

Myös loppusijoitustunnelin täytön tapauksessa lohkojen vettäessä ja paisuessa niiden odotetaan puristavan matalan tiheyden pellettitulavuudet korkeampaan kuivatihyteen. Täyttöön ennustetaan kuitenkin jäävän puskuria suurempia tiheyseroja, sillä pellettitulavuudet ovat puskuria suurempia ja asennetun bentoniitin paisuntapaine on puskuribentoniittia pienempi. Tunnelitäytön toimintakykytavoitteet ovat kuitenkin puskuria matalampia, joten puskuria suuremmat pysyvät tiheyserot voitaneen sallia niiden sijainnista ja laajuudesta riippuen. Lisäselvitykset tunnelitäytön toimintakyvyn varmentamiseksi tiheyserojen tasaantumisen suhteen ovat käynnissä.

Laimeiden vesien tiheyttä laskeva vaikutus, joka ilmiönä tunnetaan kemiallisena eroosiona, voi laskea puskurin tiheyttä. Ilmiön merkittävyys arvioitiin vähäiseksi Posivan ensimmäisessä turvallisuusperustelun toimintakykyanalyysissä (Posiva 2012b). Erilaisin arviointitavoin ennustettiin, että puskurin tiheys laskisi 1–13

loppusijoitusreiässä niin, että veden advektiivinen virtaus puskurin lävitse olisi mahdollista ensimmäisen jääkauden aikana. Tuloksia täydennetään ja varmennetaan käynnissä olevin lisäselvityksin.

Tulevaisuudessa mahdollisesti loppusijoitustiloihin tunkeutuvat laimeat vedet voivat aiheuttaa kemiallista eroosiota puskurin lisäksi myös loppusijoitustunnelin täytössä. Täytössä on kuitenkin huomattavasti enemmän bentoniittimassaa ja sille asetetut tiheysvaatimukset ovat vähäisempiä, joten kemiallisen eroosion on arvioitu olevan vähemmän merkittävä tekijä tunnelitäytölle kuin puskurille. Ensisijaisesti puskuriin kohdennettujen lisäselvityksien yhteydessä tarkastellaan kuitenkin myös tunnelitäyttöä sen toimintakyvyn varmentamiseksi.

Puskurin mekaanista käyttäytymistä kalliosiiroksessa tutkivan projektin suunnittelua tehtiin edellisellä ohjelmakaudella. Suunnittelussa käytiin lävitse STUKin tekemät havainnot puskurin toimintakykyyn liittyvistä epävarmuuksista (STUK 2015) ja jo aiemmin tehtyä työtä sekä sen edustavuutta arvioitiin. Suunnittelutyötä tehtiin yhdessä Posivan turvallisuusperustelun kanssa, jotta saatiin selkeä käsitys avoimista asioista ja riittävästä projektin laajuudesta. Vielä vuoden 2018 aikana käynnistetään sekä kokeelliset että mallinnustyöt, joissa kehitetään ja arvioidaan käytettävää bentoniittimateriaalin mallia.

Puskurin mineralogista muuntumista tutkivassa projektissa arvioidaan useita vuosia kestävin, pienen mittakaavan laboratoriokokein, käytettyjen mallien soveltuvuus. Koematriisi käsittää kaksi eri savimateriaalia, kahta koostumukseltaan erilaista vettä, kolme eri koeaikaa (1–5 vuotta) sekä vakiona pidettävän lämpötilan. Kokeet käynnistettiin edellisellä ohjelmakaudella.

Sementistä liukenevien aineiden vuorovaikutusta puskurin ja täytön kanssa selvittävän työn tavoitteena on parantaa ymmärrystä sementtipohjaisten aineiden käyttäytymisestä loppusijoitusympäristössä ja arvioida niiden käyttämisestä aiheutuva uhka teknisten päästöesteiden toimintakyvylle. Työssä keskitytään sementtipohjaisten materiaalien rapautumisen kuvaamiseen loppusijoitusympäristön olosuhteissa, sementtipohjaisten materiaalien kulkeutumista rakoverkostossa rajoittavien tekijöiden kuvaamiseen, arvioimaan savi-sementtivuorovaikutuksia mallintamisen avulla sekä tehdyn analyysin (Koskinen 2014) päivittämiseen. Työn laboratoriokokeet käynnistettiin edellisellä ohjelmakaudella ja ne ovat edenneet suunnitelmien mukaisesti. Työhön sisältyvät mallinnukset aloitetaan vuonna 2018.

Sulfidin muodostumista ja kulkeutumista puskurissa ja loppusijoitustunnelin täytössä tutkittiin edellisellä ohjelmakaudella. Loppusijoitustilojen olosuhteissa sulfidin muodostuminen on mikrobien aikaansaama prosessi. Tässä työssä selvitetään mikrobien käyttämää energialähdettä sekä aineenvaihduntaprosessia laboratoriokokein, jotka on jaoteltu kolmeen vaiheeseen: 1) miten paljon orgaanisia aineita savista liukenee, 2) miten hyvin Olkiluodon mikrobit pystyvät näitä orgaanisia aineita hyödyntämään, ja 3) miten hyvin mikrobit pystyvät tuottamaan sulfidia saven rajapinnassa. Työ tehdään pääosin yhteistyössä SKB:n kanssa projektissa, joka päättyy vuoden 2018 lopussa. Teemojen 1 ja 2 laboratoriokokeet ovat loppusuoralla ja teeman 3 kokeet on käynnistetty.

4.5.1.4 Puskurin ja täytön hankinta- ja tuotantotapaselvitykset sekä valmistustekniikan kehitys

Edellisellä ohjelmakaudella hankittiin savikomponentteja FISST-koetta varten (katso myös kappale 4.10). Bentoniittimateriaalin, puskuri- ja täyttölohkojen sekä pellettien hankintaa ja komponenttien valmistusta ulkopuolisen valmistajan toimesta testattiin tässä yhteydessä. Saatuja kokemuksia hyödynnettiin ja hyödynnetään myös jatkossa tehtäessä suunnitelmia ja valintoja savikomponenttien hankinta- ja valmistusketjuista.

Puskurilohkojen valmistuksessa tutkittiin isostaattista valmistusmenetelmää täyden mittakaavan puskurilohkoilla. Isostaattisella menetelmällä valmistettiin FISST-koetta varten yhden kapselireiän puskurilohkot. Tämän lisäksi käynnistettiin puskurilohkojen vaihtoehtoisen valmistustavan selvitykset. Työssä tutkittiin puskurin valmistusta niin sanotuista segmenttilohkoista yksiaksiaalista puristusmenetelmää käyttäen. Etuna tässä menetelmässä on, että valmistuksessa voidaan käyttää samoja puristimia kuin mahdollisessa täyttölohkojen valmistuksessa. FISST-kokeen toisen kapselireiän puskurilohkot valmistettiin tällä vaihtoehtoisella valmistusmenetelmällä.

Täyttölohkot FISST-koetta varten valmistettiin yksiaksiaalisella puristusmenetelmällä. Lohkoja valmistettiin yhteensä 9 000 kappaletta kahdesta eri bentoniittimateriaalista. Ennen FISST-kokeen lohkojen valmistusta täyttölohkojen valmistusta testattiin teollisessa mittakaavassa erilaisilla bentoniittimateriaaleilla. Edellisellä ohjelmakaudella toteutettujen pienen ja teollisen mittakaavan testien perusteella nykytekniikalla pystytään tuottamaan vesipitoisuudeltaan ja tiheydeltään riittävän tasalaatuisia täyttölohkoja. Merkittävä tekijä laadukkaiden lohkojen valmistamisessa on käytettävä bentoniittimateriaali.

4.5.2 Loppusijoitustunnelin päätytulppa

Posivan ja SKB:n yhdessä toteuttamien POPLU- ja DOMPLU-päätytulppatestien kokemusten ja testitulosten arvioimiseksi toteutettiin edellisellä ohjelmakaudella päätytulppavertailu. Päätytulppavertailun perusteella päätettiin jatkaa kupolimuotoisen loppusijoitustunnelin päätytulpan kehitystä. Päätytulpan jatkokehityksessä käytetään päivitettyjä vaatimuksia, joiden perusteella luodaan yksityiskohtainen päätytulppasuunnitelma, joka toteutetaan vuonna 2018 FISST-kokeen yhteydessä. Edellisellä ohjelmakaudella on myös tuotettu päätytulpan päivitetty järjestelmäkuvaus. Loppusijoitustunnelin päätytulpan turvallisuusluokittelun perusteita arvioitiin edellisellä ohjelmakaudella ja turvallisuusluokka muutettiin luokasta TL3 luokkaan STUK/EYT.

4.5.3 Loppusijoitustilojen sulkeminen

Tilojen sulkeminen käynnistyy vaiheittain käyttötoiminnan päättyessä. Kuluvalle ohjelmakaudella toteutetussa työssä toimitettiin sulkemisen suunnitelman lähtötiedot turvallisuusperustelun käyttöön. Posivassa tehtiin myös keskustunneleiden sulkemisen materiaalin osalta hanketta ohjaava päätös, jossa vahvistettiin lähtötiedot bentoniitin ja murskeen seoksen käytöstä pääasiallisena materiaalina.

Ohjelmakaudella Posiva jatkoi kansainvälisen T&K-työn seuraamista tilojen sulkemisen osalta ja koordinoi Euroopan komission 7. tutkimuspuiteohjelman DOPAS-projektia (2012–2016), jonka puitteissa testattiin loppusijoitustilojen sulkemisteknologioita täydessä mittakaavassa (<http://www.posiva.fi/en/dopas>). Vuonna 2010 Kanadassa suljettiin maanalainen testilaboratorio URL ja samassa yhteydessä tulpattiin kaksi kuilua betonitulpilla ja täyttömateriaalilla. Tulpattujen kuilujen monitorointi ja datan keruu jatkui myös edellisellä ohjelmakaudella ja Posiva oli mukana seuraamassa työtä. Edellä mainitut kokeet tuottivat - ja tuottavat jatkossakin - tietoa ja kokemuksia Posivan yksityiskohdaista sulkemissuunnittelua varten.

Tutkimusreikien sulkemisen suunnittelua ja menetelmien kehittämistä jatkettiin edellisellä ohjelmakaudella. Projekti kahden syvän tutkimusreiän (OL-KR5 ja OL-KR21) sulkemiseksi Olkiluodon tutkimusalueella toteutettiin vuosina 2016 ja 2017. Reikien sulkemisessa käytettiin pääosin betonia, jonka resepti kehitettiin kyseistä tehtävää varten. Reikiin asennettiin myös bentoniittia ehkäisemään reiän suuntaisten pohjaveden virtausreittien muodostumista.

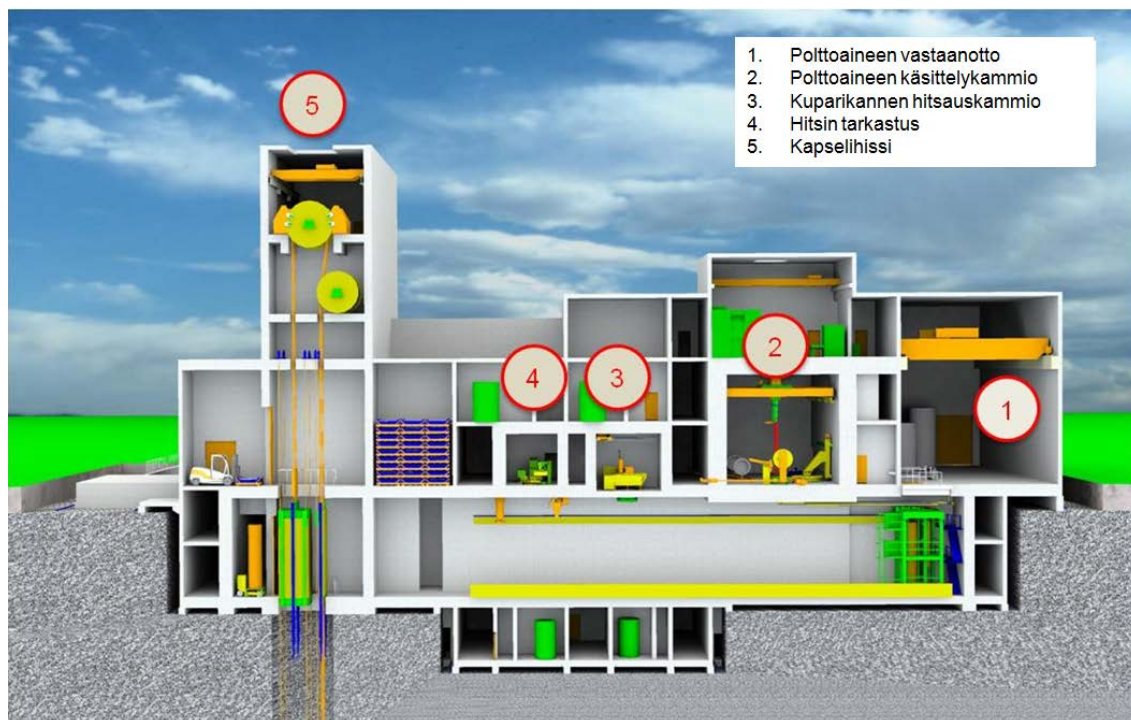
4.6 Kapselointilaitos

Kapselointilaitosprojektissa on ohjelmakaudella 2016–2018 jatkettu rakennusten, rakenteiden ja järjestelmien toteutussuunnitteluvaihetta. Ohjelmakaudella on solmittu sopimuksia laitetoimittajien kanssa kapselointilaitoksen merkittävien järjestelmien suunnittelu-, valmistus- ja asennustöistä. Tällaisia järjestelmiä ovat mm. kapselihissi, vastaanottotilan siltanosturi ja kapselin käsittelyyn sekä siirtoon liittyvät järjestelmät. Kapselointilaitosrakennuksen layouttiin tehtiin muutoksia ja se jäädytettiin vuonna 2017. Päivityksen yhteydessä tyhjiä loppusijoituskapselien tuonti laitokseen siirrettiin laitoksen toiseen päähän erilleen käytetyn polttoaineen vastaanottotilasta ja -toiminnasta.

Kapselointilaitoksen pohjan maanrakennus- ja louhintavaiheen työt saatiin päätökseen vuoden 2017 aikana, minkä jälkeen työmaa-alue luovutettiin Loppusijoituslaitosprojektille kapselikuilun porauksen ajaksi. Työmaa-alue palautetaan takaisin Kapselointilaitosprojektille rakennustöiden alkaessa.

Kapselointilaitoksen urakointimuodoksi valittiin ohjelmakaudella sovellettu projektijohdourakka. Rakennusurakan tarjousprosessi on toteutettu vuoden 2018 aikana. Sopimusneuvotteluiden jälkeen on tarkoitus siirtyä urakoitsijan kanssa valmisteluvaiheeseen, jonka aikana Posivan ja urakoitsijan on tarkoitus valmistautua rakentamisvaiheeseen ja siten pienentää rakentamisvaiheen riskejä. Kapselointilaitoksen rakentaminen on tarkoitus aloittaa vuoden 2019 aikana.

Kapselointilaitos koostuu käytetyn polttoaineen kapselointitoimintaa varten toteutettavasta rakennuksesta ja sen sisällä olevista järjestelmistä. Kuvassa 4-2 on esitetty leikkaus kapselointilaitoksesta kapselin siirtokäytävän kohdalta. Kuvassa näkyvät myös kapselointilaitoksen päätoiminnot.



Kuva 4-2. Periaatekuva kapselointilaitoksen päätoiminnoista.

Toteutussuunnittelu etenee Posivan toteutussuunnittelukäsikirjan kuvaamien menettelyjen mukaisesti. Suunnitteluprosessissa havaituista muutostarpeista on laadittu muutosehdotukset, jotka on käsitelty konfiguraation hallintaprosessin mukaisesti.

4.6.1 Järjestelmäsuunnittelu

Järjestelmäkohtaiset vaatimusmäärittelyt on laadittu laitoskonfiguraation hallintasuunnitelman mukaisesti järjestelmäsuunnittelun lähtötiedoiksi ja laitoksen sekä sen järjestelmän teknisen kokoonpanon kulloisenkin elinkaaren vaiheen hallitsemiseksi. Vaatimusmäärittelyt on toimitettu järjestelmiä suunnitteleville toimittajille. Vaatimusmäärittelyjä on tarvittaessa kehitetty hyödyntäen myös laitetoimittajien osaamista. Tarvittavat muutokset vaatimusmäärittelyissä on toteutettu konfiguraationhallinnan käsikirjassa kuvattujen muutosmenettelyjen mukaisesti. Suunnittelun hankintaa, valvontaa, ohjausta ja hyväksymistä varten on ohjeet järjestelmäkohtaisten laatusuunnitelmien laatimiseksi, joiden perusteella on luotu järjestelmä- ja suunnittelualakohtaiset laatusuunnitelmat. Laatusuunnitelmista on johdettu toimitusaluekohtaiset toimittajaspesifikaatiot, joiden avulla toimittajille viestitään Posivan suunnitteluun ja myöhemmin toteutukseen liittyvät toiminnalliset vaatimukset.

4.6.2 Rakennussuunnittelu

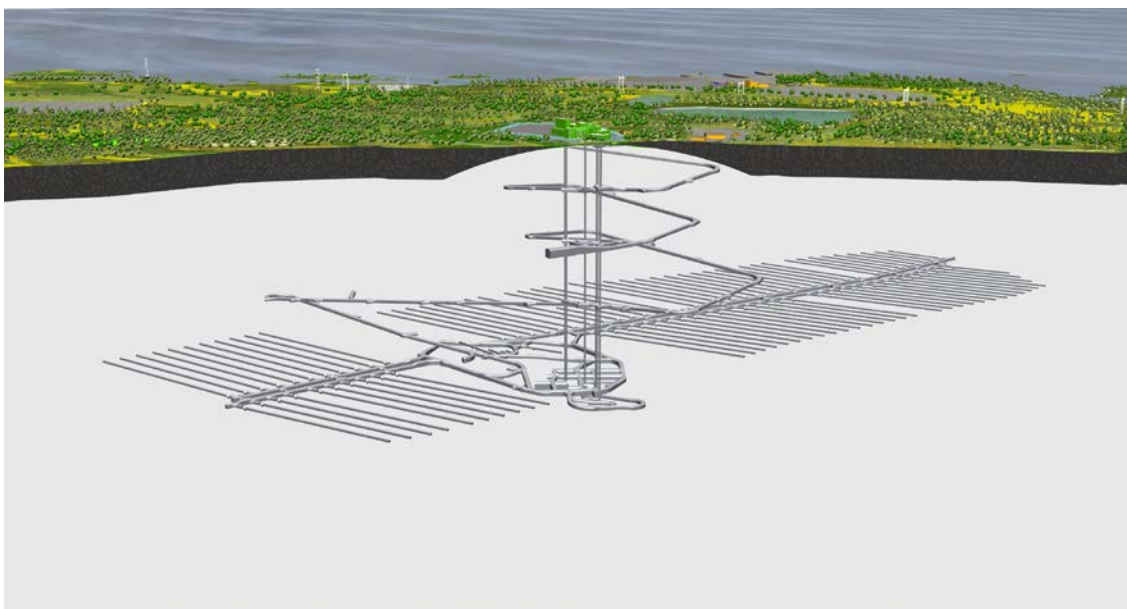
Rakentamislupahakemuksen liitteenä olevien rakennussuunnitelmien pohjalta jatkettiin kapselointilaitoksen yksityiskohtaisempaa rakennus- ja rakennesuunnittelua. Rakennuslupahakemus jätettiin maaliskuussa 2016 ja Eurajoen kunta myönsi luvan saman vuoden aikana. Samoihin aikoihin järjestettiin myös rakennusurakan budjettitarjouskysely.

Tarkentuneen laite- ja apujärjestelmäsuunnittelun perusteella tunnistettiin tilavarauksiin liittyviä muospaineita. Merkittäviksi arvioidut muutokset päätettiin toteuttaa. Muutosten jälkeen layout jäädytettiin keväällä 2017. Rakennusmalli päivitettiin uuden layoutin mukaiseksi ja päivitettyt pää-, palo- ja turvallisuusluokituspiirustukset julkaistiin sekä toimitettiin viranomaisille. Rakennuksen rungon laskentareportti päivitettiin keväällä 2018, minkä jälkeen aloitettiin rakenteiden detaljisuunnittelu. Laskentareportin ja TL3-rakenteiden suunnitelmat toimitettiin STUKille tarkastettavaksi 2018. EYT-rakenteiden (ei-ydintekninen) suunnittelu tehtiin pääosin 2018 aikana. Rakennesuunnittelun rinnalla on lisäksi analysoitu rakennuksen säteilyturvallisuutta (säteilylaskenta) sekä paloturvallisuutta mm. palosimulaatioiden avulla.

Kapselointilaitoksesta on luotu 3D-laitosmalli. Mallia on täydennetty suunnittelun tarkentuessa. Uusi päivitys laitosmallista julkaistaan kuukausittain. Laitosmallin avulla huolehditaan, että tieto siirtyy eri tekniikanalojen välillä sekä varmistetaan rakenteiden, talotekniikan ja kapselointiprosessin laitteiden yhteensopivuus. Laitosmallia tullaan hyödyntämään myös rakennus- ja asennusvaiheessa.

4.7 Loppusijoituslaitos

Koko loppusijoituslaitoksen asemointisuunnitelma päivitettiin vuonna 2018 huomioiden uusimmat tiedot Olkiluodon kallioperästä ja asemointia rajaavista vyöhykkeistä. Suunnitelmassa huomioitiin myös päivitetty loppusijoitustilan lämpömitoituksen tulokset ja asemointiin päätettiin muuttaa sijoitustunnelien väliseksi etäisyydeksi 30 metriä aiemman 25 metrin sijaan. Vastaavasti kapselien välisiä keskimääräisiä etäisyyksiä voitiin asemointisuunnitelmassa lyhentää. Kuvassa 4-3 on esitetty havainnekuva loppusijoituslaitoksen uusimmasta asemointisuunnitelmasta.

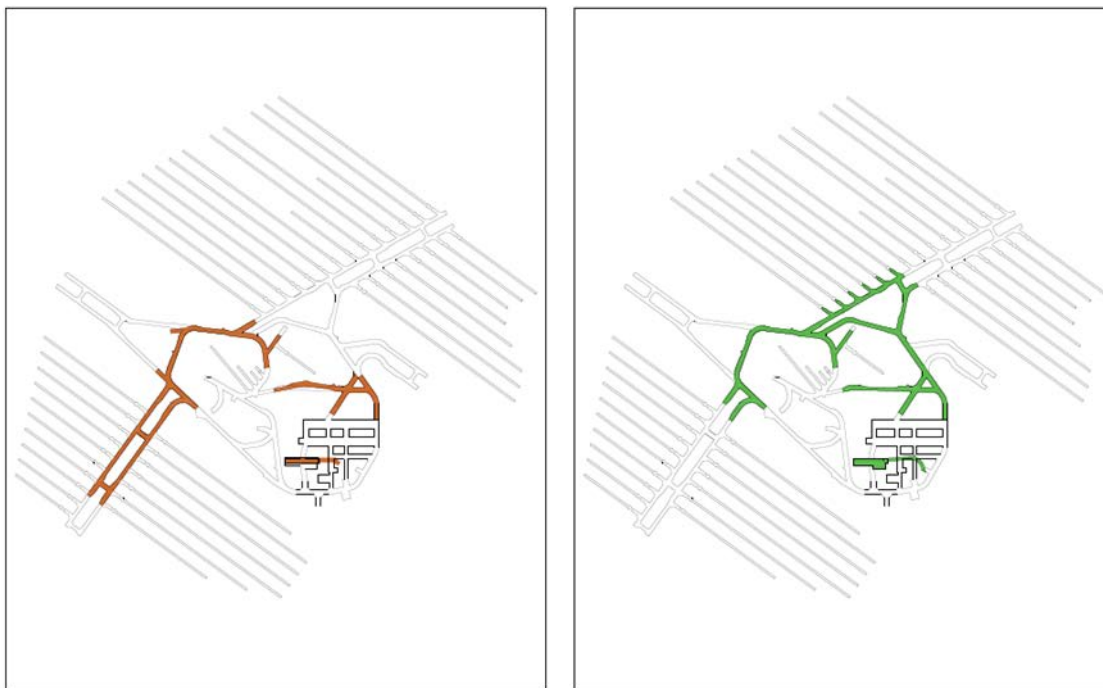


Kuva 4-3. Loppusijoituslaitos Olkiluodossa.

Keväällä 2016 Posiva aloitti YIT Rakennus Oy:n kanssa viimeisen ONKALO-vaiheen kalliorakennusurakan (TU6-urakka). Vuosien 2015–2016 aikana louhittiin loput ON-

KALOn laajuuteen liittyvät tilat, eli ajoneuvoyhteydet 16 ja 17 sekä pohjoisempi pysäköintihalli teknisen tilan alueella. ONKALON laajuuteen kuuluu myös siihen liittyvien taloteknisten järjestelmien jatkosuunnittelu siten, että ne toimivat saumattomasti osana tulevaa loppusijoituslaitosta. Pääosa talo- ja rakennusteknisistä töistä ajoittuu vuosille 2019–2022 eli loppusijoituslaitoksen louhintaurakoiden loppuvaiheeseen. Vuosien 2015–2017 aikana oli suunniteltu toteutettavaksi muutamia laajempia rakentamiskokonaisuuksia. Tällaisia kohteita olivat henkilökuilun lujitus ja hissirakenteet sekä kapseli-kuilun nousuporausta varten tehtävät valmistelevat työt.

TU6-urakan onnistunut toteutus johti Posivan ja YIT:n yhteistyön jatkumiseen joulukuussa 2016, jolloin aloitettiin loppusijoituslaitoksen ensimmäinen louhintaurakka (LTU1-urakka). TU6-urakan viimeiset lujitukset ja pohjan aukikaivuut yhdistettiin tekemisen tasolla osaksi LTU1-urakkaa. LTU1-urakan kalliorakennustyöt kohdistuivat marraskuussa 2015 myönnetyn rakentamisluvan loppusijoituslaitoslaajuuteen. Louhinnassa olivat ajoneuvoyhteydet siten, että ensimmäisten eteläpuoleisen keskustunneleiden louhintaan olisi päästy kuluneen vuoden aikana. Posiva kuitenkin päätti kesällä 2017 suunnata louhinnat kohti pohjoista paneelia (kuva 4-4), jotta voimassa oleva asemakaava ei rajoita loppusijoituksen etenemistä lähivuosikymmeninä. Suunnanmuutoksella oli vaikutus LTU1-urakan toteutuslaajuuteen, koska ajoneuvoyhteydet pohjoisen paneelin alueelle ovat pidemmät. Tämän vuoksi myös keskustunneleiden louhinnan aloittaminen siirtyi eteenpäin.



Kuva 4-4. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on esitetty loppusijoituslaitosprojektin louhintaurakan (LTU1) laajuus vuoden 2017 alussa, jolloin loppusijoituksen aloitussuunta oli etelän puoleisella alueella. Kesällä 2017 tehtiin päätös muuttaa ensimmäisen loppusijoitustunnelin sijainti pohjoisen paneelialueen puolelle. Oikeanpuoleinen kuva esittää loppusijoituslaitosprojektin LTU1-urakan laajuuden vuoden 2017 lopulla.

Vuoden 2017 alussa päätettiin edetä henkilökuilun lujituksen, teräsristikon ja talotekniikan sekä kapselikuilun nousuporauksen hankintaan. Henkilökuilun lujitus aloitettiin mallityöllä (ruiskubetonoitu RockDrain-salaoja menetelmä) kuilun alaosassa. Työn toteutuksen yhteydessä havaittiin merkittäviä ongelmia rakenteen asennuksessa ja toimivuudessa, minkä vuoksi mallityö päädyttiin uusimaan joulukuussa. Henkilökuilun lujitusmenetelmän uudelleensuunnittelu aloitettiin vuoden 2018 alussa. Menelmävaihtoehtoista päädyttiin käyttämään systemaattista kalliopuluttausta ja teräslevyjä.

Loppusijoituslaitosprojektin laajuuteen kuuluu myös yhteistoimintakoealueen (ks. luku 5.7.3) kalliotekninen suunnittelu ja toteutus. Kyseisen alueen kalliotekninen suunnittelu valmistui keväällä 2017 ja siinä huomioitiin pilottikairauksesta (ONK-PH29) ja reikä tutkimuksista saatu tieto. Yhteistoimintakoealueen keskustunnelin louhinta aloitettiin joulukuussa 2017.

Ilmanvaihtorakennuksen toisen vaiheen työt aloitettiin edellisen ohjelmakauden aikana. Työn tavoitteena on parantaa koko loppusijoituslaitoksen ilmanvaihtoa ja yhdessä palo-osastoinnin kanssa tunnelissa työskentelyn turvallisuutta.

Hankkeen rakentamisvaiheeseen siirtyminen näkyy suunnittelussa. ONKALOn ja loppusijoituslaitoksen teknisen alueen ja ajoneuvoyhteystunneleiden rakenne-, vesi-, ilmanvaihto-, sähkö- ja automaatio-suunnittelu on aloitettu, jotta päätettäessä rakentamisen aloituksesta on saatavilla riittävät suunnitelmat ja kustannustiedot. Suurimpien kokonaisuuksien suunnittelu on valmistumassa vuoden 2018 aikana.

Loppusijoituslaitosprojektin toteutuslaajuus antaa edellytykset käyttöluvan hakemiseksi, saamiseksi ja käyttötoiminnan aloittamiseksi. Tätä varten on louhittu ajotunnelin ja kapselikuilun väliset kulkuyhteydet, kapselin vastaanottoasema, kapselivarasto, yhteistoimintakoealue, tarvittavat ajoneuvoyhteydet loppusijoitusalueelle sekä suunniteltu toteutettavaksi kapselikuilu, kaksi keskustunnelia (osittain), viisi loppusijoitustunnelia ja tarvittavat loppusijoitusreiät. Lisäksi säilytetään mahdollisuus laitospöytätilan rakentamiseksi myöhemmässä vaiheessa kapselointilaitoksen käytöstä syntyvän matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitusta varten.

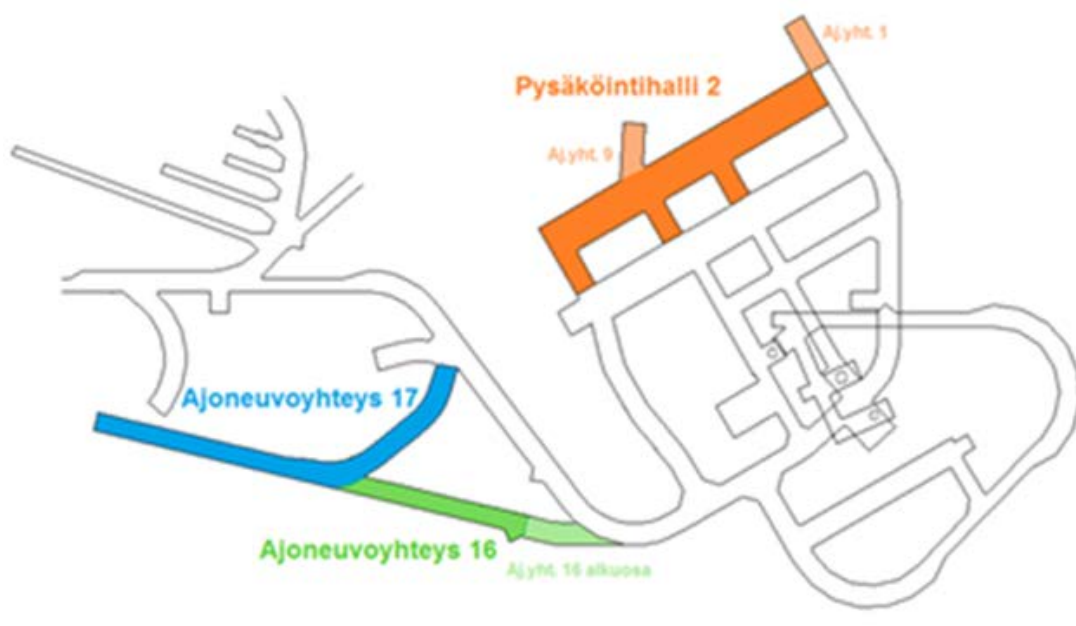
4.7.1 Suunnittelu

Loppusijoituslaitoksen toteutussuunnittelussa keskityttiin vuoden 2017 aikana eri tilojen ja järjestelmien optimointiin, mistä koitui lisä- ja muutossuunnittelua. Loppusijoituslaitoksen kallioteknistä suunnittelua jatkettiin teknisen tilan ajoneuvoyhteyksien sekä keskus- ja loppusijoitustunneleiden osalta. Samalla tuotettiin louhintasuunnitelmia myös yhteistoimintakoealueelle kallion soveltavuusluokittelun edetessä. Vuoden 2017 aikana tuotettiin tarkennuksia myös kapselikuilun injektointi- ja nousuporaussuunnitelmiin.

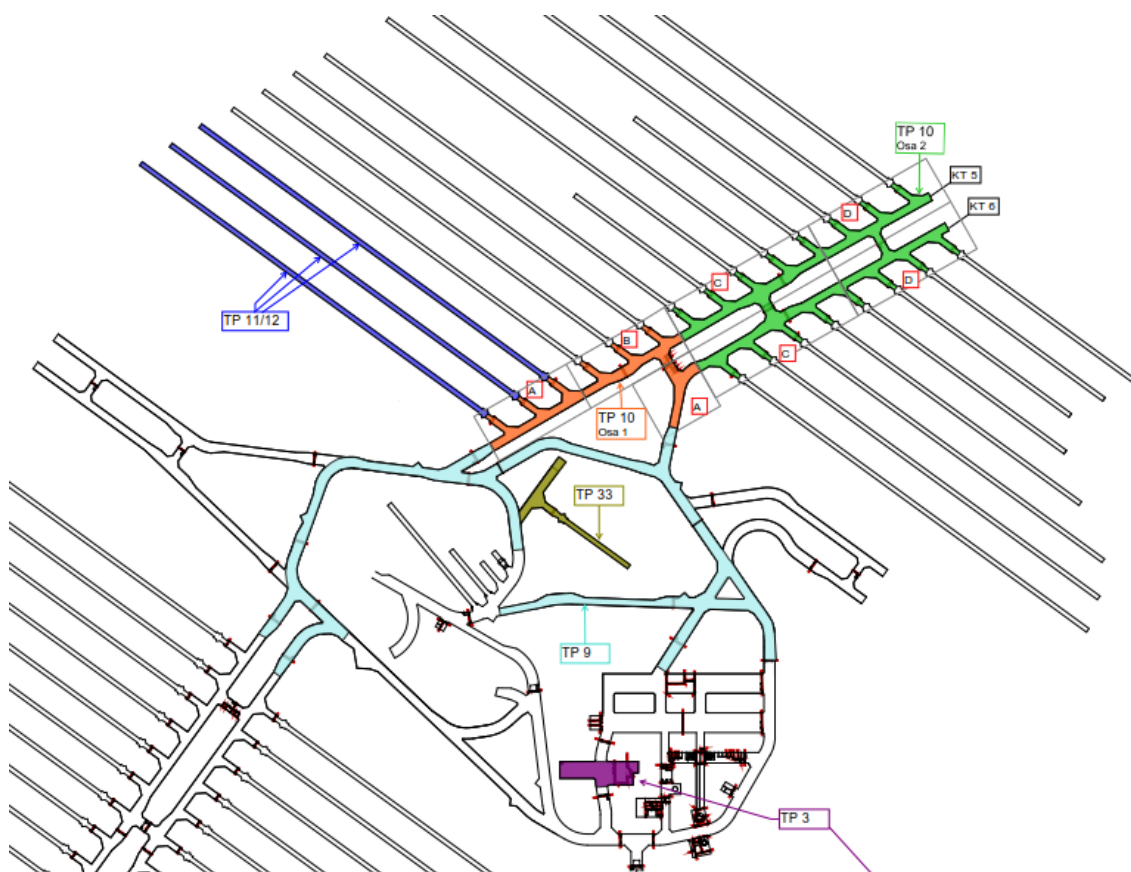
Loppusijoituslaitoksen teknisten järjestelmien suunnittelu jatkui LVI-, sähkö- ja automaation suunnittelun osalta siten, että teknisten tilojen toteuttaminen on mahdollista vuosien 2019–2022 aikana.

4.7.2 Rakentaminen

Vuoden 2016 alussa alkaneen ONKALO-vaiheen viimeisen kalliorakennusurakan (TU6) toteutuslaajuus käsitti ajoneuvoyhteydet 16 ja 17 sekä teknisen alueen pysäköintihallin 2. TU6-urakan toteutuslaajuuteen kuuluvat tilat on esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 4-5). Louhinta valmistui vuoden 2017 alussa, vaikkakin lujitusten toteuttaminen jatkui syyskuuhun 2017. Louhintaa jatkettiin joulukuussa 2016 LTU1-urakan kalliorakennustöillä, jotka kohdistuivat pääosin loppusijoituslaitoslaajuuden ajoneuvoyhteystunneleihin ja kapselin vastaanottoaseman kalliotilaan. Urakan kokonaislaajuus oli 116 000 m³, josta vuonna 2017 louhittiin noin 70 000 m³. Louhintaa eri tunneliosuuk-sissa hidastivat ennakoimattomat injektointityöt. Injektointitöillä ei kuitenkaan ole ollut huomattavaa vaikutusta louhintamääriin, sillä työn alla on ollut samaan aikaan useampi perä. Aikataulussa etenemiseen vaikutusta on kuitenkin ollut, keskustunneliin 5 suunniteltu pilottikairaus lykkääntyi vuodelle 2018. Louhinnat ja rakennustyöt jatkuivat vuoden 2017 aikana myös kapselikuilun kuiluyhteyksissä. Työt valmistuivat suunnitellussa aikataulussa. Ajoneuvoyhteystunneleiden louhinta jatkui vuoden 2018 kesäkuulle. Louhittujen tilojen lopulliset lujitustyöt seuraavat hieman jäljessä ja niitä jatketaan urakan loppuun saakka. Posivan tavoitteena on aloittaa turvallisuusluokkaa 3 olevien keskustunneleiden louhinta vuoden 2018 aikana (kuva 4-6).



Kuva 4-5. TU6-urakan toteutuslaajuus.



Kuva 4-6. Kuvassa oranssilla keskustunneleiden ensimmäisenä rakennettava vaihe.

Vuoden 2016 alussa käynnistettiin valmistelu ONKALO-vaiheessa nousuporaton henkilökuilun lujittamiseksi ennen henkilöhissin teräsrakenteen asennustöitä. Lujitusmenetelmän vaihtamisen vuoksi toteutus on viivästynyt.

Loppusijoituslaitoksen laajuuteen kuuluvan kapselikuilun esi-injektoinnit aloitettiin maan pinnalta maaliskuussa 2017. Injektoinnit toteutettiin tasoväleittäin siten, että ensimmäisen osuuden nousuporaukseen voitiin siirtyä helmikuussa 2018. Nousuporauksen alkaessa injektointi oli valmiina maan pinnasta tasolle -290 m saakka. Nousuporauksen arvioidaan valmistuvan vuoden 2018 loppuun mennessä.

Vuosien 2016–2018 aikana on toteutettu rakennusteknisiä töitä kapselikuilun nousuporausta valmistevina töinä. Kapselikuiluperiin ja kapselin vastaanottoaseman alueelle toteutettiin sekä väliaikaisia suojaseiniä pölyn leviämisen estämiseksi että pysyviä väliseiniä. Edellisten lisäksi teknisen alueen pohjoispuolelle toteutettiin seinärakenteet, jotta 2020-luvulla jatkuvien louhintojen vaikutus teknisen alueen rakennus- ja taloteknisiin töihin olisi vähäisempää.

4.8 Turvallisuusperustelu

Paikankuvaus ja turvallisuusperustelu yhdistettiin vuoden 2017 aikana Turvallisuusperusteluohjelmaksi. Ohjelmaan kuuluvat hankkeet ovat tutkimus- ja kehityshankkeita, jotka tuottavat loppusijoituspaikkaan liittyvää monialaista tutkimustietoa. Ohjelman

tarkoitus on vastata Olkiluodon paikankuvaukseen ja evoluutioon liittyviin avoimiin kysymyksiin turvallisuusperustelun vaatimalla tavalla.

Ohjelmassa on jatkettu Olkiluodon varmentavien paikkatutkimusten, paikan evoluution mallinnuksen ja aiempien turvallisuusperustelua tukevien tutkimusten työtä siten, että sijoituspaikkaan ja sen kuvaukseen liittyvät viranomaisvaatimukset sekä turvallisuusperustelussa havaitut puutteet on voitu huomioida. Ohjelman tavoitteena on tuottaa turvallisuusperustelu käyttölupaa varten.

4.8.1 Paikankuvaus

Edellisen YJH-kauden aikana aloitettiin paikankuvaukseen tähtäävät työt liittyen loppusijoituspaikan hydrogeologiaan, rakoverkkomallinnukseen, hydrogeokemiaan, kalliomekaniikkaan sekä seismologiisiin ominaisuuksiin. Nämä työt ovat kytköksissä toisiinsa integroidun paikankuvauksen tuottamiseksi.

Hydrogeologisen paikankuvauksen tarpeisiin on tuotettu ja analysoitu hydrogeologista tietoa, jota hyödynnetään paikankuvaukseen tarvittavassa mallinnuksessa, turvallisuusperustelussa, loppusijoituslaitoksen asemoinnissa ja kallion soveltuvuusluokittelussa. Työn päätuote on Olkiluodon hydrogeologian kattavan kuvauksen esittävä raportti *Hydrogeology of Olkiluoto*. Hydrogeologian paikankuvauksen tuottamisessa eräs tärkeimmistä tiedoista on Olkiluodon integroitu rakoverkkomalli (DFN). Tämä malli ja muu loppusijoituskallion rakoiluun liittyvä tilastollinen kuvaus tuotetaan Rakoverkkomallinusprojektissa.

Hydrogeokemian paikankuvauksen tavoitteina on loppusijoituspaikan pohjavesikemian kuvaus. Tärkein tuotos tulee olemaan ristiriidaton käsitys ja malli pohjavesikemian kehityksestä menneisyydestä tähän päivään ja niistä prosesseista, jotka säätelevät hydrogeokemialliset olosuhteet. Projektissa selvitetään prosessit, jotka mahdollisesti stabiloivat olosuhteet loppusijoituksen kannalta suotuisiksi ja määritetään niihin kytkeytyvä kallion puskurikapasiteetti turvallisuusperustelun tarpeisiin.

Kalliomekaniikan paikankuvaustyö on ohjelmakauden aikana keskittynyt kalliomekaanisen perustilan määrittämiseen ja lisäksi tulosten yhteenveto *Rock Mechanics of Olkiluoto* - ja *Olkiluoto Site Description* -raportteja varten on aloitettu.

Turvallisuusperustelun tarvitsemia lähtötietoja maanjäristysten todennäköisyyksistä ja vaikutuksista Olkiluodon alueella on selvitetty edellisen ohjelmakauden aikana. Tietoja käytetään muun muassa kallioliikuntoihin liittyvissä kapselien rikkoutumisskenaarioissa, kallion soveltuvuusluokittelun (Rock Suitability Classification, RSC) kehitys- ja optimointityöhön sekä lähtötietoina loppusijoituslaitoksen suunnittelua ja rakentamista varten.

Lisäksi loppusijoituspaikkaan liittyvien erityisten kysymysten selvittämiseksi on käynnissä myös muita erillishankkeita, joita on mainittu alla.

Kuusisenmaalta Olkiluodon länsipuolelta meren alle kairatun kairareiän (OL-KR58) avulla on edellisen ohjelmakauden aikana selvitetty pohjavesien kehitystä kuvaavaan

malliin liittyviä avoimia kysymyksiä, kuten se, miksi kallion raoissa oleva vesi on suolaisempaa kuin kallion huokosissa ja että esiintyykö Olkiluodossa suolaisen pohjaveden alueellista hidasta kohoamista. Kairareian suolaisuusjakauma on karakterisoitu, mutta hydraulista painejakaumaa ei ole vielä päästy määrittämään. Merireian tulokset vahvistavat oletusta, että stabiileissa hydrogeokemiallisissa olosuhteissa sulfidipitoisuus on hyvin pieni. Varsinainen yhteenveto tuloksista tehdään vuosien 2018–2019 aikana ja raportoidaan paleohydrogeologisessa raportissa.

Edellisen ohjelmakauden aikana on kartoitettu sulfidin muodostukseen vaikuttavia tekijöitä, kuinka paljon kallioperässä ja savimateriaaleissa on mahdollisuus muodostua sulfidia, miten tuotteet mahdollisesti kulkeutuvat kapselille ja mikä on niiden vaikutus kapselin korroosioon. Tehtyjen projektien sisällä on saatu varmistusta mikrobien käyttämisestä energianlähteistä, kuten vedyn käytöstä ja sen saatavuudesta sulfidin muodostukseen. Erityisesti on havaittu raudan tärkeä rooli toimia sulfidinieluna sekä geosfäärissä että savimateriaaleissa. Lisäksi on suunnitellusti kehitetty lähialueen mallinnusta ja laskettu erilaisia teoreettisia tapauksia sulfidin kulkeutumisesta kapselille. Mallinnustapaa tullaan käyttämään turvallisuusperustelun laskentoihin Posivan konseptille relevantteilla lähtötiedoilla. Myös geosfäärin liittyvää paikkamittakaavan sulfidin reaktiivista kulkeutumismallinnusta on kehitetty toimintakykyanalyysin tarpeita varten.

Kallion pidätyskykyyn ja diffuusio-ominaisuuksiin liittyen on selvitetty Olkiluodon tiiviin kallion kykyä hidastaa radionuklidien liikettä kallioperässä. Tutkimusten tavoitteena on varmentaa radionuklidien kulkeutumismallinnuksessa tehtyjen olettamusten, erityisesti nk. matriisidiffuusion, oikeellisuutta todellisen syvän, ehjän kallion olosuhteissa. Lisäksi tutkimukset tuottavat tietoa, joka tukee tulkintoja kallion huokosrakenteen merkityksestä hydrogeokemiallisten olosuhteiden stabiilisuuteen syvällä kallioperässä. Projektissa on vielä meneillään läpidiffuusiokoe.

Posiva on edellisellä ohjelmakaudella aloittanut tutkimukset koskien jääkauden aiheuttamaa hydrologista ääritilannetta, jossa alkuperältään hyvin laimeita vesiä voi päätyä syvälle kallioperään esimerkiksi jäätikön sulamisvaiheessa. Tätä on tutkittu Salpausselän (II) reunamuodostumalla, jonka historia tunnetaan melko tarkasti. Pohjavedestä tehtyjen isotooppianalyysien perusteella jäätikön sulavesiä on havaittu useiden satojen metrien syvyydeltä ja tutkimukset jatkuvat edelleen syvemmälle kallioperään. Tämänhetkiset tulokset indikoivat, ettei sulavesi ole täysin syrjäyttänyt aiempaa pohjavettä, koska Saimaalla vesinäytteet ovat olleet huomattavasti tyypillistä sulavettä suolaisempia.

Loppusijoitusreikien vaatimustenmukaisuutta tutkivan hankkeen tavoitteena on ollut arvioida rei'issä mahdollisesti tapahtuvaa porauksen jälkeistä muutosta ja vaurioitumista sekä selvittää loppusijoitusreikien mittauksissa käytettävien menetelmien toimivuus ja tarkkuus. Selvityksiä on tehty testeillä laboratorio-olosuhteissa ja ONKALossa koeloppusijoitusrei'issä tehdyillä testimittauksilla. Työ valmistui vuonna 2018. Projektissa saatiin tietoa laserskannausmenetelmien ja fotogrammetristen mittausten tarkkuuksista, eroista ja tuloksiin vaikuttavista tekijöistä, kuten kivilajivaihtelu ja kosteus.

Louhinnan vauriovyöhykettä (Excavation Damaged Zone, EDZ) tutkivan hankkeen tavoitteena on EDZ-hallinnan tuotteistaminen, mukaan lukien mittausmenetelmien sekä -työkalujen määrittelyn että hankinnan implementointi osaksi tuotantoa. Kuluvan oh-

jelmakauden aikana on määritetty usean maanalaisen alueen louhinnan vauriovyöhyke ja kehitetty tutkimusmenetelmiä, joita tullaan käyttämään tuotannon aikaisen louhinnan vauriovyöhykkeen määrittämisessä. EDZ-työssä on luotu GPR EDZ -mittausjärjestelmä, jossa louhinnan laadunhallintamittaukset voidaan toteuttaa maatumalla nopeasti sekä luotettavasti tuotannon aikana. Järjestelmään syötetään mitattu aineisto, ja ohjelmisto tuottaa raportin mittausalueen louhintavaurion syvyydestä ja sijoittumisesta mittausalueeseen sekä visualisoi tuloksen.

Ympäristön radioaktiivisuuden perustilaselvityksessä kartoitetaan uuden kapselointilaitoksen toimintaa edeltävä lähtötilanne ja ympäristöolosuhteet laitospaikalla ja sen lähiympäristössä ympäristön radiologisen tilan osalta. Tarkkailukohteina ovat ympäristön säteilytaso ja merkittävimpien radionuklidien aktiivisuudet. Työ käynnistyi keväällä 2018.

4.8.2 Turvallisuusperustelu

Turvallisuusperustelu on todisteiden, analyysien ja perustelujen yhteenveto, jonka avulla perustellaan loppusijoituksen turvallisuus ja turvallisuudesta tehtyjen arvioiden luotettavuus. Turvallisuusperustelu kuvataan usein raporttikokonaisuutena, joka Posivan tapauksessa koostuu kahdeksasta pääraportista ja täydentävistä taustaraporteista.

Käyttölupahakemuksen turvallisuusperustelun pääraportit ja suunniteltu raporttikokonaisuus on esitetty *Safety Case Plan for the Operating Licence Application* -raportissa (Posiva 2017a) ja ne ovat:

- *Synthesis*-raportti, jossa esitetään yhteenveto Olkiluotoon rakennettavan loppusijoituslaitoksen suunnitteluperusteista, turvallisuusperustelun metodologiasta sekä toimintakykyanalyysin ja turvallisuusanalyysin keskeisimmistä tuloksista.
- *Design Basis* -raportti, jossa esitetään KBS-3V-loppusijoitusratkaisun suunnitteluperusteet pitkäaikaisturvallisuuden näkökulmasta perustuen Posivan vaatimustenhallintajärjestelmään.
- *Initial State* -raportti, jossa kuvataan loppusijoitussysteemin alkutila ja pintaympäristön tila aikana, jolloin loppusijoitus aloitetaan.
- *LILW repository assessment* -raportti, jossa analysoidaan matala- ja keskiaktiivisen jätteen vuorovaikutus käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen sillä oletuksella, että matala- ja keskiaktiivinen jäte tullaan sijoittamaan loppusijoituslaitoksen yhteyteen.
- *Features, Events and Processes (FEP)* -raportti, jossa esitetään loppusijoitusjärjestelmään vaikuttavat merkitykselliset ilmiöt, tapahtumat ja prosessit sekä niiden vuorovaikutukset.
- *Performance Assessment and Formulation of Scenarios* -raportti, jossa esitetään loppusijoitusjärjestelmän toimintakyky ja vapautumisskenaarioiden valinta turvallisuusarviointia varten.
- *Models and Data for the Repository System* -raportti, jossa kuvataan maanalaisen loppusijoitusjärjestelmän kehityskulkujen ja vapautumisskenaarioiden tarkastelussa käytetyt mallit ja niiden lähtötiedot.
- *Analysis of Releases* -raportti, jossa esitetään radioaktiivisten aineiden päästöt loppusijoituslaitoksen analysoiduille vapautumisskenaarioille.
- *Complementary Considerations* -raportti, jossa kuvataan antropogeenisiä ja luonnonanalogoita, yksinkertaisin menetelmin tehtyjä laskelmia sekä loppusijoituspai-

kan geologista historiaa koskevia havaintoja ja muita tarkasteluja turvallisuusperustelun tueksi.

Edellisen ohjelmakauden aikana turvallisuusperustelun raportointi on siirtynyt verkkoympäristöön (Contents Management System, CMS), jossa edellämainittuja raportteja on valmisteltu ja kirjoitettu. Lisäksi on luotu FEP-tietokanta ja perustettu sekä otettu käyttöön Turvallisuusperustelu-tietokanta (Safety Assessment data base, SADB). *Design Basis* -raportin vedos lähetettiin STUKille esitarkastukseen ja kommentointiin. Lisäksi *Failure Model and Effects Analysis* -raportti (working report 2017-30), sekä *Modelling of Chemical Influences from Posiva's Low and Intermediate Level Waste Repository on the Spent Nuclear Fuel Repository* (working report 2017-03) -raportti on julkaistu.

Käyttölupahakemuksen turvallisuusperustelussa vedetään yhteen Posivan Turvallisuusperustelu-, Kapseli ja Polttoaine - sekä Puskuri, täyttö ja sulkeminen -ohjelmien tulokset. Näiden lisäksi turvallisuusperusteluohjelmaan kuuluvat myös:

- Biosfääri- ja annosarviointi,
- Ilmastokehitys,
- Ikiroutamallinnus, ja
- Hydrologinen ja hydrogeokemiallinen evoluutio.

Biosfääri- ja annosarvioinnissa on edellisen ohjelmakauden aikana raportoitu aiemmin tehtyjä tutkimuksia ja laskettu tästä aineistosta uudet, lähinnä paikkakohtaiseen aineistoon perustuvat, annos- ja kulkeutumismallinnuksen parametrit. Lisäksi on tehty uudet maastonkehitysmallinnukset pohjautuen päivitettyyn maaperämalliin, ilmastomallinnsiin ja pinta-hydrologian malliin.

Pitkäaikaisturvallisuuden arviointi loppusijoitukselle kattaa loppusijoituksen jälkeiset miljoona vuotta ja siksi myös ilmastoevoluutio tarvitaan samalle ajanjaksolle. Suurien epävarmuuksien vuoksi ilmastonkehitys näin pitkissä aikaskaaloissa käsitellään ja kuvataan erilaisilla ilmaston kehityskulun vaihtoehdoilla, nk. ilmastolinjauksilla. Ilmastolinjauksilla tarkastellaan jääkausien ja lämpöisten kausien esiintymistä seuraavan miljoonan vuoden aikana ja samalla tarkastellaan ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden laskua esiteolliselle tasolle. Nämä asiat on selvitetty kuluvan ohjelmakauden aikana.

Ikiroudan kehittymisen ja maksimisyvyyden määrittäminen Olkiluodon tulevaisuuden ilmastolinjojen mukaisesti aloitettiin edellisen ohjelmakauden aikana mallin päivittämisellä. Työssä tuotetaan menetelmä, jota voidaan käyttää kattaviin ikiroutatarkasteluihin, jotka ottavat huomioon myös ajalliset ja alueelliset muutokset. Menetelmä tuottaa tietoa, jonka avulla kehitetään nykyistä käsitystä ikiroudan kehittymisestä eri ilmasto-olosuhteissa (esim. ikiroutailmasto vs. jääkausi) ja samalla tarkastellaan ikiroudan herkkyyttä ilmasto-, maanpinta- ja kasvillisuusvaihteluille.

Hydrologinen ja hydrogeokemiallinen evoluutiomallinnus tuottaa tietoa loppusijoituspaikan kalliopohjavesiolosuhteiden tulevasta kehityksestä ja tukee ymmärrystä paikan soveltuvuudesta. Projekti tuottaa kuvauksen pohjavesien virtauksesta ja kemiallisesta kehityksestä satojen tuhansien vuosien ajalle. Tämän lisäksi projektissa tuotetaan vierasaineiden (kallioon luonnollisesti kuulumattomien aineiden esim. sementti ja betoni)

rapautumis- ja kulkeutumismallinnus sekä rakentamisen pohjavesivaikutusten reaktiivinen kulkeutumismallinnus. Mallinnustuloksia käytetään arvioimaan niin peruskallion kuin teknisten vapautumisesteidenkin toimintakykytavoitteiden täyttymistä erilaisissa hydrogeologisissa ja hydrogeokemiallisissa olosuhteissa sekä radionuklidien vapautumis- ja kulkeutumianalyyseissä. Edellisen ohjelmakauden aikana tuotettiin työn projektisuunnitelma.

Ohjelmien ulkopuolisista projekteista turvallisuusperusteluohjelmalla on kytköksiä myös KBS-3H-, FISST- ja Käyttölupahakemusprojekteihin.

4.9 Tuotantoon valmistautuminen (TUVA)

Tuotantoon valmistautuminen -ohjelmassa (TUVA) varmistetaan, että mm. asennuslaitteet, testit ja tuotantotoiminta on suunniteltu, valmistettu ja toteutettu ennen käyttövaiheeseen siirtymistä.

4.9.1 Asennuslaitteiden kehitys

Asennuslaitteiden kehitys on jatkunut vuoteen 2018 ja FISST:n aloitukseen (luku 4.10) asti. Teknisten vapautumisesteiden (Engineered Barrier System, EBS) asennukselle on myös mietitty vaihtoehtoisia ratkaisuja, joilla kokonaisturvallisuus pysyisi samalla tasolla referenssimenetelmien kanssa, mutta tuotantotehokkuus ja toimintavarmuus lisääntyisivät.

Etenkin **tunnelitäyttömateriaalin asennuslaitteeseen** (TMA) on tehty luotettavuuden parantamiseen ja tuotannollisuuteen tähtääviä kehityshankkeita. Lisäksi TMA:lle on suunniteltu ja valmistettu **lohko- ja pellettikasetit**, joista täyttömateriaali syötetään TMA:lle.

Lohkokasetin tehtävänä on liikutella lohkoilla täytettyjä metallilavoja TMA:n tarttujan ulottuville. Kun lavat toisensa jälkeen tyhjenevät, voidaan ne TMA:n alipainetarttujalla nostaa lohkokasetin ylähyllylle odottamaan täyttöä uusilla lohkoilla. Pellettikasetin tehtävänä on syöttää tunneliin lohkojen ja tunnelin seinien sekä katon väliin pellettiä. Pellettikasetissa on pellettipurkaimen ja puhalluslaitteiston lisäksi imurilaitteisto, jolla pellettipuhalluksesta saadaan suurin osa hienojakoisesta bentoniittipölystä imettyä hallitusti takaisin tuotesäkkiin. Näin ilmanlaatu tunnelissa asennuksen aikana saadaan pidettyä kohtuullisena. Kokemusten mukaan pelleteistä irtoavan pölyn määrä on kuitenkin suhteellisen pieni.

Lisäksi tunnelin täyttömateriaalin asennuksessa on aloitettu teollistamistoimenpiteenä granulisen bentoniitin **ruuvipurkainlaitteiston** laitesuunnittelu ja prototyypilaitteen valmistus. Ruuvipurkaimella bentoniitti-granuliseos voitaisiin asentaa keskeytymättömänä ja etäohjattavana loppusijoitustunneliin. Laitteen valmistus ja testaus on tarkoitus aloittaa vuoden 2018 aikana.

Puskurin asennuslaitteen (BIM) käyttövarmuutta on lisätty laitteistopäivityksillä ja turvallisuutta parannettu erilaisilla toimenpiteillä. Etenkin koneen suojuksia on parannettu, jolloin putoamis- ja puristumisriskiä on saatu pienennettyä. Puskurin

asennuslaitteeseen on myös kehitelty uusi alipainetarttuja erityisesti segmenttipuskurin asennusta varten. Segmenttipuskurin asennusta on testattu paitsi maanpäällisessä testihallissa, myös maan alla ONKALOn demonstraatioalueella.

Kapselin asennuslaitteessa ei ole havaittu isoja muutostarpeita, mutta etenkin paikoituksen tarkkuutta on lisätty anturoinnilla ja tarttujan varmennusta on kehitetty. Lopullisen turvallisuusluokitellun laitteen järjestelmäsuunnitteluaineistoa on laadittu vuoden 2017 ja 2018 aikana ja aineisto lähetettiin hyväksyttäväksi STUKiin vuoden 2018 ensimmäisellä puoliskolla.

Loppusijoitusreiän porauslaitteen kehityksessä on edetty raportointi- ja järjestelmäsuunnitteluvaiheen jälkeen hankintavaiheeseen. Vuonna 2017 lähetettiin tarjouspyynnöt potentiaalisille toimittajille. Vuoden 2018 alussa ollaan käyty toimittajakandidaattien kanssa tarjous- ja sopimusneuvotteluja ja laitteen suunnittelun on tarkoitus käynnistyä syksyllä 2018.

4.9.2 Kalliorakentamisen menetelmäkehitys

Vaatimukset loppusijoituslaitoksen louhintatyölle ja louhintatekniikan kehitys ovat johdaneet siihen, että on katsottu tarpeelliseksi selvittää, pystytäänkö louhinta tekemään laadukkaammin ja kustannustehokkaammin, pitkäaikaisturvallisuustekijät huomioiden, muulla kuin perinteisellä poraus-räjäytysmenetelmällä.

Tunneleiden mekaanista louhintaa on perinteisesti tehty TBM-kalustolla (tunnel boring machine) mutta viime vuosien aikana laitetoimittajat ovat kehittäneet lähinnä kaivosteollisuuden tarpeisiin konsepteja, joiden liikuteltavuus ja monikäyttöisyys ovat parempia. Posiva on tutkinut laitetoimittajien konsepteja ja selvittänyt heidän valmiuttaan tarjota tunneleiden louhintaan soveltuvaa laitetta. Alustavat tulokset osoittavat, että laitteet kykenevät tarkkaan louhintajälkeen, mutta niiden soveltuminen tuotantoon saadaan selville vasta myöhemmin, kun laitteita on perusteellisesti testattu. Myös TBM-teknologian selvitys otettiin mukaan menetelmäkehitykseen alkuvuodesta 2018. Tarkoituksena on selvittää, minkälaisia mahdollisuuksia TBM-toimittajat tarjoavat tunneleiden louhintaan.

4.9.3 Käyttöönotto

Käyttöönoton aikana on varmistettava, että laitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet sekä niiden avulla toteutettavat toiminnot täyttävät suunnitteluvaatimukset. Käyttöönoton voidaan katsoa jakautuvan kolmeen päävaiheeseen, jotka ovat laite- ja järjestelmätason koekäyttö, yhteistoimintakokeet sekä ydintekninen koekäyttö. Rakentamislupahakemuksen yhteydessä Posiva laati alustavan käyttöönottosuunnitelman, jonka pohjalta vuonna 2017 laadittiin varsinaisen käyttöönottosuunnitelman ensimmäinen versio. Käyttöönottosuunnitelmassa kuvataan Posivan ydinlaitosten käyttöönoton vaiheet, organisointi ja toimintatavat yleisellä tasolla. Käyttöönottovaiheen suunnittelua jatketaan ja tarkennetaan seuraavina vuosina yhteistyössä Posivan eri toimintojen ja ohjelmien kanssa.

Vuoden 2017 aikana laadittiin yhteistoimintakokeen projektisuunnitelman ensimmäinen versio, joka valmistui tammikuussa 2018. Projektisuunnitelmassa kuvataan pääpiirteittäin yhteistoimintakokeen tavoitteet, edellytykset, vaiheet ja tuotokset.

Koekäytön ja käyttöönoton toteutus kuvataan käyttöönottokäsikirjassa, joka tulee sisältämään sekä hallinnolliset menettelytapohjeet että tekniset ohjeet.

4.9.4 Tuotantotoiminta

Edellisen ohjelmakauden aikana on tuotantotoiminnan aikatauluista ja niiden vaiheiden yksityiskohtaisemmista kuvauksista tehty kaksi versiota. Nämä aikataulut ovat yksityiskohtaisuudessaan ensimmäisiä laatuaan ja niiden lähtökohtana oli Laitoskuvaus 2015 -raportti (Posiva 2016b) taustaraportteineen. Ensimmäinen tuotantosuunnitelma käsitti maanalaisen toiminnan ja toisessa olivat mukana myös maanpäälliset laitokset eli kapselointilaitos polttoaineen siirtoineen KPA-varastolta sekä savikomponenttien tuotantolaitokset käsittäen myös raaka-aineiden hankinnat. Ensimmäinen tuotantosuunnitelma kattoi omistajien kaiken käytetyn polttoaineen loppusijoittamisen ja toinen ensimmäisen noin 30 vuoden jakson.

Ensimmäisen tuotantosuunnitelman tekemisen yhteydessä tulivat esiin kriittiselle polulle asetettavat työvaiheet ja tuotantotoiminnan vaatimat suuret ajomäärät loppusijoitustunneleissa. Lisäksi havaittiin tarkempien lähtötietojen määrittelytarpeita.

Näitä määrittelyjä lähdettiin tekemään toiseen tuotantosuunnitelmaan ja lisäksi on käynnistetty teollistamistoimenpiteitä, kuten vaihtoehdoisen täyttömenetelmän kehitys. Toiseen tuotantosuunnitelmaan tuotanto saatiin asetettujen tavoitteiden mukaiseksi, mutta lähtötiedoissa ilmeni edelleen lisämäärittelytarpeita.

Toisen tuotantosuunnitelman jälkeen on lähtötietojen määrittelyä lisäksi tehty yksityiskohtaisempia työvaiheiden kuvauksia, joiden käyttämisestä tullaan keräämään kokemuksia FISSTistä. Tämän lisäksi on mm. koestettu saviraaka-aineiden hankintarutiinien toimivuutta tuotannon kaltaisissa olosuhteissa sekä tuotannon asettamien vaatimuksin.

4.9.5 Kunnossapito

Kunnossapitotoiminnalla pyritään Posivan rakennusten, järjestelmien, koneiden ja laitteiden turvalliseen ja häiriöttömään kokonaistaloudelliseen käyttöön.

Posiva on vuonna 2014 laatinut ikääntymisen hallinnan periaatesuunnitelman, jossa on kuvattu muun muassa Posivan kunnossapitostrategia. Posivan kunnossapitostrategia jaetaan kolmeen osa-alueeseen: 1) ennakkohuolto, 2) korjaava kunnossapito, ja 3) parantava kunnossapito.

Kunnossapidon suunnittelu aloitettiin vuonna 2016 osana tuotantoon valmistautumista perustamalla TUVAn-ohjelman alle tähän liittyen projekti. Projektin suunnitelmassa kuvataan Posivan kunnossapitotoiminnan liittyminen muihin TUVAn projekteihin ja osaprojekteihin sekä projektin resursoinnin, hallinnon ja laadunhallinnan menettelyt.

Projektin tavoitteena on suunnitella ja ohjeistaa Posivan kunnossapitotoiminta tuotantovaihetta varten niin, että kunnossapito tulee huomioitua jo suunnittelu- ja toteutusvaiheessa sekä kunnossapitotoiminnan vaatimukset huomioiden että tuotantoa palvellen.

Kallioteknisiä kunnossapito-ohjelmia koskien laadittiin vuonna 2016 jäsenelty kuvaus Posivan kallioteknisen kunnossapidon senhetkisestä tilasta sekä tunnistettiin kehityskohteita kunnossapidon kattavuuteen, laatuun ja kustannustehokkuuteen liittyen. Merkittävimpien tunnistettujen kehityskohteiden osalta aloitettiin kehitystyöt. Projektin tavoitteena on jatkaa kallioteknisten kunnossapito-ohjelmien kehittämistä tunnistettujen kehityskohteiden ja osakokonaisuuksien osalta.

Loppuvuonna 2017 laadittiin asiakirja *Kunnossapidolliset tehtävät valmistauduttaessa käynnissäpitovaiheeseen*, joka julkaistiin helmikuussa 2018. Tässä asiakirjassa on kuvattu tehtävät, jotka liittyvät Posivan kunnossapitotoiminnan perustamiseen sekä kunnossapidon toteuttamiseen jo luovutettujen järjestelmien osalta. Tehtävät kattavat sekä organisatorisen että teknisen perustamisen siten, että kunnossapidon valmiudet ovat linjassa hankkeen etenemisen kanssa, mahdollistavat käyttöluvan hakemisen ja saannin eli siirtymisen ydintekniseen koekäyttöön, ja että kunnossapidon valmius on oikealla tasolla käynnissäpitovaiheeseen siirryttäessä. Dokumentin tavoitteena on tunnistaa laaja-alaisesti perustamisvaiheessa tarpeelliset tehtävät, kuvata niille tavoitteet ja aikataulu sekä dokumentoida tehtävän suorittamisessa huomioon otettavia seikkoja. Dokumentti tukee siten kunnossapitotoiminnan perustamista ohjauksineen ja resursoineen.

4.10 Täyden mittakaavan järjestelmäkoe (Full Scale In-Situ System Test, FISST)

Täyden mittakaavan järjestelmäkokeen (Full Scale In-Situ System Test, FISST) suunnittelu käynnistettiin vuonna 2015. FISST-kokeessa asennetaan vuoden 2018 aikana ONKALON demonstraatiotunnelin 2 (DT2) peräosaan (PL50–PL104) täyden mittakaavan loppusijoituskoe sisältäen kaksi loppusijoitusreikää puskurineen ja kapselimeen, noin 50 metriä tunnelitäyttöä sekä loppusijoitustunnelin päätytulpan. Käytettävät EBS-komponentit tulppaa lukuun ottamatta on valmistettu komponenttien valmistustekniikan kehitysprojekteissa ja komponenttien asennus tehdään Posivan TU-VA-ohjelman rakentamalla prototyypiasennuslaitteilla. FISST-projektin laajuuteen kuuluu tilan valmistelu asennusta varten, tulpan alueen louhinta, komponenttien modifioinnit testiä varten, komponenttien asennustyöt, monitoroinnin asentaminen ja käyttöönotto sekä töiden raportointi.

Vuoden 2017 tavoitteena oli asennusvalmius, johon tähtäävä työ ja EBS-komponenttien muutostyöt käynnistyivät aiemmin. Kuparikapselien ja niiden valurautasisäosien muokkaustyöt pitivät sisällään lämmitysjärjestelmän toteuttamisen ja näihin liittyvät lämpötilamittausjärjestelmät kapselin eri osiin sekä urat ja läpiviennit kaapeloinneille. EBS-komponentit ja niiden materiaalit valmistettiin suunnitelmien mukaan. Puskurilohkot valmistettiin kahdella eri tavalla, toiseen koeloppusijoitusreikään referenssiratkaisun mukaiset isostaattisesti puristetut lohkot ja toiseen reikään yksiaksiaalisesti puristetuista segmenttilohkoista koottu puskuri. Tunnelintäyttömateri-

aali koostui kahdesta eri bentoniitista. Koejärjestelyjen toteuttamisen kannalta merkittävässä roolissa olivat FISST:n kalliotyöt, kuten tulpan alueen työstäminen ja instrumentointia varten tehtävät kalliourat. Monitorointijärjestelmä hankittiin kokonaisuudessaan ja asennettiin paikoilleen vuoden 2018 alkupuolella ennen EBS-komponenttien asentamista. Lisäksi yhteensovitettiin Posivan hydrogeologian ja hydrogeokemian monitorointiohjelmat palvelemaan myös FISST:n ympäristöä varsinaisen EBS-monitoroinnin lisäksi.

FISST-kokeen tietokonesimuloinnit viimeisteltiin hyödyntäen koepaikalta kerättyä paikkadataa mm. siirrosvyöhykkeiden ja vuotovesien osalta. Lisäksi FISST-kokeeseen valittujen savikomponenttien ominaisuuksia määritettiin tarkemmin simulaatioita varten. FISST-kokeen lämpötilan ja vettymisen osalta kytketty simulaatio saatiin valmiiksi herkkyytarkasteluineen.

Ennen asennusvaiheen käynnistymistä kesällä 2018 testattiin demotiloissa segmenttilohkojen asentamista TUVAn toimesta. FISST-kokeen seuranta varten sensorit ja anturit upotettiin koeloppusijoitusreikien uriin ja tunnelin lattiaan ja johdot peitettiin betonilla. Näin instrumentaatio ja johdot ovat suojassa esim. bentoniitin paisuntapaineelta, aiheuttaen mahdollisimman vähän häiriötä kapselin, puskurin ja täytön asennustöille. Puskurin ja kapselin asennus suoritettiin heinäkuussa 2018 asennusvaatimusten mukaisesti (kuva 4-7). Tunnelintäytön asentaminen käynnistyi elokuussa 2018 ja kokeen lämmitysjärjestelmä kytkettiin päälle elokuussa 2018.



Kuva 4-7. Kapseli on asennettu instrumentoituun koeloppusijoitusreikään.

4.11 Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen luvittaminen

Posivan valmistautuminen käyttöluvahakemuksen jättämiseen aloitettiin heti rakentamisluvan myöntämisen jälkeen. Posivan ydinjätelaitosten luvittaminen jaetaan kahteen osaan, laitostason luvittamiseen ja järjestelmätason luvittamiseen eli kelpoistamiseen.

Laitostason luvittamisella varmistetaan, että laitokset rakennetaan turvallisiksi ja niiden käyttö tulee olemaan turvallista. Laitostason luvittamista varten perustettiin vuonna 2016 käyttöluvaprosjekti, jonka tehtävänä on hankkia kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle käyttöluva loppusijoituksen aloittamiseksi.

Käyttöluvaprosjektin laajuus ja sisältö on esitetty käyttöluvaprosjektin prosjektisuunnitelmassa, joka on toimitettu STUKille tiedoksi. Valtioneuvostolle toimitettavan käyttöluvahakemuksen sisältö määritellään ydinenergia-asetuksen 33 ja 34 §:ssä ja edellytykset käyttöluvan myöntämiselle ydinenergialain 20 §:ssä. STUKille toimitettavalla käyttöluvahakemusaineistolla osoitetaan ydinjätelaitosten turvallinen käyttö ja loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus. Posivan käyttöluva-aineisto perustuu rakentamislupahakemuksen yhteydessä toimitettuun aineistoon ja ydinenergia-asetuksessa sekä YVL-ohjeissa toimitettavaksi määriteltyihin asiakirjoihin ja selvityksiin. Tämän lisäksi toimitetaan ydinjätelaitosten rakentamisen aikana, ennen käyttöluvahakemuksen jättämistä STUKille tiedoksi, tarkastettavaksi tai hyväksyttäväksi aineistoa ja myös yhteenveto laitoksen ohjeistosta.

Käyttöluvaprosjekti on jaettu osakokonaisuuksiin ja prosjektisuunnitelma on laadittu Posivan johtamisjärjestelmässä kuvatuin prosjektinhallintamenettelyin. Jokaiselle osakokonaisuudelle on nimetty vastuuhenkilö ja laadittu oma aikataulu. Käyttöluvaprosjektia hallinnoi Posivan turvallisuusyksikkö, josta prosjektille on nimetty prosjektipäällikkö. Posivan sisäiset vaatimukset on kuvattu prosjektisuunnitelmassa, jossa esitetään mm. prosjektin tavoitteet, aikataulu, riskit, kustannukset, viestintä ja organisointi. Posiva käyttää käyttöluvahakemusaineiston laatimisessa omaa henkilöstöään ja alihankkijoita sekä omistajiensa osaamista.

Valmius käyttöluvahakemuksen jättämiseen on saavutettu, kun ydinlaitos on rakennettu ja kelpoistettu siten, että laitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet sekä toiminta voidaan kuvata käyttöluva-aineistossa ja laitoksen turvallinen käyttö sekä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuus voidaan osoittaa turvallisuusanalyysin.

Käyttöluva-aineistoa tullaan toimittamaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kummallekin laitokselle yhteisellä hakemuksella vuoden 2021 lopussa, jolloin käyttöluvahakemus jätetään valtioneuvostolle. Hakemusta täydennetään toisessa vaiheessa vuosien 2022–2023 aikana ns. as-built aineistolla, joka syntyy käyttöönotosta ja kuumakokeista saatujen aineistojen ja kokemusten perusteella.

Ydinlaitoksen käyttöluvaa haetaan valtioneuvostolta. Luvan hakemista ja käsittelyä säätelevät ydinenergialaki ja ydinenergia-asetus. Lupa ydinlaitoksen käyttöön voidaan myöntää, kun ydinenergialain 20 §:n (11.12.1987/990) vaatimukset on täytetty.

Ydinlaitoksen käyttöönoton saa ydinenergia-asetuksen (161/1988) 110 §:n mukaan aloittaa, kun STUK on todennut käyttöluupa-aineiston ja muiden asiakirjojen osalta, että turvallisuuteen vaikuttavat tekijät ja turvallisuutta koskevat määräykset on otettu riittävästi huomioon.

Rakentamisen aikana Posivan laitoksen järjestelmät kelpoistetaan STUKin valvonnassa. Järjestelmätason luvittamisella eli kelpoistamisella varmistetaan, että turvallisuusmerkitystä vastaavat vaatimukset täyttyvät jokaisen järjestelmän ja laitteen osalta. Kelpoistaminen etenee suunnittelun ja rakentamisen aikana ja sen tulee olla valmis ennen laitostason luvittamisen päättymistä. Kelpoistamisesta on laadittu kelpoistussuunnitelma, jota päivitetään säännöllisesti ja ajantasainen versio toimitetaan STUKille tiedoksi. Kelpoistussuunnitelma sisältää järjestelmäsuunnittelun kelpoistamisen aikataulut.

4.12 Vaakasijoitusratkaisu KBS-3H

Posivan referenssiratkaisuna olevan pystysijoitusratkaisun (KBS-3V) rinnalla on yhdessä SKB:n kanssa tehty jo usean ohjelmakauden ajan ns. vaakasijoitusratkaisun (KBS-3H) kehitystyötä, jossa on keskitytty vaakatasoon sijoitettavien kuparikapseleiden loppusijoitusratkaisun erityispiirteisiin. Vaakasijoitusratkaisun jatkokehitystyötä varten perustettiin vuonna 2011 yhteisprojekti "KBS-3H Järjestelmäsuunnitteluvaihe", joka saatiin päätökseen vuonna 2017. Yhteisprojektin tulokset raportoitiin Posivan raporttisarjoissa. Merkittävimmät tulosraportit olivat KBS-3H loppusijoituskonseptin turvallisuusanalyysin suunnitteluperusteet (Posiva 2016c), loppusijoitusjärjestelmän kuvauksen (Posiva 2016d), ilmiöt, tapahtumat ja prosessit (Posiva 2016e) sekä toimintakykyanalyysin (Posiva 2016f) kuvaavat Posiva-raportit.

Yhteisprojektin päätavoitteena oli lisätä ymmärrystä ja suunnitella 3H-vaihtoehtoa teknisesti tasolle, jonka perusteella 3H-vaihtoehdolle voitiin laatia alustava turvallisuusarvio. Turvallisuusarvion yhteydessä on arvioitu jäljellä olevaa kehitystyön määrää, mikäli vaakasijoitusratkaisuun päätettäisiin jossain vaiheessa siirtyä.

Yhteisprojektissa asennettiin täyden mittakaavan MPT-koe (Multi Purpose Test) Äspön kalliolaboratorioon. Kokeen seuranta jatketaan edelleen vuonna 2018, eikä sen purkamisen ajankohdasta ole tehty päätöstä.

Vuonna 2016 Posivassa tehtiin strateginen linjaus KBS-3H-kehitystyön jatkosta. Päätöksen mukaan vaakasijoituksen kehitystyötä ei jatketa välittömästi SKB-yhteistyöprojektin päättymisen jälkeen, vaan Posivan kehitystyössä keskitytään KBS-3V-konseptin avoimien asioiden sulkemiseen. Osa KBS-3V-konseptin avoimista asioista on myös 3H-vaihtoehdossa avoimena ja lisäksi on joitakin 3H-spesifisiä erityiskysymyksiä, jotka vaativat vielä merkittävää kehitystyötä. Keskeisimpänä kehitystyötä vaativana asiana on kysymys hydrogeokemian stabiilisuudesta ja heikon ionivahvuuden vesien vaikutuksesta pitkän loppusijoitusreiän puskurimateriaalin pysyvyyteen. Lisäselvityksiä tulisi tehdä mm. pohjavesiolosuhteiden kehittymisestä ja puskurimateriaalin eroosioon ja sedimentaatioon vaikuttavista prosesseista ja parametreista. Posivan linjauksen mukaisesti vaakasijoitusvaihtoehto pidetään jatkossa strategisena tulevaisuuden vaihtoehtona pääpainon ollessa pystyvaihtoehdon kehittämisessä.

4.13 Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen ydinjätehuolto

Posivalle myönnettyssä rakentamisluvassa myönnettiin lupa rakentaa loppusijoitustiloja kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen tuottamalle matala- ja keskiaktiiviselle ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteelle. Loppusijoitustiloja saa rakentaa siten, että tiloihin voidaan sijoittaa enintään 1 500 m³ matala- ja keskiaktiivista jätettä.

Posiva alkoi vuonna 2017 selvittää käyttölupahakemustaan varten mahdollisuutta hyödyntää samalla laitosalueella sijaitsevan TVO:n ydinvoimalaitoksen järjestelmiä ja loppusijoitustiloja. Posivan omat matala- ja keskiaktiivisen laitosjätteen käsittelyjärjestelmät ja loppusijoitustila ovat edelleen suunnitteluvaramuksena. TVO:n jätteenkäsittelyn hyödyntäminen mahdollistaisi tehokkaamman ja turvallisemman laitosjätteiden käsittelyn, sillä Posivan ydinlaitosten käytön alettua laitosjätteiden määrät ovat pieniä verrattuna TVO:n ydinvoimalaitoksen laitosjätteiden määrään.

TVO on suunnitellut myös muissa maissa laajalti käytetyn maaperäloppusijoituksen aloittamista erittäin matala-aktiivisten laitosjätteiden osalta. Posivan laitosjätteet ovat näissä suunnitelmissa mukana, sillä suuri osa Posivan tuottamasta ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteestä on erittäin matala-aktiivista. Posiva säilyttää suunnitteluvaramukset myös niille rakentamisluvan mukaisille tiloille, joissa Posiva tulevaisuudessa voisi hoitaa itse omat matala- ja keskiaktiiviset laitosjätteensä. Tähän on oltava mahdollisuus myös sen jälkeen, kun Olkiluodon muut ydinlaitokset on käytöstäpoistettu.

Posiva tulee esittämään tarkentuvat suunnitelmansa matala- ja keskiaktiivisten jätteiden osalta käyttölupahakemuksessaan vuoden 2021 lopulla.

4.14 Aluesuunnittelu ja kaavoitus

Posiva toimii yhdessä TVO:n kanssa Eurajoen Olkiluodossa. TVO omistaa suuren osan Olkiluodon saaresta. Posiva on vuokrannut kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle tarvitsemansa maa-alueen TVO:lta. Posivan TVO:lta vuokraamalle ja sitä kautta hallinnoimalle maanpäälliselle alueelle on laadittu aluesuunnitelmat, joissa pyritään optimoimaan maanpäällisen alueen käyttö ja logistiikka palvelemaan loppusijoitustoimintaa tehokkaasti. Vuosien 2016 ja 2017 aikana on aluesuunnitelmien pohjalta toteutettu mm. kapselointilaitoksen sijoittelu ja piha-alueen yksityiskohtaisempi suunnittelu. Tielinjausten jatkosuunnittelun osalta valmisteltiin toteutussuunnittelua kattamaan tulevan kapselointilaitoksen piha-alueen ympäri kulkevaa osuutta.

Kaavoituksen tärkeimpänä tavoitteena on ylläpitää maankäytöllisiä edellytyksiä Suomen suurimmalla energiantuotantoalueella ja varata alueet ydinsähkön tuotannolle ja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukselle siten, että lainsäädännön ja toiminnan turvallisuudelle asettamat vaatimukset täyttyvät. Vuonna 2010 lainvoimaiseksi tullut Olkiluodon osayleiskaava ja vuonna 2011 lainvoimaiseksi tullut loppusijoitusalueen asemakaava vastaavat Posivan tämänhetkisiä tarpeita.

4.15 Monitorointi

Loppusijoituspaikan ja -laitoksen pitkäaikaisen kehityksen seuranta varten on käynnissä Olkiluodon monitorointiohjelma (OMO). Ohjelman tavoitteena on tuottaa tietoa loppusijoituspaikan ja loppusijoitusjärjestelmän tilasta sekä Posivan toiminnan ympäristövaikutuksista Olkiluodossa. Yksi ohjelman tärkeimmistä tavoitteista on varmistaa, että sijoituspaikan kallioperän olosuhteet pysyvät suotuisina pitkäaikaisturvallisuusperustelun asettamien reunaehtojen puitteissa. Monitorointiohjelman toimenpiderajat onkin kytketty samoihin parametreihin ja prosesseihin, joille on Posivan vaatimustenhallintajärjestelmässä (VAHA) asetettu vaatimuksia. Ohjelmaan kuuluu kalliomekaaninen, hydrologinen, hydrogeokemiallinen sekä pintaympäristön monitorointi. Lisäksi ohjelman piiriin kuuluu vielä kehitysasteella oleva teknisten vapautumisesteiden käyttäytymisen monitorointi, jonka tarkoituksena on tuottaa tietoa teknisten vapautumisesteiden käyttäytymisestä käyttövaiheen aikana. Monitorointitutkimuksista julkaistaan vuosittain tutkimuslakohtaiset tulosraportit Posivan työraporttisarjassa. Teknisten vapautumisesteiden monitorointi on vielä kehitysasteella, joten siihen liittyvät kehitys- ja tutkimustulokset raportoidaan muun teknisiin vapautumisesteisiin liittyvän raportoinnin yhteydessä.

Monitoroinnille on asetettu viisi päätavoitetta:

1. Osoittaa seurannan avulla loppusijoituslaitospaikan kallioperän ominaisuuksien säilymistä pitkäaikaisturvallisuuden kannalta edullisina.
2. Kerätä tietoja turvallisuuden kannalta merkittävistä loppusijoituspaikan ominaisuuksista
 - a. Sijoituspaikan soveltuvuuden varmistamiseksi, ja
 - b. Paikkamallien kehittämiseen.
3. Tarkkailla hankkeen ympäristövaikutuksia.
4. Hankkia lähtötietoja ja antaa palautetta loppusijoituslaitoksen rakentajille ja suunnittelijoille rakentamisen vaikutuksesta kallioperään ja pintaympäristöön.
5. Tarkkailla teknisten vapautumisesteiden toimintaa niiden odotetun ja ennustetun käyttäytymisen varmistamiseksi.

Monitorointitoiminta neljän ensimmäisen tavoitteen täyttämiseksi on ollut käynnissä jo vuodesta 2004. Ohjelmaa päivitettiin rakentamisvaiheen tarpeisiin raporttimuodossa vuonna 2012 (Posiva 2013). Tämän lisäksi ohjelmaa tai sen osia on päivitetty useaan otteeseen muistiomuodossa osana normaalia toiminnan kehittämistä niin, että ohjelma vastaa aina kunkin hetken tarpeisiin. Suurin päivitys ohjelmaan tehtiin vuonna 2016, jolloin mm. pintaympäristön monitoroinnin tutkimuksia supistettiin huomattavasti biosfäärimallinnuksen lähtödatojen keruun päättyessä. Lisäksi vuoden 2016 päivityksessä monitorointiohjelman piiristä poistettiin sekä vierasaineiden monitorointi että radiologisen perustilan seuranta, vierasaineiden hallinnan siirryttyä osaksi TVO:n kanssa yhteistä TLTA-menettelyä (turvallisuusluokitellut tarveaineet) ja radiologisen perustilan seurannan siirryttyä omaksi projektikseen. Vuonna 2017 valmisteltiin myös vuonna 2018 toteutettu monitoroinnin toimenpiderajojen päivitys. Päivityksen yhteydessä monitoroitavien parametrien toimenpiderajat kytkettiin VAHA-järjestelmässä oleviin, monitoroitavia prosesseja koskeviin vaatimuksiin osana käyttötoimintaan valmistautumista. Edellisellä ohjelmakaudella päivitettiin myös ohjeistusta ja hallinnollisia menettelyjä esimerkiksi toimenpiderajojen ylitystapauksissa. Myös prosesseja, joilla

varmistetaan monitorointihavaintojen huomioiminen rakentamis- ja käyttötoiminnassa ja sen suunnittelussa on päivitetty.

5 KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS 2019–2024

5.1 Lähtökohdat

Säteilyturvakeskus teki kattavan arvion käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuusperustelusta Posivan käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen tarkastuksen yhteydessä. Sen tuloksena STUK teki päätökset alustavan turvallisuusselosteen (1/H42241/2012, 10.2.2015) ja pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperustelun (1/H42252/2015, 10.2.2015) osalta ydinenergia-asetuksen 35 §:ssä edellytetyistä asiakirjoista sekä turvallisuusperustelusta, joihin liittyvän lisätyön tarpeen STUK esitti Posivalle.

Posiva laati lisätyön kuvaamiseksi ja YJH-2015-ohjelman täydentämiseksi Loppusijoituskonseptin kehitysohjelman (Posiva 2014), jonka se toimitti STUKille huhtikuussa 2014. Vuoden 2015 aikana Posivassa organisoitiin merkittävin osa loppusijoitukseen tähtäävästä toiminnasta eri ohjelmiin ja niiden projekteihin.

STUK teki Loppusijoituskonseptin kehitysohjelmasta päätöksen (7/H42212/2014, 26.5.2015), jossa se edellytti Posivaa mm. kuvaamaan tarkemmin Posivan ohjelmien ja projektien tavoitteissa STUKin vaatimukset, joihin ohjelmat ja projektit liittyvät, sekä turvallisuuteen liittyvät tavoitteet. Tämän lisäksi STUK edellytti Posivaa toimittamaan STUKille tiedoksi kaikki ohjelmat, joissa Posiva esittää suunnitelmia STUKin esittämiin vaatimuksiin tarvittavasta työstä sekä ohjelmien yksityiskohtaiset projektisuunnitelmat turvallisuuden ja STUKin vaatimusten kannalta merkittävistä hankkeista.

Posiva muutti Loppusijoituskonseptin kehitysohjelman rakenteen ja sisällön vastaamaan paremmin STUKin päätöksissään (1/H42252/2015 ja 7/H42212/2014) asettamia vaatimuksia ja odotuksia. Ohjelma sisältää teknisiä vapautumisesteitä, loppusijoituspaikkaa, matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilaa sekä turvallisuusperustelua koskevat tarkemmat suunnitelmat ja siinä kuvataan, mitkä projektit tuottavat tietoa ja vastauksia mihinkin vaatimukseen liittyen. Ohjelma toimitettiin STUKille tiedoksi tammikuussa 2016 (Posiva 2016g).

Posiva on toimittanut STUKille vuosien 2015–2018 aikana useassa erässä projektisuunnitelmia sekä niiden päivityksiä turvallisuuden ja STUKin vaatimusten kannalta merkittävistä hankkeista.

STUK tarkasti päivitetyn Loppusijoituskonseptin kehitysohjelman ja totesi päätöksessään (1/H42212/2016, 28.1.2016), että "*ohjelma täyttää pääosin sille esitetyt vaatimukset sekä tavoitteet ja siten sen perusteella saa kuvan, miten Posiva aikoo vastata STUKin esittämiin vaatimuksiin ja näin ollen tarkentaa YJH-2015-ohjelmassa esitettyjä suunnitelmia.*" STUK hyväksyi asiakirjan, mutta edellytti Posivaa vielä tarkentamaan projektisuunnitelmia mm. turvallisuustavoitteiden suhteen ja arvioimaan kokeellisten hankkeiden laskennallisten ennakoarvioiden tarpeellisuutta sekä toimittamaan puuttuvat loppusijoituskonseptin kehitysohjelman projektisuunnitelmat STUKiin.

Posiva päivitti uudelleen Loppusijoituskonseptin kehitysohjelman niin, että se esittää vaatimuksittain, mitä tutkimus- ja kehitystyötä vaatimuksen täyttämiseksi tarvitaan, sekä ohjelmat ja projektit, joihin tutkimus- ja kehitystyö on organisoitu, töiden tarkemmat aikataulut sekä keskinäiset kytkennät. Posiva toimitti edelleen tarkennetun Loppusijoituskonseptin kehitysohjelman (Posiva 2017c) STUKille helmikuussa 2017.

Kappaleissa 5.2, 5.3, 5.6 ja 5.10 on esitetty kehitysohjelman suunnitelmat tarkemmin vuosille 2019–2021 ja alustavat suunnitelmat vuosille 2022–2024.

5.2 Kapseli ja polttoaine

Seuraavassa on esitetty polttoaineeseen, kapseliin ja polttoainekuljetuksiin liittyvät suunnitelmat tarkemmin vuosille 2019–2021 ja alustavasti vuosille 2022–2024.

5.2.1 Käytetty ydinpolttoaine

5.2.1.1 Käytetyn ydinpolttoaineen koostumus ja ominaisuudet

Käytetty ydinpolttoaine ja sen ominaisuudet kuvataan järjestelmäkuvauksissa, joita päivitetään sitä mukaa, kun omistajat lisensoivat ja ottavat käyttöön uusia polttoainetyyppejä. Kuvaukset laaditaan laityyppikohtaisesti (OL1/OL2, OL3 ja LO1/LO2) niin, että kuhunkin järjestelmäkuvaukseen liitetään ydinpolttoainetyyppikohtaiset tietosivut. Järjestelmäkuvauksen tarkentaminen jatkuu analyysien, tutkimustietojen ja käyttökokemusten karttumisen myötä koko tarkastelujaksolla 2019–2024 ajan. Järjestelmäkuvaukset liitetään käyttöluvahakemuksen yhteydessä STUKille toimitettavaan lopulliseen turvallisuusselosteeseen, FSARiin (Final Safety Assessment Report).

Kriittisyysturvallisuuden osoittamiseksi niin käyttötoiminnassa kuin pitkälläkin aikavälillä on tehty kattavat tarkastelut rakentamislupahakemuksen yhteydessä. Konservatiivisten oletusten takia ydinpolttoaineen kriittisyys erittäin pitkällä aikavälillä ei ole em. selvitysten perusteella täysin poissuljettavissa, vaikkakin sitä voidaan pitää hyvin epätodennäköisenä. Kapselin pitkäaikaiskehittymisen tarkasteluja tehtiin vuosina 2015–2018 ja selvitysten perusteella tarkennettiin sovellettavaa palamahyvityksen metodiikkaa, analysoitavia tapauksia ja laskentamalleja. Työtä jatketaan tarkastelujaksolla 2019–2021. Omistajien polttoaineelle tehtävien isotooppikoostumusmittausten tuloksia käytetään kriittisyysturvallisuusanalyysissä käytettävien ohjelmien kelpoistamiseen. Mittaukset tehdään vuosien 2018–2021 aikana käytetylle polttoaineelle, jonka valmistustiedot ja käyttöhistoria tunnetaan täsmällisesti.

Loppusijoitustilan kriittisyyden seuraukset analysoidaan vuoden 2018 aikana ja kriittisyysturvallisuusanalyysit valmistuvat tarkastelujaksolla 2019–2021.

Polttoaineniput tullaan hyväksymään loppusijoitettavaksi U-235-rikastusasteen ja poistopalaman (ns. latauskäyrän muodostama hyväksymiskriteeri) perusteella. Latauskäyrät määritetään päivitettyjen kriittisyysturvallisuusanalyysien perusteella ohjelmakauden 2019–2021 aikana. Posivan omistajien ydinvoimalaitoksilla on otettu käyttöön uusia polttoainetyyppejä, jotka eivät sisälly aiemmin tehtyihin

loppusijoituksen kriittisyysturvallisuusanalyysiin. Polttoainetyypin vaikutus reaktiivisuuteen loppusijoitustilassa ei kuitenkaan ole ratkaisevaa alikriittisyyden varmistamisen kannalta. Siksi uusien polttoainetyyppien analysointi voidaan toteuttaa yllä mainitun latauskäyrien päivittämisen yhteydessä.

Säätösauvojen osalta vain EPR-polttoaineen säätösauvaelementit (Rod Cluster Control Assembly, RCCA) menevät loppusijoituksen yhteydessä kapseliin polttoaine-elementtien sisälle asennettuina. RCCA-elementeistä tullaan leikkaamaan irti niiden yläosat myöhemmin päätettävällä menetelmällä. Muiden polttoaineiden (BWR ja VVER) osalta säätösauvoja ei tulla loppusijoittamaan kapseliin.

Posiva on osallistumassa SCIP (Studsvik Cladding Integrity) IV -projektiin vuosina 2019–2024 yhdessä VTT:n, TVO:n ja Fortumin kanssa. Projektissa tutkitaan korkeapalamisen polttoaineen ominaisuuksia säteilytyksessä ja kuljetuksessa sekä varastoinnissa ja myös onnettomuustilanteissa.

5.2.1.2 Polttoaineen käsittelyyn ja tiedonhallintaan liittyvät kehitystoimet

Ohjelmakaudella 2019–2021 valmistuva loppusijoitettavan ydinpolttoaineen tietojen hallinnointiin tarkoitettu polttoainetietokanta tulee sisältämään kunkin polttoaine-elementin loppusijoituksen kannalta keskeiset rakenteelliset ja ydintekniset tiedot, analyysien kannalta oleellisen käyttöhistorian sekä ydinjäte- ja ydinmateriaalikirjanpidon edellyttämät inventaaritiedot. Järjestelmän tulee olla toteutettu, testattu ja valmis tuotantokäyttöön ennen yhteistoimintakokeen aloittamista. Kuvaus polttoainetietokannasta liitetään käyttöluvahakemukseen. Polttoainetietokannan ja latausoptimoinnin toimitusprojektit ajoittuvat vuosille 2018–2020.

Polttoaineen lämmöntuotto-ominaisuudet tulee tuntea sekä polttoaineen käsittelyn että pitkäaikaisturvallisuuden arvioinnin kannalta. Vuosien 2019–2021 aikana valmistuvilla VVER- ja BWR-polttoaineen isotooppimittauksilla selvitetään käytettyyn polttoaineeseen liittyvien tietojen luotettavuutta. Mittaustuloksia käytetään mm. jälkilämpötehon tuottavan nuklidi-inventaarin validoinnissa.

5.2.1.3 Pitkäaikaisturvallisuuden arviointiin tarvittavat tutkimukset

Käytetyn ydinpolttoaineen pitkäaikaisturvallisuuden arviointiin tarvittavat tutkimukset jatkuvat tulevilla ohjelmakausilla. Luonnonvesikemian vaikutusta polttoaineen liukenemiseen on tutkittu EU:n REDUPP (Reducing Uncertainty in Performance Prediction) -projektin yhteydessä. Asian selvittämiseksi on käynnissä VTT:n DISCO-projektiin liittyvä tutkimus, jotta epävarmuudet turvallisuusarviossa käytettävissä käytetyn ydinpolttoaineen liukenemisnopeuksissa saataisiin määritettyä.

5.2.2 Kapseli

Loppusijoituskapselin tehtävänä on pitää käytetyn polttoaineen sisältämät radionuklidit sisällään niin kauan, kuin niistä voi olla merkittävää haittaa ihmisille tai muulle elävälle luonnolle. Tämän turvallisuustoiminnon täyttäminen edellyttää kapselilta pitkäaikaista

tiivyyttä ja korroosionkestävyyttä sekä mekaanista lujuutta odotettavissa olevissa tulevaisuuden olosuhteissa.

5.2.2.1 Kapselien suunnittelu

Kapselin vaatimusmäärittelyn tarkennukset ja yhtenäistäminen SKB:n kanssa soveltuvin osin saatiin valmiiksi edellisen ohjelmakauden aikana. Kapselikomponenttien vaatimusmäärittelyä tarkennetaan edelleen tarvittaessa. Seuraavan ohjelmakauden alkupuolella aloitetaan kuparikomponenttien valmistusprosessien eli kuuma-muokkausprosessien pätevänti. Kuparikomponenttien rakennesuunnitelman suunnitteluosa toimitettiin STUKille vuonna 2017 ja sitä täydennetään valmistusosalla vuoden 2018 aikana.

Seuraavan ohjelmakauden aikana päivitetään tarvittaessa OL1-2- ja LO1-2-polttoaineille tarkoitettujen kapselien järjestelmäkuvaukset ja laaditaan rakennesuunnitelmat. OL3-polttoaineelle tarkoitettujen kapselien järjestelmäkuvaukset päivitetään ennen käyttöluvun hakemusta. OL3-kapselin rakennesuunnitelmat laaditaan myöhemmin, koska ko. kapselityyppi otetaan käyttöön vasta aikaisintaan 2060-luvulla.

Rakennesuunnitelmat tulevat sisältämään myös komponenttien kelpoistuskäytännön ja tarvittaessa suunnitelmia täydennetään kelpoistustulosten perusteella. Valurautaisten sisäosien rakennesuunnitelmat tehdään, kun kuparikomponenttien rakennesuunnitelmat on saatu valmiiksi. Tämän jälkeen hyväksytään valurautaisen sisäosan materiaalin valmistusprosessi ja täydennetään sisäosan rakennesuunnitelma valmistus- ja tarkastustuloksilla. Tarvittaessa tehdään korjaavat toimenpiteet. Kapselin kokoonpanon rakennesuunnitelman tekoa jatketaan, kun sisäosan ja kuparivaipan rakennesuunnitelmat ovat valmiit.

Lopullisen suljetun loppusijoituskapselin rakennesuunnitelma laaditaan siten, että se on valmis ennen kapselin sulkemishitsauksen päteväntiä. Sulkemishitsauksen päteväntin jälkeen saadaan koostettua lopullinen kapselin rakennesuunnitelma.

5.2.2.2 Kapselien toimintakyky

Kapselin toimintakyvyn osalta vuodesta 2019 eteenpäin projektissa keskitytään aikaisemmin tehtyjen kokeiden analysointiin ja raportointiin. Kapselin toimintakykytutkimuksilla on merkittävä rajapinta turvallisuusperusteluun, jossa hyödynnetään tehtyjen kokeiden ja selvitysten tuloksia.

Ruotsin Maa- ja ympäristötuomioistuin antoi vuonna 2018 osittain kielteisen lausunnon Ruotsin ydijätteen loppusijoituksesta edellyttäen SKB:lta lisäselvityksiä. Tuomioistui-
men käsittelyssä esiin nousseet kuparin korroosion ja mekaaniseen kestävyysvaikutavat ilmiöt ovat Posivalle entuudestaan tuttuja ja ne on otettu huomioon riittävällä tasolla jo aiemmin tehdyissä ja meneillään olevissa toimintakykytutkimuksissa, eikä niiden uskota aiheuttavan estettä turvallisella loppusijoittamiselle.

5.2.2.3 Kapselikomponenttien tuotanto

Ohjelmakaudella 2019–2021 kapselikomponenttien koevalmistus keskittyy suurelta osin valmistusprosessin teollistamiseen. Tavoitteena on, että vaatimustenmukaisia kupariputkia ja -kansia sekä BWR- ja VVER-sisäosia pystytään valmistamaan toistettavasti.

Kuparivaipan referenssivalmistusmenetelmä on niin sanottu pisto-vetomenetelmä, jonka lopputuloksena syntyy kupariputki saumattomasti integroidulla pohjalla. Vaihtoehtoisissa valmistusmenetelmissä, kuten pursotusmenetelmässä, putken pohja hitsataan erikseen. Kuparikannen valmistus tapahtuu taontamenetelmällä ja valurautasisäosa valmistetaan valamalla. Kaikki kapselikomponentit koneistetaan lopulliseen muotoonsa. Kehitystyön aikana on valmistettu kymmeniä kapselin kuparikomponentteja ja sisäosia, joten valmius komponenttien valmistamiseksi teollisessa mittakaavassa on hyvä.

Kupariputken, kuparikannen sekä BWR- ja VVER-sisäosien valmistusmenetelmistä sekä sisäosan teräskannen valmistuksesta tuotetaan kapselin rakennesuunnitelmiin tarvittavat tiedot.

Kuparikomponenttien valmistuksessa siirrytään T&K-vaiheesta valmistusmenetelmien kelpoistamisvaiheeseen. Kupariputken ja kuparikannen valmistamisessa käytetyt kuumamuokkausprosessit luokitellaan YVL-ohjeissa erikoisprosesseiksi, joiden toimivuus ja luotettavuus todennetaan menetelmäkokeilla. Kokeessa tuote valmistetaan optimoiduilla prosessiparametreilla ja tuotteesta analysoidaan ainetta rikkovin testein vaatimusmäärittelyssä spesifioidut ominaisuudet, kuten mikrorakenne ja mekaaniset ominaisuudet. Viranomaishyväksyntä edellyttää vaatimusten täyttymistä menetelmäkokeessa. Menetelmäkokeessa käytettävillä tarkastus- ja testauslaitoksilla pitää olla viranomaishyväksyntä, ja valmistus ja näytteenotto tehdään kolmannen osapuolen läsnäollessa.

Kelpoistetuilla menetelmillä tullaan valmistamaan vuosien 2020–2024 aikana kuparikomponentteja hitsauslaitteiston testauksiin, yhteistoimintakokeeseen, ydintekniseen käyttöön ottoon ja tulevaan kapselituotantoon.

Kuparikapselin ja sisäosan hankintatapaselvitystä jatketaan sekä kapselin kokoonpanotyön vaatimukset määritellään. Kapselin kokoonpano tullaan tekemään kapselointilaitoksella.

Vuosina 2018–2020 solmitaan raamisopimukset merkittävien kapselikomponenttivalmistajien kanssa.

5.2.2.4 Kapselin sulkemistekniikan kehitystyöt

Seuraaville ohjelmakausille kohdistuvat, kapselin sulkemistekniikkaan liittyvät kehitystoimet liittyvät pääsääntöisesti FSW-hitsauskoneen hankinnan tukemiseen ja toimitukseen ajanjaksolla 2019–2021 sekä toimituksen jälkeiseen testaukseen, optimointiin ja käyttöön ottoon vuosina 2022–2024.

Posivan kapselointilaitoksessa käytettävän FSW-hitsausaseman valmistus on tarkoitus aloittaa vuoden 2018 aikana ja osana valmistusta tullaan tekemään hitsauskokeita aseman toimintojen varmistamiseksi. Hitsausaseman tulee pystyä hitsaamaan täysimittainen kapselihitsi asetettujen vaatimusten mukaisesti. Hitsausaseman FAT-kokeiden (Factory Acceptance Test) suunnittelu aloitetaan vuonna 2018 ja FAT-kokeet tullaan tekemään ohjelmakauden loppupuolella. Kokeet ovat osa hitsausaseman hyväksyntää valmistajan tiloissa ennen sen asennusta kapselointilaitokseen. Kapselointilaitoksessa tehtävän hitsausaseman SAT-kokeen (Site Acceptance Test) suunnittelu aloitetaan ohjelmakauden alkupuolella ja se tullaan suorittamaan kapselointilaitoksessa hitsausaseman asennuksen jälkeen osana laitteen vastaanottotarkastusta sekä hyväksyntää.

Hitsausoperaattoreiden koulutuksen suunnittelu sekä päteväntiimiin valmistautuminen aloitetaan hitsausaseman valmistuksen edetessä. Pätevöinnit aloitetaan, kun hitsausasema on saatu asennettua kapselointilaitokseen. Pätevöintiä jälkeen työ keskittyy hitsausaseman toimintoihin osana kapselointilaitoksen koekäyttöä.

5.2.2.5 Kapselin tarkastustekniikoiden kehitystyö

Vuoden 2018 lopulla on käynnistymässä NDT-testauslaitoksen ja NDT-pätevöintiä koskevan toiminnan toteuttaminen kupariputken, -kannen ja hitsin tarkastusten päteväntiimiä, jonka on määrä jatkaa vuoteen 2020 asti. Testauslaitoksen tehtävä on valita komponenttikohdittain käytettävät tarkastusmenetelmät ja kehittää tarkastuslaitteet, joilla voidaan luotettavasti todentaa hitsatun kuparikapselin vaatimustenmukaisuus, millä tarkoitetaan sitä, että kuparikapselissa ei ole sallittujen vikakokojen ylittäviä vikoja. Päteväntiimiä on testauslaitoksesta ja Posivasta riippumaton asiantuntijaelin, jonka tehtävä on arvioida testauslaitoksen ehdottamien tarkastusmenetelmien lopullinen hyväksyttävyyden ennen tarkastuslaitteiden valmistusta.

Rinnan kuparikomponenttien ja hitsin kanssa Posiva laatii lähtötiedot sisäosan tarkastuksen päteväntiimille. Työ alkaa vuoden 2019 aikana ja sen on tarkoitus valmistua vuodessa.

Vuoden 2022 alkuun mennessä Posivalla tulee olemaan YVL E.5 -ohjeen mukaan päteväntiimiä ja STUKin hyväksymät tarkastusjärjestelmät (ohje, laitteet, henkilöstö) kuparikomponenteille, sisäosalle ja hitsaukselle.

5.2.3 Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten suunnittelu

OL1-2-polttoaineen siirroissa käytetään TVO:n nykyistä kuljetussäiliötä. TVO:n säiliön käyttö Posivalla pyritään suunnittelemaan ja hyväksyttämään vuosien 2018–2019 aikana. Säiliön koekäyttö kapselointilaitoksessa ilman polttoainetta tullaan tekemään vuosien 2023–2024 aikana.

Tulevaisuudessa Posiva tarvitsee säiliön myös OL3-polttoaineen siirtoja varten. Tulevien vuosien aikana osallistutaan TVO:n OL3-siirtosäiliön hankintaan siten, että selvitetään sen käytömahdollisuus myös Posivan toiminnassa.

Olkiluodon voimalaitosten käytetty polttoaine siirretään KPA-varastosta maanteitse noin 2 kilometrin päässä sijaitsevaan kapselointilaitokseen. Olkiluodon alueella siirrot järjestetään laitosalueen sisäisinä siirtoina, mikä tarkoittaa sitä, että erillistä ydinenergia-asetuksen 56–60 §:n ja YVL D.2 -ohjeen mukaista kuljetuslupaa ei tarvita. Posivan tarkoitus on kuitenkin pitää STUK ajan tasalla suunnitelmien edetessä.

Olkiluodon sisäisten siirtojen toteutussuunnittelu (mm. reitit, resurssit, kalusto, ohjeistus), mahdolliset hankinnat sekä tarvittavat ajoväylien muokkaukset ja rakentamiset on tarkoitus tehdä vuosien 2020–2022 aikana. Posivan käyttöluvaselvitykseen tarvittavat kuvaukset tehdään vuoden 2020 aikana. Vuosien 2020–2021 aikana valmistellaan tarvittavat koulutus- ja viestintämateriaalit.

Mikäli loppusijoitus aloitetaan Olkiluodon käytetyllä polttoaineella, lykkäänny Loviisan polttoaineen kuljetussuunnittelu ja seuraavalle ohjelmakaudelle ajoittuu Loviisan kuljetuksiin liittyen vain Posivan käyttöluvahakemukseen tarvittavien selvitysten valmistelu vuonna 2020. Pohjatietona käytetään vuonna 2016 tehtyä selvitystä Loviisan kuljetuksista (ks. luku 4.4.3). Sekä Loviisan kuljetusten että Olkiluodon siirtojen selvitykset toimivat pohjana kuljetusten turva- ja valmiusjärjestelyselvityksille.

5.3 Puskuri, täyttö ja sulkeminen

5.3.1 Puskuri ja täyttö

5.3.1.1 Puskurin ja täytön materiaalitutkimukset

Puskurin ja täytön materiaalitutkimuksissa tehdään selvitystyötä vaatimusten täyttymiseen vaikuttavista materiaaliominaisuuksista ja ympäristötekijöistä. Seuraavalla ohjelmakaudella kehitetään olemassa olevia ja puuttuvia menetelmiä näiden ominaisuuksien määrittämiseksi.

Seuraavalla ohjelmakaudella materiaalin mahdollista vaihtamista selvittävän työn tavoitteena on kartoittaa muut soveltuvat puskurimateriaalit ja määrittää menettelytavat, joilla materiaalin vaihtaminen suoritetaan. Työhön sisältyy myös niiden tekijöiden määrittäminen, joiden perusteella materiaalin vaihtaminen käynnistetään, menettelytavat materiaalin vaihtamiseksi sekä aika, joka materiaalin vaihtamiseen tarvitaan.

Työtä pusku- ja täyttömateriaalien kemiallisten ominaispiirteiden vaikutusten selvittämiseksi jatketaan seuraavalla ohjelmakaudella. Kehitteillä olevan, molekyyldynamiikkaan perustuvan kytketyn THMC-mallin avulla arvioidaan materiaalien kemiallisten ominaispiirteiden vaikutuksia vedenjohtavuuteen ja paisuntapaineeseen. Työssä yhdistetään paisuntapaineen malliin kemian malli ja mekaaninen malli. Huokosveden koostumuksen määrittäminen vaihtuvaa kationia sisältäville bentoniittinäytteille toteutetaan edellisellä ohjelmakaudella rakennetun huokosvesipuristimen avulla. Huokosvesitutkimuksista saatujen tulosten avulla validoidaan kehitetyn THMC-mallin toimivuus.

Kaikki Posivan testeihin – ja myöhemmin käyttöön – tulevat savimateriaalierät karakterisoidaan käyttäen valikoitua joukkoa analysointimenetelmiä. Tällä työllä tuotetaan referenssitietoa kokeisiin sekä tuotannon suunnitteluun.

5.3.1.2 Puskurin ja täytön tekninen suunnittelu

Seuraavalla ohjelmakaudella laaditaan sekä puskurijärjestelmän (P.277) että täyttömateriaalijärjestelmän (P.451) rakennesuunnitelmat ja kelpoistetaan järjestelmät. Rakennesuunnitelmien tausta-aineistona toimiva *Design Analysis* -raportti laaditaan rakennesuunnitelmien laadinnan yhteydessä. Myös vaihtoehtoisia puskurin ja täytön toteutustapoja, kuten segmentoitua puskuria, tutkitaan seuraavalla ohjelmakaudella.

5.3.1.3 Puskurin ja täytön alkutilan jälkeinen kehittyminen ja toimintakykytutkimukset

Puskuri- ja täyttöjärjestelmien osalta seuraavalla ohjelmakaudella jatketaan STUKin esittämien (STUK 2015) varhaisen vaiheen kehittymiseen liittyvien epävarmuuksien ja järjestelmien toimintakyvyn tutkimuksia ja tulokset toimitetaan turvallisuusperusteluohjelman käyttöön.

Puskurin varhaisen vaiheen kehittymisen tutkimiseksi suoritetaan lisää pienen mittakaavan testejä segmentoiduista lohkoista valmistetun puskurin testaamiseksi ja konseptin teollistamiseksi. FISST-kokeen monitoroinnista saadaan lisätietoa varhaisen vaiheen kehityksestä täydessä mittakaavassa.

Myös täytön varhaisen vaiheen kehittymistä tutkitaan kokeellisesti pienen mittakaavaan testeillä. Testejä toteutetaan konseptin teollistamistoimenpiteet huomioiden. FISST-kokeen monitoroinnista saadaan myös loppusijoitustunnelin täytön osalta lisätietoa varhaisen vaiheen kehityksestä täydessä mittakaavassa.

Seuraavalla ohjelmakaudella jatketaan lisäselvityksiä puskurin ja täytön tiheyserojen tasaantumisesta. Selvitykset sisältävät niin materiaalimallinnusta kuin myös pienen mittakaavan kokeita, joilla sekä tuetaan mallin kehitystyötä että tarkastellaan tiheyserojen tasaantumiseen vaikuttavia tekijöitä puhtaasti kokeellisin menetelmin. Tavoitteena on selvittää, kuinka paljon pysyviä tiheyseroja puskuriin voi jäädä, mikä on niiden merkitys toimintakykytavoitteiden näkökulmasta ja kuinka pysyviä tiheyseroja voitaisiin vähentää teknisen suunnittelun kautta. Selvityksissä huomioidaan puskurin paisuminen ja mahdollinen nouseminen osittain tunnelitäytön puolelle sekä erilaisten ympäristötekijöiden vaikutus.

Puskurin ja täytön kemiallisen eroosion osalta seuraavalla ohjelmakaudella analysoidaan aiempien selvitysten tuloksia. Samalla tarkastellaan Olkiluodon tulevaisuuden olosuhteita viimeisimmän tiedon valossa. Koko tietoa-aineiston epävarmuuksia ja merkityksiä arvioidaan, minkä perusteella suunnitellaan ja kohdennetaan jatkotoimenpiteet. Jatkotoimenpiteet käsittävät niin bentoniitin kemiallisten eroosioprosessien mallinnusta, kuin myös määrättyjen empiiristen riippuvuuksien todentamista.

Puskurin mekaanista käyttäytymistä kalliosiiirroksessa tutkivassa projektissa käytettävää bentoniittimateriaalin mallia kehitetään laboratoriomittakaavassa tehtävillä parametrisointikokeilla, minkä jälkeen malli verifioidaan ja validoidaan. Käytettävää materiaalmallia ja sillä tehtyjä mallinuksia ja niiden edustavuutta arvioidaan ja verrataan aiemmin tehtyihin töihin. Yhtenä projektin tavoitteena on osoittaa, että kapselin *Design Analysis* -työssä on käytetty oikeita oletuksia puskurimateriaalista. Mikäli projektissa ei vielä tämän jälkeen ole saavutettu riittävää varmuutta puskurimateriaalin mekaanisesta käyttäytymisestä kalliosiirostopauksessa, kehitetään yhdistetty puskuri-kapselimalli, jonka avulla kalliosiirostopaus voidaan laajemmin mallintaa.

Puskurin mineralogista muuntumista tutkivassa projektissa seuraavalla ohjelmakaudella päättyvät kokeet puretaan ja mitataan muuntumista kuvaavia suureita. Näitä suureita ovat primääri- ja aksessoristen mineraalien määrien muutokset sekä sekundäärimineraalien muodostuminen. Näiden suureiden muuttumista arvioidaan sekä valittujen pohjavesisimulanttien vaikutuksesta että kohonneen lämpötilan johdosta. Työssä tarkastellaan erityisesti aksessoristen mineraalien liukenemista ja uudelleen saostumista. Tehtävien tulojen tuloksena odotetaan saatavan riittävä varmuus puskurimateriaalin riittävästä mineralogisesta stabiilisuudesta.

Sementistä liukenevien aineiden vuorovaikutusta puskurin ja täytön kanssa selvittävän työn mallinnukset saadaan päätökseen seuraavalla ohjelmakaudella. Lisäksi seuraavalla ohjelmakaudella raportoidaan mallinnuksen ja laboratoriokokeiden tulokset.

5.3.1.4 Puskurin ja täytön hankinta- ja tuotantopaselvitykset sekä valmistustekniikan kehitys

Savimateriaalien hankintaketjujen selvitystä jatketaan ja hankintaketjua täsmennetään seuraavalla ohjelmakaudella. Työssä on päämääränä löytää ja sopimuksin vahvistaa kustannustehokas sekä toimintavarma hankintaketju. Ennen hankintaketjujen vahvistamista määritetään lopulliset materiaalispesifikaatiot siten, että puskuri- ja täyttömateriaalin ensimmäiset raaka-ainetoimittajat voidaan valita. Lopullisen spesifikaation mukaisia raaka-aineita tarvitaan yhteistoimintakokeen komponenttien tuotantoa varten.

Komponenttien valmistuksen osalta jatketaan eri valmistusvaihtoehtojen taloudellista vertailua ja tehdään päätös lopullisesta valmistustavasta: oma tuotantolaitos vai osto alihankintana. Mikäli päädytään valmistamaan komponentit itse omassa tuotantolaitoksessa, aloitetaan laitoksen suunnittelu seuraavan ohjelmakauden alussa. Laitoksen suunnittelu ja rakentaminen toteutetaan siten, että laitos on toimintakunnossa seuraavan ohjelmakauden aikana. Tämän jälkeen käynnistetään komponenttien koevalmistus ja valmistuksen kelpoistus. Koevalmistus ja valmistuksen kelpoistus voidaan toteuttaa myös olemassa olevassa laitoksessa, jos valmistustavasta päätettäessä niin todetaan. Puskuri- ja täyttökomponeenttien valmistus eivät ole sidottu toisiinsa, vaan komponenttien valmistus voi tapahtua myös erillisissä laitoksissa.

Muiden loppusijoituslaitokseen kuuluvien tilojen sulkemisessa käytettävät savikomponentit valmistetaan nyky suunnitelmien mukaan samoissa tuotantolaitoksissa

kuin loppusijoitustunnelien täyttökomentit. Näitä komponentteja tarvitaan kuitenkin vasta myöhemmin.

Päätös puskurikomponenttien valmistusmenetelmästä (isostaattinen/uniakksiaalinen puristus) tehdään seuraavan ohjelmakauden alussa. Valmistusmenetelmän valinnassa tehdään yhteistyötä SKB:n kanssa, jolloin valittua valmistusmenetelmää tuotantomittakaavassa voidaan kehittää yhteistyössä. Valmistusmenetelmän valinnan jälkeen varmistetaan lisäkokeilla valitun valmistusmenetelmän ja puskurimateriaalin toimivuus tuotannossa sekä syvennetään tietämystä eri materiaaliominaisuuksien vaikutuksesta lopputuotteen laatuun.

Täyttökomenttien valmistusmenetelmän jatkokehityksen kannalta merkittävä tekijä on päätös loppusijoitustunneleiden täytön konseptista. Riippumatta valitusta täyttökonseptista, seuraavalla ohjelmakaudella varmistetaan valitun täyttökonseptin ja täyttömateriaalin mukaisten komponenttien valmistettavuus ja toimivuus tuotannossa sekä syvennetään tietämystä eri materiaaliominaisuuksien vaikutuksesta lopputuotteen laatuun. Lohko-pellettikonseptin osalta tämä tarkoittaa täyttölohkojen valmistustestejä erilaisilla materiaaleilla sekä sellaisen testausohjelman luomista, jolla materiaalien puristukseen vaikuttavien ominaisuuksien vertailu voidaan toteuttaa nopeasti ja luotettavasti.

5.3.2 Loppusijoitustunnelin päätytulppa

Seuraavalla ohjelmakaudella jatketaan loppusijoitustunnelin päätytulpan kehitystä muun muassa FISST-kokeesta saatujen kokemusten perusteella. Päätytulpalle tuotetaan myös järjestelmäaineisto (P.145) mukaan lukien vaatimusmäärittely, järjestelmäkohtainen laatusuunnitelma ja lopullinen järjestelmäkuvaus. Lisäksi päätytulpalle tuotetaan rakennesuunnitelma.

5.3.3 Loppusijoitustilojen sulkeminen

Loppusijoitustilojen sulkemisen taustaksi tarvittavat mallinnukset ja laboratoriomääritykset raportoidaan seuraavalla ohjelmakaudella ja tuotetaan järjestelmäaineistot järjestelmille P.146 (Muiden tilojen tulpparakenteet) ja P.452 (Muiden tilojen täyttö). Suunnitelmia tutkimusreikien sulkemiselle tarkennetaan, koska monitorointikäytön ulkopuolelle jääviä syviä tutkimusreikiä voidaan sulkea tulevina vuosina. Tutkimusreikien sulkemisen suunnitelman päivitystä varten seurataan myös SKB:n työtä kyseisellä osa-alueella ja tutkimusreikien sulkemisen toimintakykyyn liittyviä selvityksiä jatketaan.

5.4 Kapselointilaitos

5.4.1 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaihe kapselointilaitoksen joidenkin järjestelmien osalta jatkuu vuoden 2019 lopulle, minkä jälkeen on mahdollista aloittaa näiden järjestelmien ja laitteiden valmistus. Toteutussuunnittelua tehdään myös laitoksen rakentamisen aikana työnaikaisena suunnitteluna tarpeen mukaan. Toteutussuunnittelun tuloksena syntyvät

päivitetyt järjestelmäkuvaukset ja valmistuvat laite- ja rakennekohtaiset rakennesuunnitelmat sekä sähkö- ja automaatiolaitteiden alustavat soveltuvuusarviot. Ne hyväksytetään turvallisuusluokituksensa mukaisesti joko viranomaisella tai Posivan organisaatiossa ennen ko. laitteen tai rakenteen valmistusvaiheen käynnistämistä.

5.4.2 Toteutus

Kapselointilaitoksen toteutusvaiheeseen kuuluu laitoksen rakentaminen, järjestelmien ja laitteiden valmistus sekä asennus ja käyttöönotto huomioiden laitoskokonaisuuden koekäyttövaiheet. Toteutusvaihe alkaa toteutussuunnitteluvaiheessa laadittujen rakennesuunnitelmien ja soveltuvuusarvioiden hyväksymisen jälkeen. Tämän hetken arvio rakentamis-/valmistusvaiheen alkamiselle on 2019. Seuraavien vaiheiden suunnitellut alkamisajankohdat ovat: asennusvaihe 2021, koekäyttö 2022, yhteistoimintakoe 2023 ja tuotanto 2024.

Järjestelmien asennusten on arvioitu alkavan noin vuosi rakennusteknisten töiden alkamisen jälkeen. Asennuksia tehdään osittain rakennustöiden kanssa rinnakkain. Asennukset tilataan laitevalmistajilta tai muilta laiteasennuksiin erikoistuneilta toimittajilta. Rakentamisen ja asennustöiden koordinoinnista huolehtii sovelletun projektijohdourakan pääurakoitsija yhteistyössä Posivan ja laitetoimittajien kanssa. Asennusvalvontaa varten tullaan Posivan ohjeistoa ja toteutusorganisaatiota täydentämään vuoden 2019 aikana.

Kapselointilaitoksen rakentaminen toteutetaan sovellettuna projektijohdourakkana. Pääperiaatteena voidaan pitää, että Posiva ei lähtökohtaisesti valmista, asenna tai rakenna itse, vaan toimii näiden vaiheiden tilaajana, rakennuttajana ja valvojana.

Käyttöönottoon liittyvissä koekäytöissä Posivan organisaatiolla tulee olemaan merkittävä rooli. Käyttöönotto-organisaatio ja ohjeistus tullaan laatimaan rakennesuunnitelmissa ja soveltuvuusarvioissa esitettyjen käyttöönottosuunnitelmien mukaisesti siten, että ne integroidaan Posivan laatimaan käyttöönotto-ohjelmaan ja käyttöönotto-käsikirjaan.

5.4.2.1 Kapselointi

Kapselointiprosessiin sisältyy järjestelmiä, joita ei ole kelpoistettu suunniteltuun toimintaansa, koska vastaavaa käytetyn ydinpolttoaineen kapselointilaitosta ei ole aikaisemmin toteutettu. Tärkeimmistä kapselointiprosessin järjestelmistä on valmistettu prototyyppilaitteita, jotta voidaan varmistaa suunnitelmien toimivuus ja lopullisten tuotantojärjestelmien kelpoistusprosessin sujuvuus turvallisuusmerkityksen mukaisesti. Tällaisia kapselointilaitoksen järjestelmiä ovat kapselin siirtovaunu, kapselin siirtokehys, kapselin siirtotrukki ja kapselipaletti.

Prototyyppien valmistus ja testaus on käynnistynyt edellisellä ohjelmakaudella ja testausta jatketaan tulevalle ohjelmakaudella ennen lopullisten järjestelmien suunnittelua ja toteutusta. Suunnitelmien toimivuuden varmistamiseksi kehitetään prototyyppien yhteydessä myös lopullisten laitteiden valmistamisen, asennuksen ja käyttöönoton laadunvarmistusmenettelyjä yhdessä viranomaisten kanssa. Prototyyppi-

laitteille määritettyjä testausohjelmia voidaan myös hyödyntää lopullisten järjestelmien käyttöönottestien määrittelyssä.

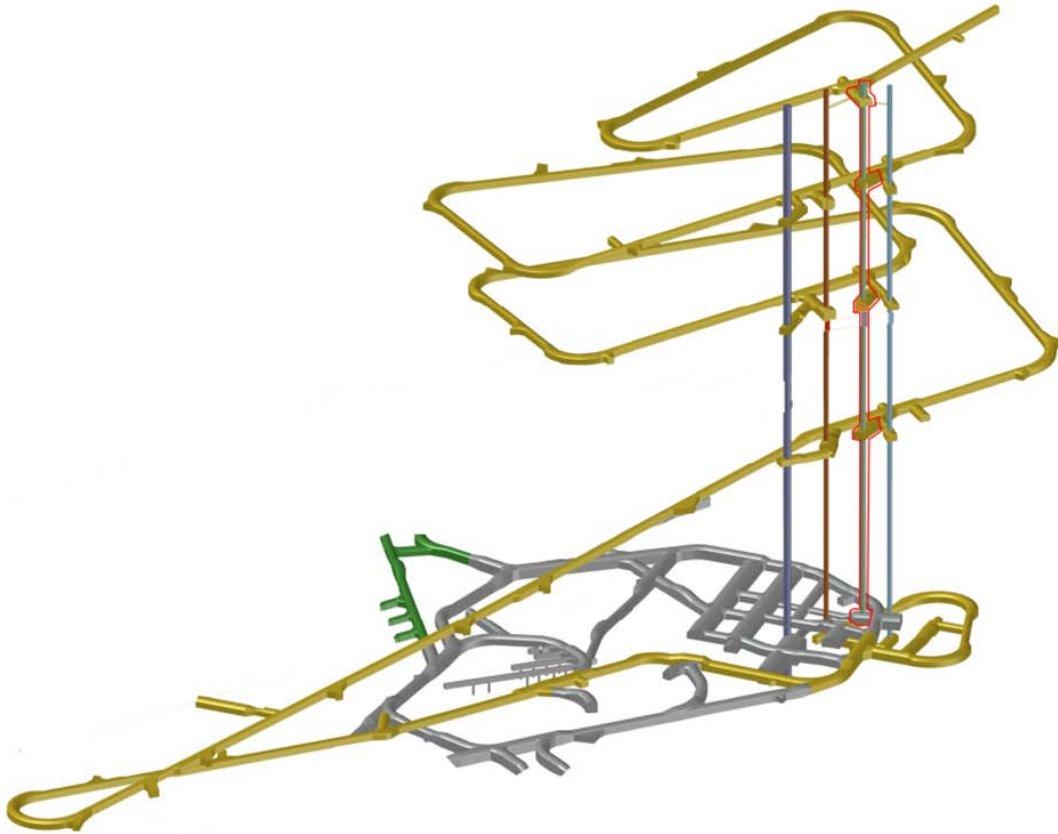
Prototyypin suunnittelu, valmistaminen ja koekäyttö toteutetaan ja dokumentoidaan sitä koskevan turvallisuusluokan mukaisesti siten, kuin kyse olisi lopullisesta järjestelmästä. Lopullisten tuotantojärjestelmien suunnittelu tukeutuu prototyypin suunnitelmiin ja testaustuloksiin.

5.5 Loppusijoituslaitos

Loppusijoituslaitosprojektissa on tarkoitus siirtyä hankkeen mukaiseen rakennus- ja taloteknisten töiden rakentamisvaiheeseen vuoden 2019 puolivälissä. Tämä edellyttää suunnittelun hyvää edistymistä ja valmistuvia rakennustöitä mm. teknisten tilojen alueella. Rakentamisvaiheeseen siirtyminen tarkoittaa mm. teknisten tilojen, tuloilmakeskuksen, kapselin vastaanottoaseman ja tiettyjen kehäkäytävän osuuksien rakennus- ja taloteknisten urakoiden hankintapäätöksen tekemistä. Rakennustyö aloitetaan keskustunneleiden louhintojen aikana, mikä edellyttää esim. louheenajon ja tunnelin tuuletuksen järjestämistä ja räjäytyspainoiden ohjaamista molempiin töihin sopivaksi.

ONKALOn ja loppusijoituslaitoksen teknisten tilojen ja ajoneuvoyhteystunneleiden rakenne-, vesi-, ilmanvaihto-, sähkö- ja automaatio suunnittelu on aloitettu, jotta rakentamisen aloitusta edeltävää päätöstä tehtäessä on riittävät suunnitelmat ja kustannustiedot. Suurimpien kokonaisuuksien (kuva 5-1) suunnittelu on valmistumassa syksyllä 2018.

Loppusijoituslaitosprojektin laajuuteen kuuluvien rakennus- ja taloteknisten rakennustöiden valmistuminen vaiheistetaan hankkeen aikataulun mukaisesti siten, että ensimmäisessä vaiheessa toteutetaan yhteistoimintakokeen edellyttämät järjestelmät mm. kapselin siirtoreitille, teknisiin tiloihin ja yhteistoimintakoealueelle. Järjestelmien tulee olla käyttöönotettu soveltuvassa laajuudessa ennen yhteistoimintakokeen aloitusta. Loput alueet, mm. ensimmäiset keskustunneliosuudet, rakennetaan valmiiksi ja käyttöönotetaan ennen loppusijoituksen aloitusta.



Kuva 5-1. Loppusijoituslaitosprojektin rakennus- ja taloteknisten rakennustöiden laajuus tunnelistossa esitetään kuvassa harmaalla. Rakennustöitä toteutetaan myös henkilökuilussa (rajattu punaisella) sekä kapselikuilussa (violetti). Kuvassa vihreällä loppusijoituslaitoksen keskustunnelit 5 ja 6.

5.5.1 Suunnittelu

Loppusijoituslaitoksen toteutussuunnittelusta pyritään vuoden 2019 alkuun mennessä kaikkien suunnittelualojen osalta tuottamaan suunnitelma-aineisto, jolla saadaan mahdollisimman realistinen kustannustietous vuosien 2020–2024 aikana toteutettaville rakennus- ja taloteknisille järjestelmille. Samalla suunnitelma-aineistolla tullaan kilpailuttamaan tulevien vuosien rakennus- ja varustelutyöt, jotka on jaettu toteutettaviin kokonaisuuksiin.

Kapselikuilun lujituksen suunnittelussa huomioidaan henkilökuilussa käytetystä menetelmästä saadut kokemukset sekä kapselikuilussa nousuporauksen jälkeen olevat olosuhteet, jotta kapselikuiluun saadaan suunniteltua sille soveltuvin lujitusratkaisu.

Vuosien 2019 ja 2024 välisenä aikana suunnittelusta tuotetaan myös huoltoa ja kunnossapitoa palvelevaa aineistoa ja ohjeistoa mm. toteuma-aineiston muodossa. Suunnittelussa pidetään yllä 3D-mallia, jota hyödynnetään sekä rakentamisvaiheessa että toteuma-aineiston koontipaikkana.

Suunnitteluorganisaatio tuottaa suunnitelma-aineiston ja osallistuu viranomaisaineiston tuottamiseen. Tuotettavaa materiaalia ovat mm. järjestelmäkuvaukset, rakennesuunnitelmat, toimittajan yhteenvedot, viranomaiskirjeet ja suunnitelma-aineiston lähettämiset.

5.5.2 Rakentaminen

Kalliorakentaminen jatkuu LTU1-urakan muodossa vuoden 2019 loppupuolelle. Urakkaan kuuluvien keskustunneleiden louhinta- ja lujitustyöt tulevat kestäämään pidempään alkuperäiseen laajuuteen verrattuna. Keskustunnelin louhinnan yhteydessä louhitaan myös viiden ensimmäisen loppusijoitustunnelin lähdöt. Loppusijoitustilojen louhinta on tarkoitus jatkaa 2020-luvun alkupuolella keskustunneleiden jatkamisella ja viiden ensimmäisen loppusijoitustunnelin louhinnoilla. Tätä ennen on tarkoitus louhia yhteistoimintakoealueen loppusijoitustunneli vuosien 2022–2023 aikana.

Vuonna 2019 on tarkoitus siirtyä hankkeen rakentamisvaiheeseen. Loppusijoituslaitoksella tämä tarkoittaa loppusijoituslaitoksen louhintojen lisäksi rakennus- ja taloteknisten rakennustöiden käynnistymistä teknisten tilojen alueella, johon rakennetaan mm. loppusijoituksessa käytettävien laitteiden pysäköinti-, huolto- ja varastotilaa, tulo- ja poistoilmakeskukset sekä kapselin vastaanottoasema. Työt alueella tulevat kestäämään aloituksesta noin 5 vuotta eli suunnitelmien mukaan vuoteen 2023 asti. Samaan aikaan aloitetaan myös ajoneuvoyhteyksien rakennus- ja talotekniset työt. Alue on laaja, minkä vuoksi työt siellä tullaan jakamaan ja vaiheistamaan muihin töihin sovitettaviin kokonaisuuksiin. Jaossa ja aikataulutuksessa huomioidaan louhintatyöt sekä yhteistoimintakoealueella että loppusijoitustunneleissa.

Loppusijoituslaitoksen kuilujen lujitus- ja varustelutyöt on tarkoitus toteuttaa vuosien 2019–2021 aikana. Henkilökuilun lujittamisen viivästyminen on myöhästyttänyt kuilun teräsrakenteen asennusta ja viivästyttää henkilökuilun hissien käyttöönottoa vuoden 2022 lopulle. Kapselikuilun lujitustyö aloitetaan aikaisintaan vuoden 2019 alkupuolella, kuilun valmistumisen jälkeen. Kuilun lujitukseen on varattu 8 kuukautta. Kapselikuilun alapäähän louhitun kapselin vastaanottoaseman rakennus- ja talotekniset työt on tarkoitus aloittaa kesällä 2019. Kapselihissin asennus on suunniteltu aloitettavan vuoden 2021 puolivälissä.

5.6 Turvallisuusperustelu

Turvallisuusperusteluohjelman tavoitteena on tuottaa turvallisuusperusteluaineisto käytölupaa varten vuoteen 2021 mennessä ja saada STUKilta positiivinen lausunto turvallisuusperustelun osalta. Ohjelman tavoitteena on myös sulkea paikan soveltuvuuteen ja pitkäaikaisturvallisuuteen liittyvät avoimet asiat siten, että STUKin turvallisuusperusteluun liittyvä päätös (1/H42252/2015) tulee huomioiduksi.

5.6.1 Paikankuvaus

Paikankuvaukseen liittyvät työt saadaan suureksi osaksi valmiiksi vuoden 2019 aikana ja ne tullaan raportoimaan Olkiluodon paikankuvausraportissa (*Olkiluoto Site Description*, OSD). Alkavan ohjelmakauden loppupuolella jatkuvat vielä kalliomekaniikan pai-

kankuvauksen työt, REPRO (REtention PROperties) -projekti ja ympäristön radioaktiivisuuden perustilaselvitys.

Kalliomekaniikan paikankuvaus keskittyy alkavalla ohjelmakaudella *Rock Mechanics of Olkiluoto* -raportin tuottamiseen kalliomekaniikan pääraporttina sekä Olkiluodon integroidun paikankuvauksen laatimiseen. Lisäksi keskitytään loppusijoitustilojen lähikallion evoluution mallinnukseen turvallisuusperustelun taustamateriaaliksi.

Kallion pidätyskykyä ja diffuusio-ominaisuuksia selvitetään läpdiffuusio (TDE) -kokeella. Kyseisen in situ -merkkiainekokeen tavoitteina on tuottaa tietoa Olkiluodon kalliolle tyypillisen suuntautuneisuuden vaikutuksesta radionuklidien kulkeutumiseen sekä huokosverkoston kytkeytyneisyydestä ja diffuusioreiteistä.

Ympäristön radioaktiivisuuden perustilaselvityksessä kartoitetaan loppusijoituslaitoksen toimintaa edeltävä lähtötilanne ja ympäristöolosuhteet laitospaikalla ja sen lähiympäristössä ympäristön radiologisen tilan osalta. Alkavan ohjelmakauden aikana saatetaan valmiiksi projektin näytteenottokampanja, analysoidaan ja raportoidaan tulokset. Näitä tuloksia tullaan käyttämään pohjana tulevan ympäristön säteilytarkkailuohjelman suunnittelussa.

5.6.2 Turvallisuusperustelu

Lähes kaikki turvallisuusperusteluun liittyvät paikankuvaukset valmistuvat vuoden 2019 aikana. Poikkeuksena on hydrologinen ja hydrogeokemiallinen evoluutiomallinnus, joka valmistuu vuoden 2020 alkupuolella. Lisäksi biosfääri- ja annosarviointi sekä varsinaisen turvallisuusperustelun viimeistely jatkuvat koko alkavan kauden ajan.

Hydrologinen ja hydrogeokemiallinen evoluutiomallinnus tarvitaan, jotta saadaan kattava käsitys siitä, miten loppusijoituspaikan olosuhteet muuttuvat pitkän ajan kuluessa syvällä kallioperässä vesien kulkeutumisen ja kemian suhteen. Tämän lisäksi mallinetaan vierasaineiden (kallioon luonnollisesti kuulumattomien aineiden esim. sementti ja betoni) rapautumista ja kulkeutumista sekä reaktiivista kulkeutumista. Mallinnustuloksia käytetään arvioimaan sekä peruskallion että teknisten vapautumisesteiden toimintakyvyn täyttymistä erilaisissa hydrogeologisissa ja hydrogeokemiallisissa olosuhteissa sekä radionuklidien vapautumis- ja kulkeutumianalyyseissä.

Biosfääri- ja annosarvioinnissa tulevan ohjelmakauden aikana keskitytään varsinaisiin kulkeutumismallinnuksiin ja lasketaan projektioita tulevaisuuden pintaympäristössä oleville radionuklidien konsentraatioille, joista edelleen saadaan arvioitua säteilyvaikutukset. Lopputuloksena arvioidaan, täyttyvätkö viranomaisrajat annosrajoitusten suhteen.

Turvallisuusperustelun loput raportit ja muut materiaalit valmistuvat tulevan ohjelmakauden aikana käyttöluopakemuksen liitteiksi ja niissä perustellaan loppusijoituksen turvallisuus, pitkäaikaisturvallisuus ja turvallisuudesta tehtyjen arvioiden luotettavuus.

5.7 Tuotantoon valmistautuminen, TUVA

5.7.1 Asennuslaitteiden kehitys

Referenssimenetelmien mukaisten asennuslaitteiden kehitys tulee keskeytymään vuonna 2018 suoritettavien FISST-kokeen asennusten jälkeen. FISST:n asennuskokemusten perusteella tullaan laatimaan yhteenvetomuistio, johon sisällytetään paitsi arviot ja perustelut referenssimenetelmissä pysymiseksi tai vaihtoehtoisin menetelmiin siirtymiseksi, myös kaikkien asennuslaitteiden projektisuunnitelmat. Projektisuunnitelmissa kuvataan protolaitteille mahdollisesti vaadittava jatkokehitystyö lopullisten tuotantolaitteiden viimeistelemiseksi.

Loppusijoitustunnelin täyttömateriaalin prototyypiasennuslaitteelle (TMA) vaihtoehtoisena loppusijoitustunnelin täyttömenetelmänä on tutkittu granulitäyttöä ja siihen on suunnitteilla **bulkkimateriaalin täyttölaitte (BMA)**. BMA:n toiminta perustuu itsevetävään materiaalin siirtoalustaan ja alustan päälle asennettavaan ruuvipurkauslaitteistoon siiloineen. Ruuvipurkaimilla granulibentoniittiseos tullaan asentamaan tunneliin vaatimukset täyttävällä kuivatiheydellä, tiiviisti lattiasta kattoon. Projektin ensimmäisessä vaiheessa laitteiston suunnittelu, valmistus ja asennustestaus halliolosuhteissa terästunneliin tehdään vuoden 2018 aikana, minkä päätteeksi referenssiasennusmenetelmästä tehdään päätös. Tavoite on, että vuoden 2018 lopussa Posivalla on kaksi vaihtoehtoista, vaatimukset täyttävää tunnelintäyttömenetelmää. Jos referenssimenetelmä päätetään muuttaa, tehdään projektin jälkimmäisessä vaiheessa itsevetävän ajoneuvoalustan hankinta ja integraatio, sekä asennustestaus täyden mittakaavan tunneliolosuhteissa (in situ).

Puskurin asennuslaitteelle (BIM) tulee laatia projektisuunnitelma, jossa päähuomio on ohjaus- ja asennustavassa. Nykyisellään prototyypilaitte vaatii käyttäjän läsnäoloa puskurilohkojen asennuksessa, eikä logistiikkakaan ole vielä täysin aukottomasti ratkaistu. Asennuslaite kuitenkin täyttää sille asetetut vaatimukset, kunhan ohjausjärjestelmä ja käyttötapa tullaan päivittämään käyttötoiminnan tarpeisiin sopivaksi.

5.7.2 Kalliorakentamisen menetelmäkehitys

Kalliorakentamisen menetelmäkehitys tulee jatkumaan vuosien 2019–2024 aikana. Tavoite on, että jakson alkupuolella Posiva on saanut kuvan siitä, voidaanko tunneleita tuottaa nykyisestä referenssimenetelmästä poiketen mekaanisesti louhimalla.

Loppusijoitusreiän porauslaitteen suunnittelu on tarkoitus aloittaa syksyllä 2018. Valmistusvalmiudessa oltaisiin vuonna 2019 pitkän toimitusajan komponenttien osalta. Laitteen tehdastestien ja toimituksen jälkeen suoritetaan käyttöönotto ja testaus ONKA-LOssa oikeissa geologisissa olosuhteissa, jotta varmistutaan laitteen tehokkuudesta, toimintavarmuudesta ja kyvystä tuottaa vaatimukset täyttäviä loppusijoitusreikiä.

5.7.3 Käyttöönotto (ml. yhteistoimintakoe)

Sekä kapselointi- että loppusijoituslaitoksella käyttöönottovaihe aloitetaan laite- ja järjestelmätason koekäytöillä, jotka tämän hetkisen aikataulun mukaan suoritetaan vaiheittain vuosina 2020–2022. Ennen koekäyttöjen aloitusta jokaiselle järjestelmälle laaditaan järjestelmäkohtainen koeohjelma, jonka mukaisesti koekäytöt suoritetaan. Laitekohtaisissa kokeissa todetaan laitteen/komponentin tekninen toimivuus siinä määrin, kuin se on mahdollista ilman, että laite on täysin kytketty muihin siihen liittyviin laitteisiin. Hyväksytysti suoritettujen laitetestien jälkeen testataan yksittäiset järjestelmät. Järjestelmäkohtaisten testien tavoitteena on osoittaa, että järjestelmä toimii kokonaisuutena suunnitellusti eri käyttö- ja vikatilanteissa.

Yhteistoimintakokeessa testataan kapselointi- ja loppusijoitusprosessien toimivuus ilman käytettyä polttoainetta. Yhteistoimintakoe koostuu kolmesta päävaiheesta: maanalaisten tilojen rakentaminen, kapselointi ja loppusijoitus. Maanalaisten tilojen rakentamisvaihe, joka sisältää RSC-tutkimukset, alkaa yhteistoimintakokeen loppusijoitustunnelin pilottireiän kairauksesta vuoden 2019 aikana ja päättyy loppusijoitusreikien tarkastuksiin vuonna 2023. Yhteistoimintakokeen kapselointi- ja loppusijoitusvaiheet aloitetaan vuonna 2023. Yhteistoimintakoe tehdään kelpoistetuilla ja käyttötarkoitustaan varten hyväksytyillä laitteilla ja järjestelmillä todellisissa loppusijoitusolosuhteissa. Kapselien käsittelytoimenpiteet kuitenkin tehdään kapseleilla, jotka eivät sisällä käytettyä ydinpolttoainetta vaan vastaavia aihioita. Koko kapselointi- ja loppusijoitusprosessin läpi on suunniteltu vietävän neljä kapselia. Onnistuneesti suoritettu yhteistoimintakoe on edellytys käyttöluvan saamiseksi.

Ennen ydintekniseen käyttöönottoon siirtymistä Posivalla tulee olla valtioneuvoston myöntämä ydinlaitoksen käyttö lupa. Ydinteknisen käyttöönoton aikana loppusijoitetaan ensimmäiset käytettyä ydinpolttoainetta sisältävät kapselit. Alustavan suunnitelman mukaan ydinteknisen käyttöönoton aikana loppusijoitetaan yhteensä noin 20 kapselia yhteen loppusijoitustunneliin. Ydintekninen käyttöönotto on aikataulutettu vuosille 2024–2025 ja se on samalla varsinaisen loppusijoitustoiminnan ensimmäinen vaihe.

5.7.4 Tuotantotoiminta

Tuotantosuunnitelma tullaan kehittämään yksittäisten työvaiheiden kuvausten pohjalta. Tällaisten prosessikuvausten avulla tullaan kehittämään työn ja tuotannon ohjausmenetelmät yhteistoimintakokeessa käyttöön otettavaksi, samoin kuin keskeisimmät tuotannon tietojärjestelmätkin. Tuotantoautomaatiojärjestelmän kehittämiseen ja käyttöönottoon varaudutaan, vaikkei käyttöönottoa lopulta katsottaisikaan välttämättömäksi keskeisimpien työvaiheiden ohjauksen tapahtuessa pääosin tietojärjestelmän kautta.

Yhteistoimintakokeeseen mennessä tarvittava henkilöstö on oltava koulutettuna, joten resurssointi ja resurssisuunnitelma on tehtävä ennen sitä.

5.7.5 Kunnossapito

Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen kunnossapitostrategian, kunnossapidon tavoitteiden ja kunnossapitomittareiden päivitykset tehdään vuoden 2018 aikana ja niitä päivitetään määrävälein.

Posivan kunnossapito-organisaation tehtävät ja resurssit tullaan päivittämään ja määrittämään tarkemmin vuoden 2018 aikana ja jatkossa tarvetarkastelu tehdään vuosittain. Käyttölupahakemukseen tulee kuvaus Posivan kunnossapito-organisaatiosta. Kunnossapito-organisaatiolla on merkittävä rooli käyttöönotossa. Posivan kunnossapito-organisaatio määrittää yhteistyössä TVO:n kanssa. Myös konsernin ulkopuolisia resursseja tarvitaan, muun muassa Posivan erikoislaitteisiin liittyvissä kunnossapitotehtävissä. Kunnossapidon osaamisprofiilien sekä koulutustarpeiden määrittäminen tehdään vaiheittain vuosien 2018–2023 aikana resurssitarpeiden määrittämisen yhteydessä.

Kunnossapidon ohjeet tullaan laatimaan ja kokoamaan vaiheittain vuosien 2018–2023 aikana. Samoin kunnossapitoluokittelut, ennakkohuolto-ohjelmat sekä tarvittavien varaosien ja erikoistyökalujen määrittelyt tullaan laatimaan vaiheittain vuosien 2018–2023 aikana sitä mukaa, kun tarvittavat tiedot on käytettävissä.

Nykyinen ikääntymisenhallinnan periaatesuunnitelma tullaan päivittämään ikääntymisenhallintaohjelmaksi käyttölupahakemukseen. Ohjelma laaditaan yhteistyössä TVO:n kanssa.

Kunnossapito-ohjelmina tullaan pääasiassa käyttämään TVO:n kunnossapitojärjestelmän ohjelmia, jotka sisältävät muun muassa laitostietokannan, muutostyöhallinnan sekä työtilausjärjestelmän.

5.8 Täyden mittakaavan järjestelmäkoe (Full Scale In-Situ System Test, FISST)

FISST-kokeen suunnittelu, asennus ja käyttöönotto (FISST-projekti) saadaan pääosin päätökseen vuoden 2018 aikana ja raportoidaan vuonna 2019. FISST:n komponenttien valmistamisen ja asentamisen aikaiset käyttökokemukset kootaan yhteen ja niiden avulla tuotetaan aineistoa kapselin, puskurin ja täytön suunnittelun tueksi ja asennuslaitteistojen jatkokehitystä varten.

FISST-kokeen seurantavaihe (erillinen projekti) käynnistyy vuonna 2019 ja asennettujen kapseloiden, puskurin, täytön ja tulpan seurantajärjestelmän tulokset tullaan arvioimaan ja raportoimaan säännöllisesti ja niitä tullaan vertaamaan mallinnettuun käyttäytymiseen. FISST-kokeessa seurataan loppusijoitusjärjestelmän ja erityisesti teknisten vapautumisesteiden toimintaa asentamisen jälkeen useiden vuosien ajan. Seurantavaiheen kesto määrittää erillisen suunnitelman mukaan.

5.9 Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen luvittaminen

Käyttölupaprojektin tavoitteena on jättää käyttölupahakemus vuoden 2021 lopulla ja saada käyttölupa vuoden 2024 alussa. Vuosina 2019–2024 käyttölupaprojekti organisoii ja valvoo käyttölupahakemusaineiston suunnittelua, laatimista, laatua ja täydentämistä. Käyttölupaprojekti toimii rajapintana STUKin ja TEM:n kanssa käyttölupaan liittyvissä asioissa. Projekti varmistaa, että tarvittavat turvallisuusanalyysit toimitetaan käyttölupahakemuksen jättämisen yhteydessä ja mahdollisiin lisäselvityspyyntöihin vastataan, jotta STUK voi suorittaa turvallisuuden arvioinnin. Käyttölupaprojekti varmistaa myös, että STUKin antama palaute rakentamislupa-aineistoon otetaan huomioon käyttölupa-aineiston laadinnassa.

Käyttölupa-aineiston lisäksi Posivan tulee laatia laitoksilleen käyttö- ja huolto-ohjeisto sekä turvallisuustekniset käyttöehdot. Näiden ohjaamana laitosta tullaan käyttämään turvallisesti. Turvallisuustekniset käyttöehdot STUK hyväksyy ennen ydinjätelaitosten käytön aloittamista.

Vuosina 2019–2024 Posivan ydinjätelaitosten kelpoistaminen etenee siten, että ennen käyttölupahakemuksen jättämistä järjestelmät ja laitteet ovat kelpoistettuja käyttötarkoitukseensa.

5.10 Rakentamisen ja käytönaikainen tutkimus- ja seurantaohjelma

Rakentamisen ja käytön aikainen tutkimus- ja seurantaohjelma tulee kattamaan soveltavuusluokittelutyön ja monitoroinnin sekä niitä varten ja niiden yhteydessä tehtävien mittausten ja mallinnusten toteuttamisen. Tavoitteena on tehokas tutkimus- ja mallinnusmenetelmien ja tuotantovaiheessa käytettävien ohjelmistojen soveltaminen ja datanhallinta.

5.10.1 Monitorointi

Ohjelmakaudella 2019–2021 tullaan jatkamaan monitorointia kulloinkin voimassa olevan monitorointiohjelman mukaisesti. Käyttölupahakemuksen jättämiseen mennessä monitorointiohjelma tullaan päivittämään käyttövaiheen tarpeisiin.

Vuosina 2022–2024 monitorointi jatkuu vuosien 2019–2021 aikana laadittavan käyttövaiheen monitorointiohjelman mukaisesti kuitenkin niin, että monitorointiverkkoa ja menettelyitä tullaan mukauttamaan ja edelleen kehittämään tarpeen mukaan loppusijoitustilojen rakentamisen edetessä. Alla on kuvattu pääpiirteittäin kunkin monitoroinnin osa-alueen päätehtävät vuosille 2019–2021.

Hydrogeokemiallisella monitoroinnilla havainnoidaan syvien ja matalien pohjavesien kemiallisten ominaisuuksien muutoksia. Tärkein tutkimusmenetelmä eri kohteista säännöllisesti otettavien vesinäytteiden laboratorioanalyysit. Vesinäytteiden laboratorioanalyysien lisäksi joitakin parametreja voidaan mitata myös jatkuvatoimisella läpivirtauskennolla. ONKALOSTA saadaan näytteitä mm. pohjavesiasemista, karakterisointirei'istä, vuotavista raoista, keräimistä ja mittapadoilta.

Syvän kalliopohjaveden näytteenotto-ohjelma suunnitellaan vuosittain aiempien havaintojen ja odotettavissa olevien muutosten perusteella.

Lähellä maan pintaa olevan ns. matalan pohjaveden näytteitä otetaan vuosittain kahtena kampanjana keväällä ja syksyllä, jotta vuodenaikaisvaihtelu voidaan erottaa mahdollisista muista muutoksista. Lisäksi kesällä otetaan tarvittaessa lisänäytteitä. Näytteenottoaikat valitaan vuosittain aiempien tulosten ja muiden havaintojen perusteella. Korvensuon altaasta peräisin olevan veden sekoittumista luonnolliseen pohjaveteen tutkitaan isotooppien avulla. Vesinäytteenottojen avulla tuotetaan tietoa myös turvaluokiteltujen tarveaineiden seurantaan ja pintaympäristön monitorointiin.

Hydrologian ja hydrogeologian monitoroinnilla hankitaan tietoa pohjaveden pinnankorkeuden ja kalliopohjaveden paineen muutoksista, pohjaveden virtauksesta, maa- ja kallioperän hydraulisista ominaisuuksista, pohjaveden vuodosta ONKALoon, pohjaveden suolaisuudesta, Korvensuon altaan vaikutuksesta pohjaveteen ja mahdollisesta pintahydrologian häiriintymisestä loppusijoituslaitoksen rakentamisen vuoksi. Havainnot tehdään mm. monitulpatuista kairareijistä, pohjavesiputkista sekä ONKALosta. Maanalaisen rakentamisen aiheuttamien hydraulisten häiriöiden monitorointia tukevana toimintana tehdään mm. Posivan vuotovesien arviointiohjelman (WARVI) puitteissa mallinnusta sekä ennusteita, joiden avulla pystytään arvioimaan tulevia häiriöitä, vallitsevien häiriöiden merkitystä sekä seuraamaan lyhyt- ja pitkäaikaisten vuotovesiennusteiden toteutumista.

Kalliomekaniikan monitoroinnilla seurataan louhituissa tiloissa tapahtuvia kallion muodonmuutoksia, jotka johtuvat ympäröivässä kalliomassassa vallitsevasta in situ -jännituskentästä ja siinä tapahtuvista muutoksista. Kalliomekaniikan seuranta kattaa myös kallion lämpötilan ja sen muutokset, maankohoamisen, kallioperän tektoniset liikkeet ja seismiset ilmiöt. Tarkoituksena on hankkia tietoa Olkiluodon kallioperän vakaudesta ja havaita esimerkiksi mahdollinen kallion rakojen uudelleen aktivoituminen. Kalliiossa luonnostaan tapahtuvien sekä ihmisen toiminnasta, kuten ONKALOn rakentamisesta, johtuvien seismisten tapahtumien havaitsemiseksi Olkiluotoon ja sen lähialueille on perustettu mikroseisminen mittaust verkosto. Lisäksi kalliomekaniikan monitoroinnissa hyödynnetään ekstensometrejä jännitystilojen uudelleen jakautumisen mittaamiseksi sekä GPS-mittauksia ja tarkkavaaituksia lohkoliikuntojen ja maankohoamisen seuraamiseksi.

Pintaympäristön monitoroinnilla seurataan loppusijoitustoiminnan suoria ympäristövaikutuksia ja niihin liittyviä muuttujia Olkiluodon alueella. Lisäksi pintaympäristön monitorointidataa hyödynnetään hankittaessa tietoa loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden vaikuttavista tekijöistä sekä mallinnuksen että rakennustöihin liittyvien pitkäaikaisturvallisuuskriittisten aineiden esiintymisestä. Lisäksi pintaympäristöstä monitoroidaan pohjavesien kannalta tärkeitä hydrologisia tekijöitä, kuten pintavesien virtaamia, merenpinnan korkeutta, sadantaa, lumipeitettä ja routaa hydrogeologisen monitoroinnin taustatiedoksi. Monitoroitaviin rakennustöiden ja erityisesti louhintatöiden ympäristövaikutuksiin kuuluvat meluseuranta, maanalaisen loppusijoituslaitoksen poistovesien ja louhealueen valumavesien seuranta, sekä Posivan toiminnan vaikutus kasvillisuuteen, eläimistöön ja esim. kaivovesien laatuun ja määrään Olkiluodossa. Erityisenä huomiokohtena on loppusijoituslaitosalueen eteläpuolella

sijaitseva vanhojen metsien suojelualue sekä Natura 2000 -alue. Lisäksi seurataan maankäytön muutoksia Olkiluodossa, koska esimerkiksi rakennusten ja teiden rakentaminen, kasvillisuuden raivaaminen ja maa-alueiden päällystäminen vaikuttavat hydrologiseen tasapainoon ja sitä kautta myös hydrologian ja hydrogeokemian tutkimustulosten tulkintaan. Myös suurimpien ojien veden määrän ja laadun seuranta sekä ilmastoon ja säätilaan liittyvien tietojen kerääminen ja tilastointi kuuluvat ohjelmaan.

Teknisten vapautumisesteiden käytönaikaisen monitorointiohjelman sisältöä, käytettäviä menetelmiä ja saatavien tulosten perusteella mahdollisesti edellytettäviä toimenpiteitä suunnitellaan ja kehitetään loppusijoituslaitoksen käyttöluvapahakemusvaiheeseen asti. Teknisten vapautumisesteiden toiminnan seuranta kehitetään ja testataan ONKALOSSA loppusijoitusjärjestelmän testeissä kuten FISST:ssä (ks. kohta 5.8). Ohjelman suunnittelussa hyödynnetään myös Euroopan komission Horizon 2020 -ohjelmassa olevan Modern 2020 -projektin tuloksia. Eri projekteissa tehtävien testien ja demonstraatioiden tuottamaa tietoa hyödynnetään teknisten vapautumisesteiden toimintaan ja niiden asentamisen jälkeisen vaiheen kehitykseen liittyvien käsitysten varmistamisessa. Teknisten vapautumisesteiden toiminnan seuranta varten hahmotetaan menetelmät, joiden avulla loppusijoitusjärjestelmän käyttäytymisestä saadaan tietoja loppusijoitustilojen olosuhteissa vuosien tai jopa vuosikymmenten ajan joko suoraan tai epäsuorasti. Lopullinen kuvaus teknisten vapautumisesteiden monitoroinnista julkaistaan käyttöluvapahakemuksen jättämisen yhteydessä toimitettavassa käyttövaiheen monitorointiohjelmassa.

5.10.2 Soveltuvuusluokittelu ja muut käytönaikaiseen tutkimus- ja seurantaohjelmaan liittyvät työt

Kallion soveltuvuusluokittelua lähdettiin aikanaan kehittämään siksi, että loppusijoituslaitoksen pitkäaikaisturvallisuutta vaarantavat kallioperän piirteet on viranomaisohjeiden mukaan luokiteltava. Kallion soveltuvuusluokittelun (RSC) tarkoituksena on luokitella kalliotilavuudet loppusijoitukselle soveltuviin ja soveltumattomiin. RSC-menettely on kuvattu vuonna 2012 julkaistussa RSC:n pääraportissa (McEwen ym. 2012). Menettely on vieläkin pääosin raportoidun kaltainen, mutta ajantasaiset käytännöt on esitetty Posivan tutkimus- ja kehityskäsikirjan osana olevassa kallion soveltuvuusluokittelun menettelyohjeessa.

Vuoden 2018 aikana tehty kallion soveltuvuusluokittelun jatkokehitystyö viedään seuraavan ohjelmakauden aikana käytäntöön. Tämä sisältää muun muassa päivitetyn kallion soveltuvuusluokittelun menettelyohjeen sekä kallion soveltuvuusluokittelun lähtötieto-ohjeen soveltamista yhteistoimintakokeen ja ensimmäisen loppusijoituspaneelin alueen RSC-töissä.

Soveltuvuusluokittelun optimoinnin ja muun kehityksen yhteydessä tehtävien muutosten vaikutukset turvallisuuteen, laatuun ja tehokkuuteen tullaan huomioimaan RSC-menettelyn riskitarkastelussa. Erityinen huomio kiinnitetään siihen, että RSC:ssä sovellettavien kallion rakoiluun ja rakenteisiin liittyvien menettelyjen kehittäminen tehdään kytköksissä paikankuvausta ja turvallisuusperustelua varten tehtävän seismisen tarkastelun kanssa.

Paikankuvausprojektien yhteydessä on tehty loppusijoituspaikkaa koskevaa geologian, geofysiikan, kalliomekaniikan, hydrogeologian ja hydrogeokemian numeerista ja analyttistä mallinnusta. Lisäksi on tehty jatkuvaluontoisena työnä mallinnusta RSC:n ja vuotovesien hallinnan tarpeisiin. Mallinnustöiden kokonaisuutta ja tulevaisuuden tarpeita on päättävän ohjelmakauden aikana selvitetty systemaattisesti.

Alkavan ohjelmakauden alkupuolella laaditaan suunnitelma siitä mallinnuskokonaisuudesta, jota käytön aikana ylläpidetään sekä suunnitelma prosessissa tarvittavista tutkimus- ja mallinnusmenetelmistä. Käytönaikaisessa mallinnustyössä pyritään pieneen määrään tehokkaasti käytettäviä ohjelmistoja. Tätä työtä jatketaan alkavalla kaudella koulutusten ja ohjelmistokehityksen myötä. Alkavan kauden lopulla on käytössä kattava kuvaus tutkimusmenetelmistä, mallinnusmenetelmistä ja ohjelmistoista, ja niiden käytön vaatima osaaminen on huomioitu Posivan henkilöstösuunnittelussa.

Alkavalla kaudella RSC-menetelmää sovelletaan yhteistoimintakokeen tilojen soveltuvuusarvioinnissa sekä ensimmäisten keskustunnelien ja loppusijoitustunnelien osalta. Soveltuvuusarviot tuotetaan tilojen rakentamisen aikataulun mukaisesti.

5.11 Kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen ydinjätehuolto

Posivan toiminnasta alkaa syntyä ydinlaitosjätteitä vasta ydinteknisen käytön alettua. Suunnitelmien mukaan käyttö alkaa vuonna 2024, joten vuosina 2019–2024 Posivan toiminnasta ei vielä synny ydinlaitosjätettä. Katsauskaudella 2019–2024 Posiva selvittää ja luvittaa ydinlaitosjätteidensä käsittelyä ja varastointia TVO:n ydinvoimalaitoksen järjestelmillä ja loppusijoitusta TVO:n VLJ-luolassa tai maaperäloppusijoituksena. Posiva säilyttää suunnitteluvaraukset myös rakentamisluvan mukaisille ratkaisuille, joilla Posiva voi tarvittaessa hoitaa itse omat matala- ja keskiaktiiviset laitosjätteensä tulevaisuudessa. Tähän on oltava mahdollisuus myös sen jälkeen, kun Olkiluodon muut ydinlaitokset on poistettu käytöstä.

5.12 Aluesuunnittelu ja kaavoitus

Posivan aluesuunnittelussa valmistaudutaan seuraavan kolmen vuoden aikana loppusijoitustoiminnan kannalta välttämättömien järjestelmien, kuten alueen palovesilinjaston, varasto- ja konesuojarakennusten asemoinnin ja liikennejärjestelyjen, jatkosuunnitteluun. Aluetöiden tämänhetkinen tilanne ja aluetöiden jaottelu perustuen toiminnalliseen näkökulmaan, sekä rakennuskohtaiset suunnitelmat lopuille ONKALO-alueen rakennuksille tullaan laatimaan pääosin vuosien 2018–2020 aikana, minkä jälkeen aluetyöt rakennetaan siihen laajuuteen, kuin loppusijoitustoiminnan aloittaminen edellyttää. Kuvassa 5-2 on esitetty havainnekuva kapselointilaitosalueesta.



Kuva 5-2. Posiva kapselointilaitosalue.

Vuosien 2016 ja 2017 aikana jatkettun kaavoitusprosessin seuraavan vaiheen valmistelut ovat edelleen vuonna 2018 käynnissä. Tavoitteena on, että loppusijoituslaitoksen eteläinen alue olisi mahdollista maankäytön osalta toteuttaa laitossuunnitelmassa suunnitellussa laajuudessa ja optimaalisessa järjestyksessä. Posiva tulee esittämään asemakaavoituksen jatkamista tulevan ohjelmakauden aikana tarkoituksena valmistautua loppusijoituslaitoksen mahdolliseen laajentamiseen, jotta pystytään turvaamaan omistajien loppusijoitustarpeisiin tarvittavien tilojen laajuus kallioperän olosuhteiden kannalta tarkoituksenmukaisella tavalla.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Posiva on vuodesta 2003 lähtien vastannut Fortumin ja TVO:n ydinjätehuollon kolmivuotissuunnitelman laadinnasta. Vuoteen 2012 asti TKS-ohjelman laadinnassa keskityttiin raportoimaan tulevasta tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyöstä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusvalmistelujen osalta. Vuonna 2012 tehdyn ohjelman nimen muutoksella YJH-ohjelmaksi haluttiin korostaa ohjelman kohdentumista tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutyön sijasta ydinjätehuoltoon kokonaisuudessaan.

Nyt laadittu ohjelma on järjestyksessään kuudes ja voidaan todeta, että avoimina olleita tutkimuskohteita on pystytty sulkemaan, suunnitelmia ja aikatauluja tarkentamaan sekä kehittämään laitoskonseptia turvallisempaan sekä käytettävyydeltään ja hankittavuudeltaan teollisempaan suuntaan. Posiva on tuotantoon valmistautuessaan siirtymässä enenevässä määrin myös käyttötoiminnan suunnitteluun rakentamis- ja käyttöönottovaiheen kokemuksista hyödyntäen saavuttaakseen käyttötoiminnan vaatiman organisatorisen valmiuden ennen käyttöä.

Ohjelmassa on edelleen avoimia asioita, joiden sulkemista jatketaan ja uskotaan saataavan päätökseen käyttöluvahakemukseen seuraavalla ohjelmajaksolla. Ohjelmakauden 2019–2021 päätavoitteina on aloittaa kapselointilaitoksen rakentaminen, hankkia sen laitteet ja järjestelmät, saada loppusijoituskonseptin avoimet asiat valmiiksi sekä laatia ja toimittaa käyttöluvahakemus ja siihen liittyvä käyttöluvahakemusaineisto.

Ohjelmakauden 2022–2024 tavoitteena on loppusijoitusjärjestelmän teknisten vapautumisesteiden tuotantovalmius, kapselointilaitoksen käyttövalmiuden saavuttaminen ja loppusijoituslaitoksen rakentaminen siten, että yhteistoimintakoe sekä ydintekninen koekäyttö voidaan toteuttaa ja loppusijoitustoiminta aloittaa.

YJH-2018-ohjelmassa esitetyt aikataulut on edelleen pidetty yleisellä tasolla, koska konseptin teollistamiseen liittyvillä teknisillä ratkaisuilla tulee olemaan jonkin verran vaikutuksia toteutusaikatauluihin. Yleisesti ottaen voidaan kuitenkin todeta että alkuperäistä tavoitetta aloittaa loppusijoitustoiminta 2020-luvun alupuolella ei ole jouduttu muuttamaan.

7 VIITTEET

Carpén, L., Rajala, P. & Bomberg, M. 2017. Purkumetallijätteiden liukeneminen – Kokeelliset tutkimukset vuonna 2016. Työraportti VLJ-6/17. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

CAST 2015. CARbon-14 Source Term. An Euratom Research project, <http://www.projectcast.eu/>. Viitattu 25.3.2015.

DISCO 2017. Modern Spent Fuel Dissolution and Chemistry in Failed Containers. An Euratom Research project, <https://www.disco-h2020.eu/>. Viitattu 25.3.2018.

FIRST Nuclides 2018. Fast/Instant Release of Safety Relevant Radionuclides from Spent Nuclear Fuel. An Euratom Research project, <http://www.firstnuclides.eu/>. Viitattu 26.3.2018.

Hagros, A., Öhberg, A. & Johansson, E. 2005. Olkiluodon VLJ-luolan kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelma 2006–2017. Työraportti VLJ-10/05. Teollisuuden Voima Oy, Eurajoki.

Hakola, I., Kivikoski, H., Löija, M. & Marjavaara, P. 2015. Designing, Commissioning and Monitoring of 40% Scale Bentonite Buffer Test. Working report 2015-8. Posiva Oy, Eurajoki.

Hankiola, E., Johansson, E. & Lehtonen, A. 2017. Olkiluodon VLJ-luolan kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelman 2006–2017 arviointi ja esiselvitys kalliomekaniikan ja hydrologian tutkimus- ja seurantaohjelmalle vuosille 2018–2027. Työraportti VLJ-5/17. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

Johansson, E. 2016. VLJ-luolan kallioperän kalliomekaaninen monitorointi vuonna 2015. Työraportti VLJ-2/16. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

Johansson, E. 2017. Olkiluodon VLJ-luolan kallioperän kalliomekaaninen monitorointi vuonna 2016. Työraportti VLJ-3/17. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

Johansson, E. 2018. VLJ-luolan kallioperän kalliomekaaninen monitorointi vuonna 2017. Työraportti VLJ-2/18. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

Jonsson, M., Emilsson, G. & Emilsson, L. 2018. Mechanical Design Analysis of Canister. Posiva-SKB-raportti 2017-04. Posiva Oy, Svensk Kärnbränslehantering AB.

King, F., Lilja, C., Pedersen, K., Pitkänen, P. & Vähänen, M. 2012. An Update of the State-of-the-art Report on the Corrosion of Copper Under Expected Conditions in a Deep Geologic Repository. POSIVA 2011-01. Posiva Oy, Eurajoki.

Koskinen, K. 2014. Effects of Cementitious Leachates on the EBS. POSIVA 2013-04. Posiva Oy, Eurajoki.

Lehtonen, A. 2016. VLJ-luolan hydrologinen monitorointi vuonna 2015. Työraportti VLJ-3/16. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

Lehtonen, A. & Weckman, K. 2017. Olkiluodon VLJ-luolan hydrologinen ja pohjavesikemian monitorointi vuonna 2016. Työraportti VLJ-4/17. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

McEwen, T. (ed.), Aro, S., Kosunen, P., Mattila, J., Pere, T., Käpyaho, A. & Hellä, P. 2013. Rock Suitability Classification - RSC 2012. POSIVA 2012-24. Posiva Oy, Eurajoki.

MIND 2018. Microbiology In Nuclear waste Disposal. An Euratom Research project, <http://www.mind15.eu/>. Viitattu 22.3.2018.

Nevalainen, J. & Weckman, K. 2018. Olkiluodon VLJ-luolan hydrologinen ja pohjavesikemian monitorointi vuonna 2017. Työraportti VLJ-3/18. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

Nykyri, M., Itävaara, M., Valkiainen, M., Vanne, L., Vikman, M. & Vuorinen, U. 2002. Large-Scale Gas Generation Experiment - 4-Year Status Report. Työraportti VLJ-2/02. Teollisuuden Voima Oy, Eurajoki.

Paaso, N., Weckman, K., Kukkola, T., Palmu, M. & Haapalehto, S. 2018. Olkiluodon VLJ-luolan kallioperän tutkimus- ja seurantaohjelma vuosille 2018–2027. Työraportti VLJ-1/18. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

Posiva 2003. TKS-2003, Nuclear Waste Management of the Olkiluoto and Loviisa Power Plants: Programme for Research, Development and Technical Design for 2004–2006. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2006. TKS-2006, Nuclear Waste Management of the Olkiluoto and Loviisa Power Plants: Programme for Research, Development and Technical Design for 2007–2009. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2009. TKS-2009, Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto: Selvitys suunnitelluista toimenpiteistä ja niiden valmistelusta vuosina 2010–2012. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2012a. YJH-2012, Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuollon ohjelma vuosille 2013–2015. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2012b. Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Performance Assessment 2012. POSIVA 2012-04. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2013. Monitoring at Olkiluoto – a Programme for the Period Before Repository Operation. POSIVA 2012-01. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2014. Loppusijoituskonseptin kehitysohjelma. Toimintasuunnitelma POS-018285. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2015. YJH-2015, Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuollon ohjelma vuosille 2016–2018. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2016a. Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto - Yhteenveto vuoden 2015 toiminnasta. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2016b. Laitoskuvaus 2015 – kapselointi- ja loppusijoituslaitossuunnitelmien yhteenvetoraportti. Työraportti 2015-53. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2016c. Safety Evaluation for a KBS-3H spent nuclear fuel repository at Olkiluoto – Design Basis. POSIVA 2016-05. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2016d. Safety Evaluation for a KBS-3H spent nuclear fuel repository at Olkiluoto – Description of the disposal system. POSIVA 2016-04. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2016e. Safety Evaluation for a KBS-3H spent nuclear fuel repository at Olkiluoto – Features, events and processes. POSIVA 2016-03. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2016f. Safety Evaluation for a KBS-3H spent nuclear fuel repository at Olkiluoto – Performance Assessment. POSIVA 2016-02. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2016g. Loppusijoituskonseptin kehitysohjelma v2. Toimintasuunnitelma POS-018285. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2017a. Safety Case Plan for the Operating Licence Application. POSIVA 2017-02. 152 p. ISBN 978-951-652-266-4. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2017b. Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto - Yhteenveto vuoden 2016 toiminnasta. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2017c. Loppusijoituskonseptin kehitysohjelma v3. Toimintasuunnitelma POS-018285. Posiva Oy, Eurajoki.

Posiva 2018. Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ydinjätehuolto - Yhteenveto vuoden 2017 toiminnasta. Posiva Oy, Eurajoki.

Rajala, P. 2017. Microbially-induced corrosion of carbon steel in a geological repository environment. Doctoral dissertation. VTT Science 155. ISBN 978-951-38-8544-1 (<http://www.vttresearch.com/impact/publications>), Espoo.

Rasilainen, K. 2015. KYT 2018. Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma 2015–2018. Vuosikatsaus 2015. kyt2018.vtt.fi/docs/KYT2018_vuosikatsaus_2015_final.pdf. Viitattu 27.3.2018.

Roth, O. 2015. A Study of Instant Release Fractions and Matrix Dissolution Rate of two Fuels Irradiated in Olkiluoto. Working Report 2015-19. Posiva Oy, Eurajoki.

Small, J. S., Nykyri, M., Vikman, M., Itävaara, M. & Heikinheimo, L. 2017. The biogeochemistry of gas generation from low-level nuclear waste: Modelling after 18 years study under in situ conditions. *Applied Geochemistry* 84 (2017) 360-372. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.07.012>.

Snellman, M. & Hellä, P. 2016. Olkiluodon VLJ-luolasta otettujen pohjavesinäytteiden edustavuusarviointi. Työraportti VLJ-1/16rev. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki

Snellman, M. & Hellä, P. 2017a. Geokemian kuvaus Olkiluodon VLJ-luolasta ja sen ympäristöstä. Työraportti VLJ-1/17. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

Snellman, M. & Hellä, P. 2017b. Suositus Olkiluodon VLJ-luolan pohjavesikemian seurantaohjelmasta v. 2018–2027. Työraportti VLJ-2/17. Teollisuuden Voima Oyj, Eurajoki.

STUK 2015. STUK-B 197, STUK's review on the construction license stage post closure safety case of the spent nuclear fuel disposal in Olkiluoto. STUK, Helsinki.

THERAMIN 2018. Thermal treatment for radioactive waste minimisation and hazard reduction. An Euratom Research project, <http://www.theramin-h2020.eu/>. Viitattu 22.3.2018.

