

KYT2018

KANSALLINEN YDINJÄTEHUOLLON
TUTKIMUSOHJELMA
2015-2018

Vuosisuunnitelma
2016

Kari Rasilainen

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
1. Johdanto	4
2. Tutkimusohjelman tavoitteet	6
3. Tutkimushankkeet vuonna 2016	8
3.1 Ydinjätehuollon teknologiat	11
3.2 Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus	11
3.2.1 Turvallisuusperustelu	11
3.2.2 Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky	12
3.2.3 Kapselin toimintakyky	13
3.2.4 Mikrobiologian vaikutukset	15
3.2.5 Muut turvallisuustutkimukset	17
3.3 Ydinjätehuolto ja yhteiskunta	20
3.4 Ydinjätetutkimuksen infra	21
3.5 Muut tutkimusohjelman infrahankkeet	21
Viitteet	22
Liite 1 KYT2018 hankekohtaiset hakuyhteenvedot 2016	23
Liite 2 KYT2018 organisaatio 2016	69
Liite 3 KYT2018 hankeseuranta 2016	71

ESIPUHE

Tämä on Kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman (KYT2018) sisällöllinen vuosisuunnitelma vuodelle 2016. Vuosisuunnitelmassa kuvataan tutkimusohjelman sisältöä hanke-esityksissä esitettyjen suunnitelmien perusteella.

Vuosisuunnitelmassa käsitellään rahoituskysymyksiä vain yleisellä tasolla. KYT2018-ohjelman tärkein yksittäinen rahoittajataho on valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR). Tutkimusta tekevät organisaatiot ovat ohjanneet hankkeisiinsa usein myös omaa rahoitustaan.

Tutkimussuunnitelma on tutkimusohjelman koordinaattorin kokoama, mutta siten, että Liitteen 1 hankekohtaiset tutkimusyhteenvedot ovat yksittäisten tutkimushankkeiden vastuuhenkilöiden laatimia.

1 Johdanto

Suomen lainsäädäntö edellyttää, että ydinjätehuoltovelvolliset vastaavat tuottamiensa jätteiden huollon suunnittelusta, toteutuksesta ja kustannuksista mukaan lukien tutkimus- ja kehitystyö. Teollisuuden Voima Oyj:n ja Fortum Power and Heat Oy:n yhdessä omistamalla Posiva Oy:llä on Suomen laajin ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyön ohjelma.

Työ- ja elinkeinoministeriöllä (TEM) on kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT), jonka pitkän aikavälin tarkoituksena on varmistaa alan osaaminen ydinenergialain 53 b §:n tavoitteiden mukaisesti sekä edistää yhteistyötä viranomaisten, ydinjätehuoltovelvollisten ja tutkijoiden kesken. Osaamisen ylläpidossa keskeinen asia on uusien asiantuntijoiden kouluttaminen alalle. Tässä kuvattavan KYT-ohjelman tavoitteet ja sisältö pohjautuvat ministeriön asettaman työryhmän näkemyksiin.

Ydinjätehuollon toimintaympäristössä tapahtuu tutkimusohjelmakaudella 2015–2018 merkittäviä muutoksia sekä Suomessa että ulkomailla.

Kotimainen toimintaympäristö

Tutkimusohjelmakautteen, v. 2015 - 2018, ajoittuu Suomessa useita ydinjätehuoltoon suoraan ja välillisesti liittyviä päätöksiä ja valintoja. Ydinjätehuollon ratkaisut ovat hyvin pitkävaikutteisia ja siten päätöstentekoon valmistautuminen, jonka osana on tutkimustyön tekeminen, täytyy aloittaa hyvissä ajoin.

Merkittävin asia ydinjätehuollossa ohjelmakaudella on Posivan loppusijoituslaitoksen rakentamisen aloitus ja valmistautuminen käyttöluvan jättämiseen. Vuoden 2012 lopulla Posiva toimitti valtioneuvostolle rakentamislupahakemuksen käytetyn polttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksesta muodostuvan laitosteknisen rakentamiseksi Eurajoen Olkiluotoon, lupa myönnettiin vuoden 2015 syksyllä. Laitosten rakentaminen aloitetaan luvan myöntämisen jälkeen. Käyttöilupaa haetaan nykyisen aikataulun mukaan noin vuonna 2020.

Ohjelmakaudella pyritään ottamaan nyt rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö (Olkiluoto 3) käyttöön ja edetä vuonna 2010 Hanhikivi 1 –ydinvoimalaitokselle myönnetyn periaatepäätöksen mukaisesti rakentamislupavaiheeseen. Fennovoima käynnistää kesällä 2016 YVA-menettelyn käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen paikanvalintaa varten.

Loviisan ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöluvut ovat voimassa 2020-luvun loppupuolelle. Olkiluodon laitosyksiköiden 1 ja 2 luvat ovat voimassa vuoden 2018 loppuun saakka. TVO:n Olkiluoto 1 - ja 2 -laitosyksiköiden käyttöluvien jatkamista tullaan hakemaan seuraavaksi 20 vuoden jaksoksi ennen lupien umpeutumista. Käytöstäpoiston ja purkujätteen loppusijoituksen luvitus alkaa nykyisten suunnitelmien mukaan 2020-luvun alussa Loviisan voimalaitoksen osalta. Sitä ennen on edessä Otaniemessä sijaitsevan tutkimusreaktorin käytöstäpoisto, jonka YVA-menettely on saatettu päätökseen helmikuussa 2015.

VTT on käynnistänyt Ydinturvallisuustalo-rakennushankkeen vuoden 2014 alkupuolella. Rakennus otetaan suurimmalta osaltaan käyttöön vuoden 2016 loppuun mennessä. Ydinturvallisuustaloon rakennetaan ajanmukaiset kokeelliset tutkimustilat kuumakammiovalmiuksineen, joissa voidaan tutkia esimerkiksi aktivoituneita reaktorimateriaaleja, mutta ei käytettyä polttoainetta. Taloon rakennetaan myös laboratoriotilat ydinjätetutkimukselle sekä uudet radiokemian ja dosimetrian laboratoriot.

Kansainvälinen toimintaympäristö

Ulkomaisen kehityksen arvioidaan olevan vilkasta ydinjätehuollon alalla. Esimerkiksi EU:n ydinjätedirektiivi vaikuttaa toimialan käytäntöihin ja suunnitelmiin. Ruotsissa saatetaan loppuun maaliskuussa 2011 viranomaisille jätetty käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemuksen käsittely. Ranskassa korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksen rakentamisen lupahakemuksen käsittely alkaa vuonna 2015 ja loppusijoitus aikataulun mukaan vuonna 2025. USA:ssa nk. Blue Ribbon -komiteat ovat selvittäneet vaihtoehtoja Yucca Mountainiin kaavaillulle geologiselle loppusijoitukselle, josta luovuttiin vuonna 2010 poliittisella päätöksellä.

Monet eurooppalaiset ydinjätehuollon toimijat ovat kehittämässä voimalaitosten käyttöjätteen loppusijoituksen ratkaisuja, koska jätteen kertymisnopeuden vuoksi paine loppusijoituksen aloittamiseen kasvaa. Suomessa ja Ruotsissa voimalaitosjätteen loppusijoitus on jo luvitetussa toteutusvaiheessa.

Euroopan unionin (EU) rahoitus ydinjätetutkimukselle on toteutettu Euratomin tutkimus- ja koulutusohjelmien kautta puiteohjelmina. Seitsemäs puiteohjelma on päättynyt ja uusi Horizon 2020 -ohjelma vuosille 2014–2020 on käynnissä: ensimmäinen hankehaku vuosille 2014-2015 avautui keväällä 2014. Vuonna 2009 perustettiin teknologiafoorumi IGD-TP (Implementing Geological Disposal - Technology Platform), jonka tehtävänä on koordinoida Euratomin piirissä tehtävää ydinjätehuollon tutkimusta. Suomesta IGD-TP:hen osallistuu aktiivisimmin Posiva. Posivan lisäksi ohjelmassa on mukana myös eräitä muita suomalaisia ydinjätealalla toimivia organisaatioita ja voimayhtiöitä. SNE TP-NUGENIA tutkimusohjelmassa on mukana laitosten purkamiseen ja laitosjätteen käsittelyyn liittyvää tutkimustoimintaa, mikä täydentää IGD-TP:n tavoitteita jätehuollon tutkimustarpeiden osalta.

EU:n piirissä komissio on parhaillaan pyrkimässä ns. yhteiseen ohjelmasuunnitteluun (European Joint Programme), jonka yhtenä ulottuvuutena on kansallisten tutkimusohjelmien ja yksittäisten hankkeiden nykyistä tiiviimpi kytkeminen isommiksi eurooppalaisiksi tutkimusohjelmiksi. Suomessa tämä koskisi esim. KYT2018- ja SAFIR2018-ohjelmia.

OECD:n ydinenergiajärjestön (Nuclear Energy Agency, NEA) jätekomitea (Radioactive Waste Management Committee, RWMC) käsittelee työryhmissään erityisesti pitkäikäisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen huoltoa, loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta sekä ydinlaitosten käytöstäpoistoa. RWMC:llä on kolme työryhmää. Forum on Stakeholder Confidence (FSC) keskittyy ydinjätehuollon yhteiskunnalliseen hyväksyttävyyteen. Integration Group for the Safety Case (IGSC) keskittyy loppusijoituksen turvallisuuteen eri näkökulmista ja loppusijoituksen turvallisuusperustelujen kehittämiseen. Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD) keskittyy käytöstäpoiston strategioihin ja purkutekniikoihin, sääntelyyn, käytöstäpoistojätteisiin, rahoitukseen ja kustannuksiin. Jätekomitea kokoontuu kerran vuodessa. Työryhmät järjestävät vuosittain seminaareja, työpajoja ja vuosikokouksia sekä julkaisevat selvityksiä ja esitteitä. Jätekomiteassa ja sen työryhmissä on edustus myös Suomesta; jätekomiteassa on edustus myös KYT-ohjelmasta.

Suomalaiset ydinjätehuollon toimijat osallistuvat aktiivisesti kansainvälisten suositusten ja eurooppalaisten turvallisuusvaatimusten valmisteluun. STUK vaikuttaa IAEA:n (International Atomic Energy Agency) ydinjätehuoltoa koskeviin vaatimuksiin erityisesti IAEA:n ydinjäteasioita käsittelevän komitean (Waste Safety Standards Committee, WASSC) kautta osallistumalla vaatimus- ja ohje-luonnosten valmisteluun ja toimimalla IAEA:n projekteissa (esim. International Intercomparison and Harmonisation Project On Demonstrating the Safety of Geological Disposal, GEOSAF). Ohjetyön lisäksi STUK toimii Suomen yhteysorganisaationa IAEA:n ylläpitämässä ydinenergia-alan tiedonvaihto-järjestelmissä (mm. ydinjätetietokanta IAEA Online Information Resource for Radioactive Waste Management, NEWMDB). STUK:n asiantuntijat osallistuvat myös muiden jäsenvaltioiden vertaisarviointeihin IAEA:n arviointiryhmien jäsenenä. IAEA-yhteistyö antaa kokonaiskuvaa ydinjäteasioihin, vaikka ne eivät suoraan koskisikaan tutkimusta. STUK osallistuu myös WENRA:n

(Western European Nuclear Regulators Association) ydinjäte- ja käytöstäpoistotyöryhmän (Working Group on Waste and Decommissioning, WGWD) työhön. WGWD:n tavoitteena on harmonisoida ydinjätteeseen ja käytöstäpoistoon liittyviä viranomaisvaatimuksia. Luvanhaltijat Fortum ja TVO osallistuvat puolestaan Foratomin alla toimivan ENISS-ryhmän kautta WENRA:n, IAEA:n ja Euroopan komission ohjeisto- ja säännöstötyön seurantaan ja kommentointiin.

NKS (Nordic Nuclear Safety Research) on pohjoismainen ministeriöiden ja voimayhtiöiden rahoittama yhteistyöverkosto, joka tukee ydinturvallisuuteen, säteilysuojeluun ja valmiustoimintaan liittyvää tutkimusta sekä alan seminaarien järjestämistä. Ydinjätehuollon alueella NKS:n puitteissa on viime vuosina selvitetty mm. vaikeasti havaittavien nuklidien mittausta purkujätteestä sekä järjestetty kolme käytöstäpoistoseminaaria. Seminaareista ensimmäinen pidettiin Risø:ssa Tanskassa vuonna 2005, toinen Studsvikissa Ruotsissa vuonna 2010 ja kolmas Haldenissa Norjassa vuoden 2013 lopulla.

2. Tutkimusohjelman tavoitteet

KYT2018-tutkimusohjelman lähtökohdat perustuvat ydinenergialakiin (990/1987, 53 b §), jonka mukaan tutkimustoiminnan tavoitteena on ”varmistaa, että viranomaisten saatavilla on riittävästi ja kattavasti sellaista ydinteknistä asiantuntemusta ja muita valmiuksia, joita tarvitaan ydinjätehuollon erilaisten toteutustapojen ja menetelmien arviointiin”.

Tutkimusohjelman sisältö muodostuu kansallisen osaamisen kannalta keskeisistä tutkimuskohteista. Keskeisimmiksi katsottuihin aihepiireihin tavoitellaan koko ohjelmakauden kattavia koordinoituja hankkeita.

Ydinenergialain mukaan ydinjätehuoltovelvolliset vastaavat tuottamiensa jätteiden huollon käytännön suunnittelusta, toteutuksesta ja kustannuksista mukaan lukien tutkimus- ja kehitystyö. Siksi ydinjätehuoltovelvollisten selvitysvelvollisuuden piiriin kuuluvat hankkeet eivät kuulu KYT-ohjelmaan. Myöskään STUK:n valvontatyötä suoraan tukevat hankkeet eivät kuulu KYT2018-ohjelmaan. Eri toimijat voivat kuitenkin tarjota KYT-ohjelman ja tutkijoiden käyttöön esimerkiksi omia koelaitteistoja ja kokeellisia tutkimusaineistoja, jolloin laitteet ja aineistot on mahdollista saada laajemmin tutkimusyhteisön hyödynnettäviksi esimerkiksi opinnäytetöissä.

KYT-tutkimusohjelmaan osallistuvat korkeakoulut ja yliopistot vastaavat oman strategiansa mukaisesta perus- ja jatko-opiskelijoiden koulutuksesta sekä tutkimustyöstä. Tutkimuspalveluita tarjoavat organisaatiot vastaavat puolestaan oman osaamisensa kehittämisestä strategiansa ja palveluiden kysynnän pohjalta. KYT-ohjelma täydentää omalta osaltaan näiden organisaatioiden toiminnan rahoitusvaihtoehtoja.

KYT2018-tutkimusohjelma toimii samalla viranomaisten, ydinjätehuoltoa toteuttavien organisaatioiden ja tutkimuslaitosten välisenä keskustelu- ja tiedonvälitysohjelmana. Näin luodaan edellytyksiä rajallisten tutkimusresurssien tehokkaalle hyödyntämiselle ja varmistetaan siitä, että yksittäisiin tutkimushankkeisiin saadaan riittävän monipuolinen ja poikkitieteellinen tutkimusryhmä sekä asiantunteva tukiryhmä. Tehokkaalla tiedonvaihdolla voidaan myös välttää mahdollista päällekkäistä tutkimusta sekä koordinoita esimerkiksi kansainvälisiin hankkeisiin osallistumista.

Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) rahoittaa vuosittain ydinjätehuollon tutkimushankkeita työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) esityksen perusteella. TEM:n esitys perustuu KYT-johtoryhmän rahoitussuosituksen. Vuosittain jaettava rahamäärä perustuu jätehuoltovelvollisten vastuumääriin. Tutkimuskaudella 2016–2018 on tutkimukseen, tutkimusinfrastruktuurin kehittämiseen ja täydennyskoulustoimintaan osoitettavissa noin 2,9 miljoonaa euroa. Tämä jakautuu kaikille avoimeen

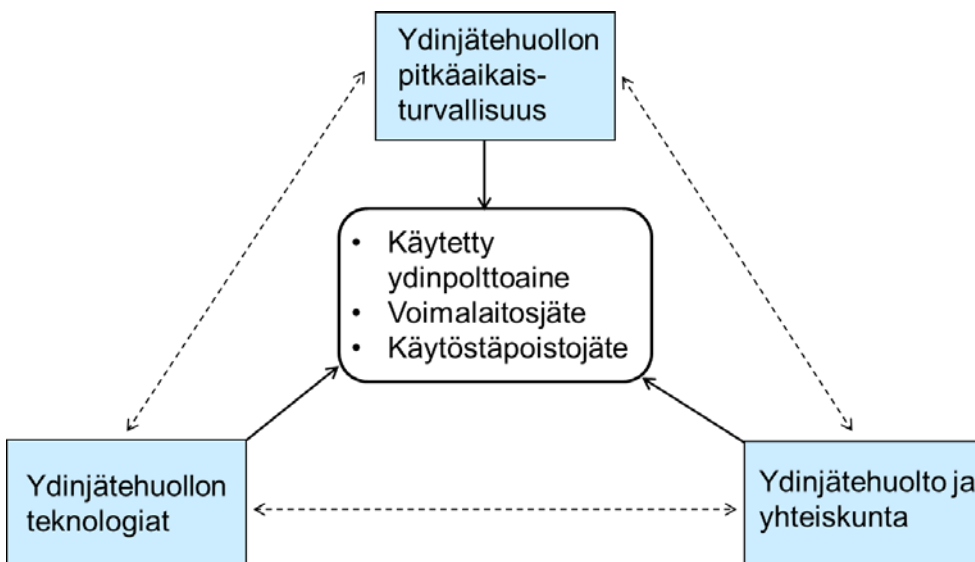
hakuun, jonka osuus on noin 1,7 miljoonaa euroa vuosittain sekä vain VTT Oy:lle suunnattuun, Ydinturvallisuustalon tutkimusinfrastruktuurin kehittämiseen tarkoitettuun osaan.

KYT2018-tutkimusohjelma tukee ja kannustaa osallistumaan ydinjätetutkimuksen kansainvälisiin hankkeisiin. Esimerkiksi EU-hankkeita voidaan toteuttaa VYR:n ja muiden suomalaisten tai ulkomaisten rahoittajien yhteisrahoituksella. Yhteisrahoitteisiin hankkeisiin sovelletaan KYT2018-ohjelman osalta VYR:n rahoitusehtoja, jotka ovat saatavana KYT-tutkimusohjelman verkkosivuilta (<http://kyt2018.vtt.fi/>).

KYT2018-ohjelma pyrkii osaltaan varmistamaan olennaisen kansallisen asiantuntemuksen jatkuvan saatavuuden, edistämään tieteellistä ja korkeatasoista osaamista sekä lisäämään yleistä tietämystä ydinjätehuollon alalla. Tämä toteutuu mm. edistämällä uuden asiantuntijapolven kouluttamista alalle. KYT2018-ohjelma voi tarjota osarahoitusta väitöskirjatyölle, mikäli esitetty työ täyttää tutkimusohjelman sisältö- ja laatuksiteerit.

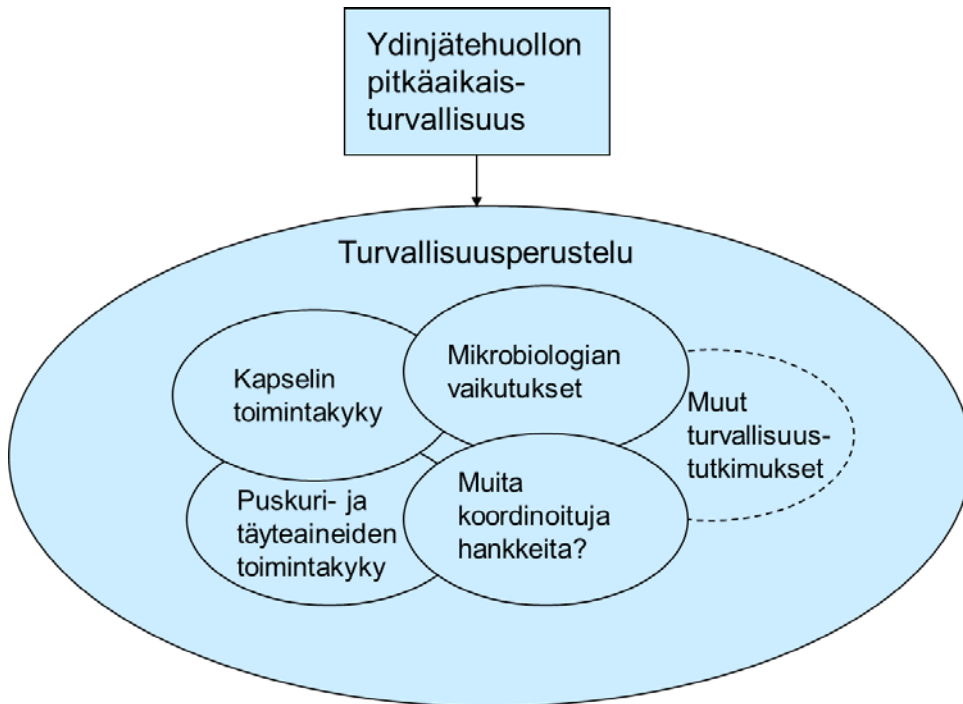
KYT2018-ohjelman tutkimussisältöön, raportointiin ja tiedonvälitykseen liittyvät tavoitteet on esitetty tarkemmin KYTin puiteohjelmassa (TEM 2014). Tutkimusohjelman sisäinen työnjako on kuvattu toimintaohjeessa (<http://kyt2018.vtt.fi/>).

KYT2018-ohjelman tutkimukset jaetaan sisällöllisiin toistensa kanssa vuorovaikuttaviin aihepiireihin (1) ydinjätehuollon teknologiat, (2) ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus sekä (3) ydinjätehuolto ja yhteiskunta, kuva 1. Ydinjätteen loppusijoituksen yhteiskunnallinen hyväksyttävyyden on riippuvainen sen pitkäaikaisturvallisuudesta, jota arvioidaan turvallisuusperustelulla. Turvallisuusperustelussa puolestaan arvioidaan ydinjätehuollon teknologioiden toimivuus pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. Tutkimusohjelman johtoryhmä voi täsmentää vuosittain aihepiirien keskinäistä ja sisäistä painotusta.



Kuva 1. KYT2018-tutkimusohjelman aihepiirit.

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimuksen rakenne on kuvattu otsikkotasolla kuvassa 2. Pitkäaikaisturvallisuuden aihepiiriin kuuluvia tutkimuksia suunniteltaessa on tavoitteena oltava tutkimuksen hyödynnettävyys loppusijoituksen turvallisuusperustelussa. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuustutkimukset voivat tässä tutkimusohjelmassa kohdistua käytettyyn ydinpolttoaineeseen, voimalaitosjätteeseen tai käytöstäpoistojätteeseen. Kaikkien näiden jätehuollon suunnittelu Suomessa perustuu geologiseen loppusijoitukseen.



Kuva 2. KYT2018-tutkimusohjelman ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuteen kohdistuva tutkimus. Yhtenäisellä viivalla rajatut ellipsit edustavat aihepiirejä, joille toivotaan ehdotuksia koordinoituiksi hankkeiksi. Muistakin kuin kuvassa mainituista aihepiireistä voidaan ehdottaa koordinoituja hankkeita. Katkoviivalla rajattu ellipsi edustaa yksittäisiä turvallisuustutkimuksia.

3. Tutkimushankkeet vuonna 2016

Vuoden 2016 hankehaku oli 3-osainen, joista yhdessä muodostuu vuoden 2016 ydinenergialain tarkoittama hankekokonaisuus. 3-osainen hankehaku liittyy VTT:n Ydinturvallisuustalon rahoitusjärjestelyyn Valtion ydinjätehuoltorahaston (VYR) kautta. Ensimmäinen osa oli tutkimus- ja infrastruktuurihankehaku, joka oli kaikille avoin. Toisena osana oli vain VTT Oy:lle suunnattu haku Ydinturvallisuustalon laboratorio-osan toimitilakustannuksista. Kolmantena osana oli vain VTT Oy:lle suunnattu haku Ydinturvallisuustalon laboratorio-osan investointikustannuksista. Kaikki tähän hankehakuun osallistuneet infrahankkeet hakivat osarahoitusta myös SAFIR2018 ohjelmasta.

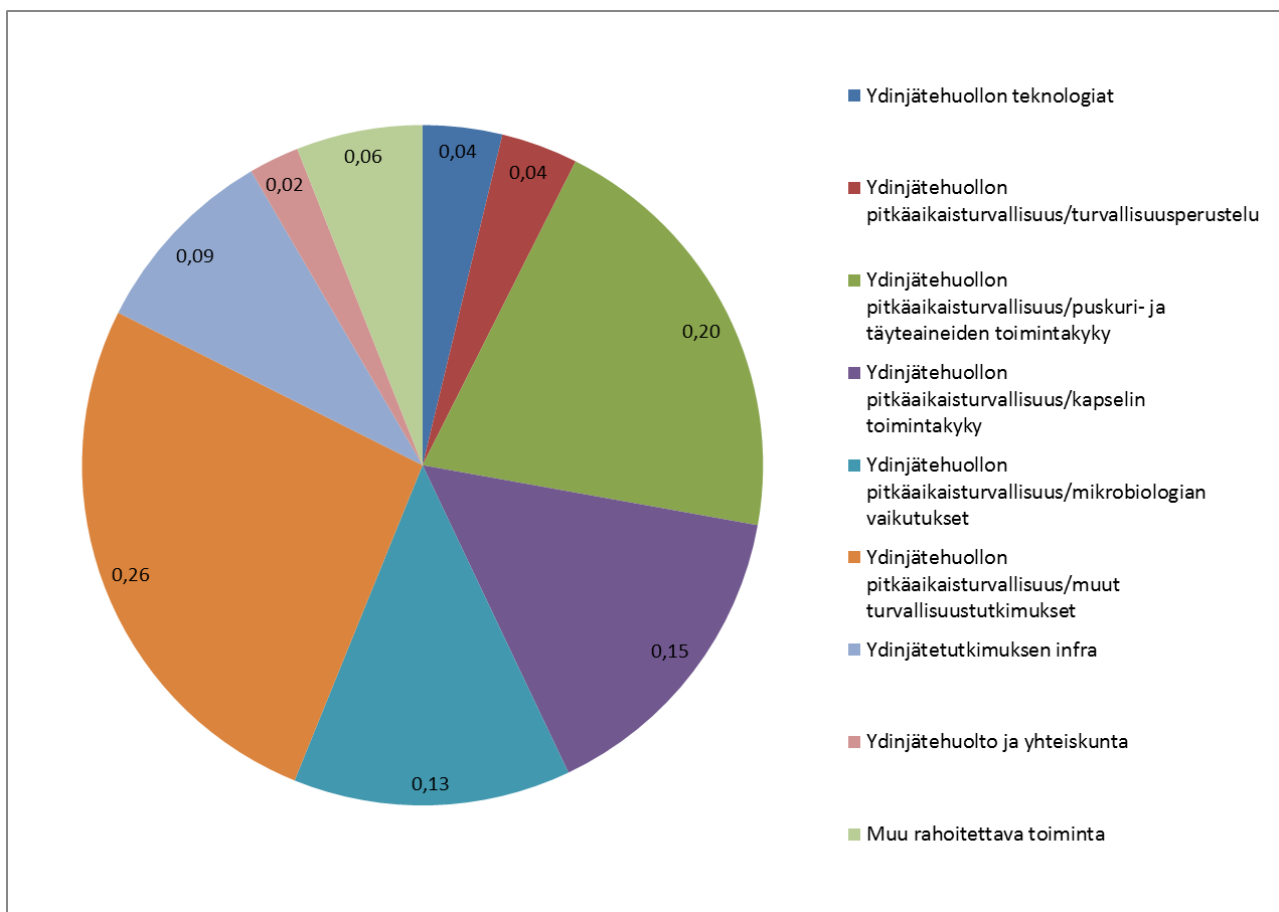
Vuoden 2016 hankehakuun lähetettiin yhteensä 39 tutkimushanke-esitystä ja yhteenlaskettuna VYR-rahoitusta haettiin 4,2 M€ joista avoimen haun osuus oli 3,0 M€. Avoimen haun hanke-esitykset arvioitiin sisällöllisesti tukiryhmissä ja arvioinnissa kiinnitettiin huomiota seuraaviin kriteereihin, jotka myös ilmoitettiin jo hankehaun kutsukirjeessä (arviointikriteerit eivät ole muuttuneet vuodesta 2015):

- merkittävyyttä ja hyödynnettävyyttä arvioidaan tutkimustarpeiden kannalta
- verkottuminen alan toimijoiden kesken tarkoittaa, että haetaan koottuja yhteisiä hankkeita ja ehyitä kokonaisuuksia
- koulutusvaikutus ja hanke-esityksen tieteelliset ansiot
 - uusien asiantuntijoiden kouluttaminen
 - uuden osaamisen luominen
- tuloksellisuus, jota on osoitettu KYT-hankkeissa tai muissa yhteyksissä
- realistisuus, erityisesti kustannukset ja työmäärä.

Tutkimusohjelman johtoryhmä laati tukiryhmien hankearvioiden pohjalta rahoitussuosituksen ja kokosi tukiryhmien työn pohjalta hanke-esityksille sisällöllisen palautteen. Hankekohtaiset palautteet saatiin hanke-esitysten tekijöiden tietoon. Useita hanke-esityksiä jouduttiin jättämään rahoittamatta ja rahoitettuja hankkeita jouduttiin leikkaamaan, koska avoimen haun hanke-esitysten yhteenlaskettu haettu VYR-rahoitus oli noin kaksinkertainen VYR-rahoitusvaraan nähden.

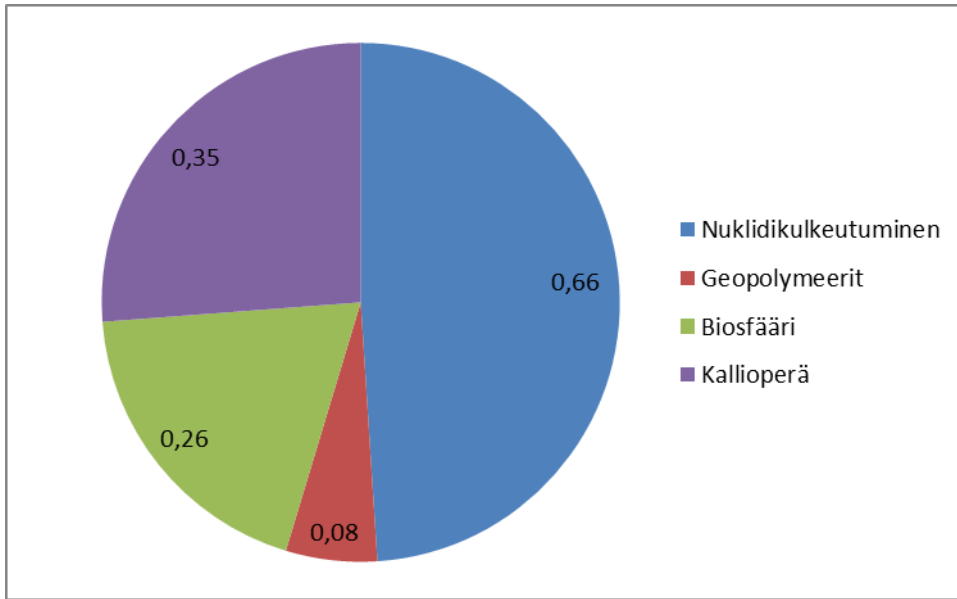
Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) teki johtoryhmän suosituksen pohjalta rahoitusesityksen, johon se pyysi lausunnon STUKilta. Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) teki lopullisen rahoituspäätöksen 9.3.2016. Vuonna 2016 KYT2018-ohjelmalle myönnetty kokonaisrahoitus on n. 2,9 M€ josta kaikille avoimen tutkimus- ja infrastruktuurihankehaun rahoitus on 1,7 M€. Kaikkiaan tutkimusohjelmassa myönnettiin VYR-rahoitusta 32 tutkimus- ja infrastruktuurihankkeelle, joista kolme koski Ydinturvallisuustaltoa. Tutkimushankkeiden lisäksi vuonna 2016 VYR:n varoista rahoitetaan tutkimusohjelman hallintohanke. VYR-rahoituksen jakautuminen avoimessa haussa eri tutkimusalueisiin on esitetty kuvissa 3 ja 4 ja eri tutkimuslaitoksille kuvassa 5.

Kaikille avoimien tutkimus- ja infrastruktuurihankkeiden kokonaisrahoitus, mukaan lukien hallintohanke, on vuonna 2016 3,0 M€, josta valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) rahoittaa 1,7 M€ loppu rahoituksesta tulee lähinnä tutkimuslaitoksilta. Tutkimus- ja infrastruktuurihankkeiden kokonaislaajuus on 28,2 henkilötyövuotta¹.

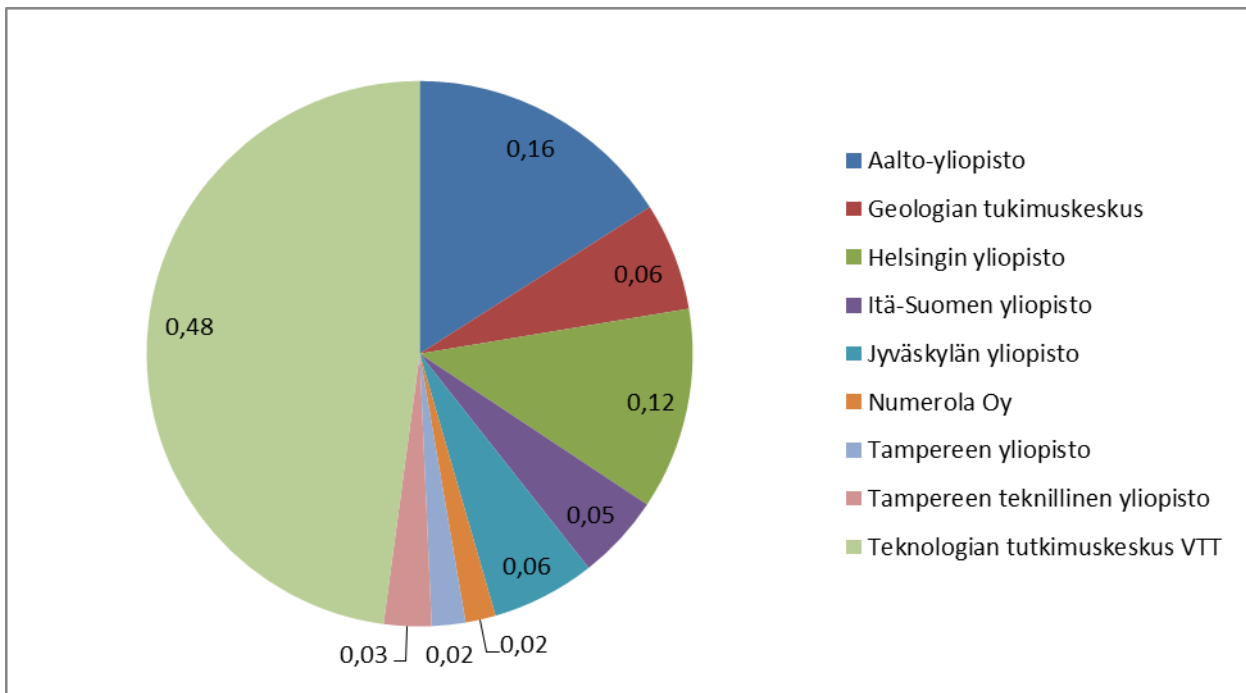


Kuva 3. KYT2018: VYR-tutkimus- ja infrarahoituksen avoimen hankehaun rahoituksen osuuden eli 1672 k€jakautuminen tutkimusalueittain vuonna 2016. Kuvassa ei ole huomioitu hankehaun toista eikä kolmatta osaa.

¹ Oletettu, että 1 henkilötyövuosi vastaa 10,5 henkilötyökuukautta.



Kuva 4. KYT2018: Tutkimusaihepiirin Muut turvallisuustutkimukset suhteelliset VYR-rahoitusosuudet vuonna 2016.



Kuva 5. KYT2018: VYR- tutkimus- ja infrarahoituksen avoimen hankehaun rahoituksen osuuden eli 1672 k€jakautuminen tutkimuslaitoksittain vuonna 2016.

Seuraavassa esitellään lyhyt yhteenveto vuoden 2016 hankekokonaisuuden sisällöstä. Hankekohtaiset kuvaukset ovat peräisin hanke-esityksistä. Liitteessä 1 on esitetty yksityiskohtaisemmat hankekohtaiset hakuyhteenvedot. Liitteessä 2 on kuvattu tutkimusohjelman organisaatio ja liitteessä 3 tutkimushankkeiden seuranta vuonna 2016.

Vuonna 2016 hankekokonaisuus koostuu etupäässä ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuutta käsittelevistä tutkimushankkeista. Ydinjätehuollon teknologioita käsitteleviä tutkimushankkeita on kaksi,

yhteiskuntatieteellisiä tutkimushankkeita yksi ja infrahankkeita yksi. Lisäksi tutkimusohjelmaan kuuluu hankehaun toisen ja kolmannen osan VTT:n Ydinturvallisuustaltoa koskevat infrahankkeet.

3.1 Ydinjätehuollon teknologiat

Vuonna 2016 ydinjätehuollon teknologiat –aihepiiri koostuu kahdesta hankkeesta (Taulukko 1).

Taulukko 1. Ydinjätehuollon teknologiat –aihepiirin hankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kehittyneet polttoainekierröt - Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)	Risto Koivula, HYRL
Kehittyneet polttoainekierröt – Skenaario- ja inventaarilaskenta	Tuomas Viitanen, VTT

HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Kehittyneet polttoainekierröt - Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)

Hankkeen tavoitteena on asiantuntijan (radiokemian tohtorin) kouluttaminen P&T-erotustekniikan alalle erikoisalana epäorgaaniset ioninvaihtomateriaalit. Tohtorikoulutukseen liittyvän tutkimustyön tavoitteena on uusien nanohuokoisien zirkoniumfosfaatti-ioninvaihtimien tutkimus ja kehittäminen aktinidien erotukseen käytetystä ydinpolttoaineesta tai uusien nesteuttomenetelmien synnyttämistä sekundäärijäteliuoksista. Lisäksi tavoitteena on kehittyneiden polttoainekiertojen kansainvälisen tutkimuksen seuranta ja tiedonvälitys koskien uusia erikoistekniikoita. Hanke toteutetaan rinnakkaishankkeena VTT:n kanssa.

Kehittyneet polttoainekierröt – Skenaario- ja inventaarilaskenta

Kehittyneillä polttoainekiirroilla tarkoitetaan ydinpolttoainekiertoratkaisuja, joissa käytettyä ydinpolttoainetta jatkokäsittelmällä pyritään vähentämään loppusijoitettavan ydinjätteen määrää ja vaarallisuutta. Hankkeen tavoitteena on hankkia ja ylläpitää kotimaista kehittyneiden polttoainekiertojen mallinnusosaamista sekä seurata alan kansainvälistä kehitystä ja tutkimusta. Tavoitteena on myös päästä mukaan EU:n rahoittamaan tutkimusyhteistyöhön. Reaktoritason mallinnusohjelmilla (mm. MCNP, Serpent, CASMO-SIMULATE) voidaan seurata polttoaineen nuklidi-inventaarin muuttumista erilaisissa reaktoreissa. Skenaariomallinnusohjelmilla (mm. COSI6, SITON) puolestaan tutkitaan polttoainekiertoratkaisuja suuremmissa mittakaavassa. Ohjelmavalikoimalla kyetään analysoimaan sekä nopeita että termisiä reaktoreita, arvioimaan transmutaatiolaitosten tehokkuutta ja simuloimaan polttoainekiertojen materiaali- ja virta-olosuhteita. Tuloksia voidaan hyödyntää kehitettäessä tekniikoita, joiden avulla ydinjätteen pitkäikäisten isotooppien määrää ja siten myös loppusijoituksen vaatimaa aikaa lyhennetään merkittävästi. Projekti lisää suomalaista ydinenergiaosaamista, ja sen puitteissa koulutetaan nuoria tutkijoita alalle.

3.2 Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus

3.2.1 Turvallisuusperustelu

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperustelu -aihepiiri koostuu kahdesta hankkeesta, jotka yhdessä muodostavat koordinoitua hankkeen Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi, TURMET (Taulukko 2). Tässä koordinoitussa hankkeessa tutkimusryhmä on laatinut yhteisen työsuunnitelman, kokonaisbudjetin ja tutkimusyhteenvedon. Kumpikin osahanke on kuitenkin jättänyt itsenäisen hanke-esityksen.

Taulukko 2. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperustelu –aihepiirin hankkeet (koordinoitu hanke TURMET, hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 1	Suvi Karvonen, VTT
TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 2	Ahti Salo, Aalto

Aalto=Aalto-yliopisto; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi

Hankkeen tavoitteena on perehtyä ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusperustelun metodiikkaan erityisesti skenaarioanalyysin näkökulmasta. Hankkeen tieteellisenä tavoitteena on arvioida epävarmuuksien huomioon otton vaikutuksia turvallisuusanalyysin menetelmiin ja kehittää epävarmuuksien arviointiin teknisiä työkaluja, esimerkiksi skenaarioanalyysin avulla. Osahanke 1 (koordinointihanke) on VTT:n vastuulla ja osahanke 2 Aalto-yliopiston vastuulla. Osahankkeessa 2 kehitetään ja sovelletaan skenaarioanalyysiin ja todennäköisyyspohjaiseen riskianalyysiin (PRA) perustuvia menetelmiä ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperusteiden arvioinnin tukena. Hankkeessa koulutetaan uusia asiantuntijoita alalle sekä VTT:llä että Aalto-yliopistossa. Hankkeelle perustetaan oma verkkosivusto.

3.2.2 Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky –aihepiiri koostuu kuudesta hankkeesta, joista neljä muodostaa koordinoitun hankkeen THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers (THEBES) ja loput kaksi ovat itsenäisiä hankkeita (Taulukko 3). Koordinoidussa hankkeessa tutkimusryhmä on laatinut yhteisen työsuunnitelman, kokonaisbudjetin ja tutkimusyhteenvedon. Jokainen osahanke on kuitenkin jättänyt itsenäisen hanke-esityksen.

Taulukko 3. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky –aihepiirin hankkeet (koordinoitun hankkeen THEBES hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers)	Wojciech Solowski, Aalto
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Veli-Matti Pulkkanen, VTT
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers), X-ray tomography and modelling	Markku Kataja, JYFL
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Kai Hiltunen, Numerola
Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus	Pirkko Hölttä, HYRL
Bentonite swelling pressure	Tapani Pakkanen, UEF

Aalto=Aalto-yliopisto; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; Numerola=Numerola Oy; HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; UEF= Itä-Suomen yliopisto

THEBES – Paisuvasavisten vapautumisesteiden käyttäytyminen

Hankkeen tavoitteena on kehittää, todentaa ja testata kytketty termo-hydro-mekaanis-kemiallinen laskentamalli bentoniitille. Malli toteutetaan numeerisena ohjelmistona ja sillä simuloidaan käytännön tarkasteluissa tärkeitä tapauksia. Lisäksi hankkeessa koulutetaan uusia asiantuntijoita ja kehitetään uutta osaamista hyvän kansallisen ja kansainvälisen yhteistyöverkoston kautta. Tutkimus keskittyy kytketyn

elasto-plastisen konstitutiivisen mallin luomiseen. Väliaineen käyttäytymistä mallinnetaan ottamalla huomioon muutokset mikrorakenteessa monimutkaisen huokosvesivuorovaikutuksen seurauksena. Tutkimuksen tuloksia julkaistaan savi-alan laatu-lehdissä ja konferensseissa. Kehitettyä osaamista levitetään vuotuisten workshoppien avulla. Viranomaiset voivat käyttää tuloksia arvioiessaan ydinjätteiden loppusijoituksen lupahakemuksia. Tuloksia voidaan myös hyödyntää arvioitaessa bentoniittipuskurin ja täyteaineen käyttäytymistä alkuvaiheen vettymisvaiheessa. Tuloksia voidaan edelleen hyödyntää tutkimuskonsortion sisällä sekä koottaessa tutkimustietoa paisuvan saven käyttäytymisestä Suomessa ja ulkomailla.

Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus

Hankkeen yleisenä tavoitteena on tutkia bentoniittipuskurin toimintakykyä sekä radionuklidien ja bentoniittikolloidien ja/tai mineraalien välisiä vuorovaikutuksia, soveltaa eri menetelmiä ja kouluttaa alalle uusia osajia. Tavoitteena on tutkia bentoniitin eroosion mekanismeista ja kinetiikkaa, välivaiheena syntyneen geelifaasin ominaisuuksia, massan hävikkiä kolloidisessa muodossa sekä kolloidien muodostumista ja stabiilisuutta. Toisena tavoitteena on selvittää radionuklidien, erityisesti aktinidien sorptiota/desorptiota soveltamalla eri menetelmiä ja molekyyllimallinnusta radionuklidien, erityisesti aktinidin ja mineraalin välisen sidoksen luonteen tunnistamiseksi. Tuloksena saadaan tietoa bentoniitin rapautumismekanismeista ja -kinetiikasta, pohjavesiolosuhteiden vaikutuksesta kolloidien liikkuvuuteen sekä aktinidien sorptiomekanismeista. Lisäksi saadaan määrittämismenetelmiä sekä parametreja ja testitapauksia kokeellisen työn ja mallinnuksen yhdistämistä varten.

Bentoniitin paisumisaine

Hankkeen tavoitteena on selvittää bentoniitin paisumisilmion syvällistä atomitasoista fysikaaliskemiallista perustaa ja kehittää käytännön työväline täyteaineen makroskooppisen paisumisen ennustamiseen bentoniitin koostumuksen ja ympäristötekijöiden funktiona. Työn keskeinen konkreettinen kohde on bentoniitin paisumisaineen ennustaminen ja hankkeen perimmäisenä tavoitteena on kehittää uusi fysiikan ja kemian lakeihin perustuva menetelmä jota voidaan hyödyntää ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuuden arviointiin. Hankkeen ensimmäisenä vuonna on demonstroitu menetelmän toimivuus yleisimmille bentoniittisysteemeille. Hankkeen toisena vuonna tutkitaan paisumisilmion riippuvuutta bentoniitin rakenteellisista ja koostumusmuuttujista. Hankkeen tulevina vuosina konsepti laajennetaan kattamaan systemaattisesti paisuvat savisysteemit. Hanke toteutetaan yhteistyössä kokeellista bentoniittitutkimusta tekevien tutkimusryhmien kanssa.

3.2.3 Kapselin toimintakyky

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen kapselin toimintakyky –aihepiiri koostuu viidestä hankkeesta, jotka yhdessä muodostavat koordinoitua hankkeen KAPSELI (Taulukko 4). Tässä koordinoitussa hankkeessa ei ole varsinaista yhteistä työohjelmaa samalla tavalla kuin edellä kuvatuissa koordinoituissa hankkeissa. Jokainen osahanke on laatinut omaa osuuttaan koskevan työsuunnitelman ja tutkimusyhteenvedon omassa hanke-esityksessään.

Taulukko 4. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden kapselin toimintakyky –aihepiirin hankkeet (koordinoitu hanke KAPSELI, hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
KAPSELI: Experimentally verified model based predictions for the integrity of the copper overpack (PRECO)	Juhani Rantala, VTT
KAPSELI: Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP)	Hannu Hänninen, Aalto
KAPSELI: Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR)	Jari Aromaa, Aalto
KAPSELI: Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)	Leena Carpen, VTT
KAPSELI: Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)	Pauliina Rajala, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Seuraavassa esitetään koordinoitu hanke KAPSELI osahankkeittain.

Kokeellisesti todennetut malliennusteet kuparikapselin eheydelle (PRECO)

Hankkeen tavoitteena on tuottaa arvio kuparikapselin venymä- ja jännitys jakaumasta sekä elinikäarvio perustuen kokeellisesti verifioidun virumis- ja relaksaatiomallin käyttöön elementtimenetelmämallinnuksessa (FEM). Kapselin ulkoinen paine muokkaa kuparivaipan kiinni sisäosaan, jolloin etenkin kannen hitsin alueelle tulee jännitys- ja venymäkeskittymiä. FE-mallinnuksessa otetaan huomioon hitsin paikallisesti heikentyneet vyöhykkeet: joint line hooking ja oksidipartikkelivyöhyke. Kuparin relaksaation testaaminen on osoittautunut haasteelliseksi ja jatkossa kokeet tehdään joko paljelaitteistolla tai kehitetään uusi stabiilimpi testauslaitteisto. Moniaksaalisuuden vaikutuksen selvittäminen jatkuu pitkäaikaisin kokein. Korroosion ja virumisen yhteisvaikutuksen testaaminen jatkuu siten, että galvaaninen korroosio pystytään koejärjestelyissä estämään kokonaan. Uusien osajien koulutusta tehdään erityisesti EBSD-mikroskopian ja miniatyrimenetelmien osalta.

Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP)

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparikapselin eri osien (perusmateriaalit ja hitsit) mekaaniset ominaisuudet sekä ymmärtää makroskooppinen ja mikroskooppinen plastinen deformaatio sen epähomogeenisissä rakenteissa. Tuntemalla kuparikapselin eri osien deformaatiomekanismit voidaan ennustaa kapselin deformaatio ja mahdollinen murtuminen pitkäaikaisessa käytössä ja mallintaa sen käyttäytyminen luotettavasti. Tutkimuksessa selvitetään myös vedyn absorptio ja sen vaikutus kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin sekä kuparin jännityskorroosion mekanismi. Tuloksena saadaan selville kuparikapselin epäjatkuvuuskohtien (viat ja geometriset epäjatkuvuudet) ja epähomogeenisen mikrorakenteen (rae- ja muokkaus rakenne) vaikutukset deformaation paikallistumiseen ja murtumiseen. Tuloksia voidaan hyödyntää meneillään olevassa virumistutkimuksessa. Tutkimus on erittäin tärkeä kapselin valmistuksessa sen laadulle asetettävien vaatimusten määrittelyssä, epäjatkuvuuskohtien kriittisyyden arvioinnissa (sallitut poikkeamat ja vikakoot sekä niiden hyväksymiskriteerit), ja erityisesti kapselin ja koko loppusijoituksen turvallisuusanalyysissä.

Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR)

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparin pinnalle muodostuvien reaktiotuotekerrosten vaikutus kuparin korroosioon. Reaktiotuotekerroksilla uskotaan olevan vaikutus sekä yleisen korroosion nopeuteen että paikallisen korroosion eri muotoihin. Tutkimuksessa selvitetään reaktiotuotekerrosten muodostuminen ja niiden vaikutus, kun kuparikapseli käy lävitse eri korroosiovaiheet kuivasta ilmastosta turpoamattoman bentoniitin hapellisten olosuhteiden kaasufaasiin ja nestefaasiin ja lopulta hapettomien olosuhteiden nestefaasiin. Tuloksia voivat hyödyntää yritykset ja viranomaiset, jotka arvioivat kapselin pitkäaikaiskestävyyttä korroosion kannalta. Tutkimus voi tuoda lisäselvitystä sekä aikaisempien tutkimusten kymmenkertaisiin eroihin yleisen korroosion nopeudessa että paikallisen korroosion esiintymiseen. Tutkimusaiheet ovat: menetelmä toistettavien reaktiotuotekerrosten muodostamiseen sekä kaasu- että nestefaasissa ja niiden karakterisointi (2015), reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettavissa olosuhteissa sekä kaasu- että nestefaasissa (2016-2017) ja reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettomissa olosuhteissa nestefaasissa (2017-2018).

Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)

Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin käyttäytymiseen loppusijoituksen hapettomassa loppuvaiheessa. Tutkimuksia tehdään laboratoriossa koeolosuhteissa, joissa simuloidaan mahdollisimman tarkasti loppusijoitusolosuhteita loppusijoituksen loppuvaiheessa, jolloin kapseli on jo käynyt läpi aerobisen lämpimän vaiheen. Tuloksia hyödynnetään ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus- aihepiirissä kapselin toimintakyky-painoalueella arvioitaessa hapettomassa vaiheessa korroosionopeuksia ja korroosiovaikutusten arvioimiseksi tehtyjen mallien oikeellisuutta. Hankkeessa kehitettyjä menetelmiä voidaan soveltaa laajasti muihinkin sovellutuskohteisiin. Hankkeessa koulutetaan useita osajia ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle. Projektissa tehtyjä julkaisuja tullaan käyttämään osana väitöskirjatyötä ja lisäksi projektin myöhemmässä vaiheessa pyritään teettämään myös diplomi-/gradutyö.

Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)

Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin korroosioikäytymiseen Suomen loppusijoitusolosuhteissa hapellisessa lämpimässä vaiheessa. Tutkimuksia tehdään laboratoriossa koeolosuhteissa, joissa simuloidaan mahdollisimman tarkasti loppusijoitusolosuhteita loppusijoituksen lämpimässä hapellisessa alkuvaiheessa. Tuloksia hyödynnetään ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus aihepiirissä kapselin toimintakyky-painoalueella arvioitaessa hapellisessa vaiheessa korroosionopeuksia ja korroosiovaikutusten arvioimiseksi tehtyjen mallien oikeellisuutta. Hankkeessa kehitetään ja otetaan käyttöön online-mittausmenetelmä kuparin korroosion tutkimiseksi ja uusia menetelmiä mikrobien toiminnan tutkimiseksi kuparin pinnalla sekä selvitetään mikrobien vaikutusta jännityskorroosioon. Näitä menetelmiä voidaan soveltaa ja hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa koulutetaan osajaa/osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle.

3.2.4 Mikrobiologian vaikutukset

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden mikrobiologian vaikutukset –aihepiiri koostuu neljästä hankkeesta, joista kolme muodostavat koordinoitun hankkeen Ydinjätteen loppusijoituksen mikrobiologiset riskit MILORI ja yksi on itsenäinen hanke (Taulukko 5). Koordinoitussa hankkeessa ei ole varsinaista yhteistä työohjelmaa samalla tavalla kuin edellä kuvatuissa koordinoituissa hankkeissa TURMET ja THEBES. Jokainen osahanke on laatinut omaa osuuttaan koskevan työsuunnitelman ja tutkimusyhteenvedon omassa hanke-esityksessään.

Taulukko 5. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden mikrobiologian vaikutukset –aihepiirin hankkeet (koordinoidun hankkeen MILORI hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI)	Minna Vikman, VTT
MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen metallijätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE)	Leena Carpen, VTT
MILORI: Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolialoppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO)	Hanna Miettinen, VTT
Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)	Riikka Kietäväinen, GTK

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; GTK=Geologian tutkimuskeskus

MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI)

Hankkeen tavoitteena on arvioida matala- ja keskiaktiivisen ydinjätteen geologiseen loppusijoitukseen liittyviä mikrobiologisia riskejä, jotka voivat pahimmassa tapauksessa johtaa vapautumisesteiden toimintakyvyn heikkenemiseen, kaasun vapautumiseen ja radionuklidien kulkeutumiseen loppusijoitustilasta biosfääriin. Hankkeen tuloksena saadaan tietoa olosuhteiden vaikutuksesta (esim. pH, täyttövesi) voimalaitosjätteen hajoamiseen, kaasun muodostumiseen ja mikrobitoimintaan. Lisäksi tutkitaan mikrobitoiminnan aiheuttamia muutoksia huoltojätteen ja vapautumisesteiden (metalli)pinnoilla. Mikrobien aineenvaihduntatuotteiden ja entsyymien vaikutusta radionuklidikompleksien muodostumiseen arvioidaan.

MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen metallijätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE)

Hankkeen tavoitteena on arvioida biofilmien muodostumista ja mikrobiologisen korroosion riskiä metallisille materiaaleille (purkujättemateriaalit) Suomen loppusijoitusolosuhteissa, sekä monitoroida korroosion ja vesikemian muutosten yhteyttä reaaliaikaisesti in situ. Tutkimukset suoritetaan simuloidussa koeympäristössä laboratoriossa sekä loppusijoitusalueella tehtävillä kenttäkokeilla (in situ monitorointi laitteenkehitys). Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa purkujättemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Hankkeessa otetaan käyttöön uusia sähkökemiallisia mittausten menetelmiä paikallisen korroosion tutkimiseen ja kehitetään laitteisto, joka mahdollistaa korroosion ja vesikemian reaaliaikaisen seurannan loppusijoitusympäristössä. Menetelmiä voidaan hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa koulutetaan osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osa-alueelle. Hankkeessa syntyviä julkaisuja käytetään osana väitöskirjatyötä.

MILORI: Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolialoppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO)

Hankkeen päätavoitteena on selvittää loppusijoitustilojen pohjavesien mikrobiyhteisöjen vaikutusta rikin kiertoon sekä rikkiyhdisteiden muodostumisnopeuteen eri olosuhteissa. Tutkimuksessa käytetään leimattuja rikkiyhdisteitä rikinkierron analysoinnissa ja sulfidin muodostumisnopeuden määrittämisessä. Lisäksi arvioidaan pohjavesien mikrobien ja niiden metaboliatuotteiden vaikutuksia bentoniittipuskurin fysikaaliseen rakenteeseen ja toimintakykyyn. Pitkäaikainen koe toteutetaan mikrobeille suotuisissa olosuhteissa, jolloin mikrobien mahdolliset vaikutukset bentoniitin rakenteelle voidaan todeta aikaisessa vaiheessa. Hanke toteutetaan monivuotisena hankkeena pääosin VTT:llä. Hankkeessa tehdään yhteistyötä MILORI-konsortion hankkeiden ja koordinoidun THEBES-bentoniitti konsortion tutkijoiden kanssa. Hankkeen tuloksena saadaan tietoa mikrobiyhteisöjen sulfidin muodostumisnopeudesta pohjavedessä sekä mikrobien vaikutuksista bentoniittipuskurissa. Pitkäaikaisturvallisuuden kannalta

mikrobiaktiivisuuksilla voi olla merkittävää vaikutusta kuparikapselin korroosioon sekä bentoniitin toimintakykyyn. Tuloksia voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysissä..

Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)

Hankkeen tavoitteena on tutkia biogeokemiallisesti tärkeiden alkuaineiden esiintymistä ja liikkumista pohjavesissä, syvän biosfäärin energialähteitä ja energia siirtymistä mikrobien katalysoimissa redox-reaktioissa. Mittauksia ja näytteenottoa tehdään ensisijaisesti Outokummun syvässä reiässä ja sen lisäksi Pyhäsalmen kaivoksessa. Kansainvälisten syväreikätkimusten tilannetta ja näytteenotto-mahdollisuuksia seurataan. Hankkeen toteutuksessa hyödynnetään sekä KYT2018-ohjelman sisäistä että kansainvälistä yhteistyöverkostoa. Hankkeen tulokset esitetään kansainvälisissä julkaisusarjoissa. Hanketta täydentää Horizon 2020 ohjelman MIND-hanke, jonka kautta hankkeen tulokset hyödynnetään loppusijoituksen turvallisuuden arvioinnissa.

3.2.5 Muut turvallisuustutkimukset

Muut turvallisuustutkimukset –aihepiiri koostuu 9 hankkeesta (taulukko 6).

Taulukko 6. Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden muut turvallisuustutkimukset –aihepiirin hankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset	Marja Siitari-Kauppi, HYRL
C-14 vapautuminen metallijätteestä	Kaija Ollila, VTT
Rakovirtaus-, matriisidiffuusio- ja sorptiomallinnus hila-Boltzmann menetelmällä	Jukka Maalampi, JYFL
Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä	Jukka Lehto, HYRL
Applicability of Geopolymers in Nuclear Waste Management (GeoP-NWM)	Eila Lehmus, VTT
Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemeissä	Jukka Juutilainen, UEF
Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)	Tarmo Lipping, TTY
KARMO II – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet	Mikael Rinne, Aalto
ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia	Eevaliisa Laine, GTK

HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; UEF=Itä-Suomen yliopisto; TTY=Tampereen teknillinen yliopisto; Aalto=Aalto-yliopisto; GTK=Geologian tutkimuskeskus;

Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset

Hankkeen tavoitteena on määrittää radionuklidien pidättymistä ja kulkeutumista kiteisessä kivessä. Työssä selvitetään vaikuttavatko kemiallisten/fysikaalisten olosuhteiden muutokset laboratoriokokeista in situ kokeisiin mentäessä niihin parametreihin, joita käytämme arvioitaessa radionuklidien kulkeutumista kalliolla. Työssä määritetään korjaustekijä radionuklidien jakaantumisen- ja diffuusiokertoimiin laboratoriosta in situ -olosuhteisiin. Hanke jakautuu HYRL:ssä kahteen osatehtävään: in situ -kokeita tukevat radionuklidien pidättymisen- ja kulkeutumistutkimukset laboratoriossa ja tulosten mallinnus. Kolmas osakokonaisuus on Grimselin vuorilaboratoriossa Sveitsissä käynnissä oleva 3-vuotinen in situ koe, joka käynnistettiin maaliskuussa 2014 ja jatkuu vuoden 2017

loppuun. Tämän jälkeen kivistä tutkitaan radionuklidien tunkeutumissyvyydet radiometrisin menetelmin. In situ kokeessa käytettävät radioaktiiviset merkkiaineet ovat HTO, Cl-36, Ba-133 (Ra-226 analogi), Cs-134, Na-22 ja I-131 (analogi I-129) sekä stabiili Se (Se-79 analogi). Vuoden 2016 tutkimukset painottuvat radiumin jakaantumiskertoimien määrittämiseen ja cesiumin, bariumin ja radiumin tulosten tulkintaan PHREEQC -ohjelmalla sorptiomekanismien määrittämiseksi. Geologian tutkimuskeskus osallistuu hankkeeseen asiantuntijana. Tuloksena saamme turvallisuusrelevanttia tietoa radionuklidien kulkeutumisesta ja vuorovaikutuksista saturoidussa kalliosta. Tieto edistää viranomaisen pitkäaikaisturvallisuuden arviointivalmiuksia. Päämääränä on kouluttaa uusia ydinjätehuollon asiantuntijoita, jotka kansainvälisessä verkostossa toimiessaan saavat opetusta eri tieteenaloilta ja koulutautuvat monitieteisiksi ydinjätteiden loppusijoituksen asiantuntijoiksi. KYT2018 ohjelmassa geokemian mallinnus nostetaan painopisteeksi kuin myös geokemistin kouluttaminen.

C-14 vapautuminen metallijätteestä

Hankkeen tavoitteena on selvittää voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen aktiivisissa metallikomponenteissa olevan C-14 isotoopin vapautumista pohjaveteen loppusijoitusolosuhteissa, vapautumisnopeutta sekä veteen muodostuvia liuenneita ja kaasumaisia hiilen kemiallisia olomuotoja. Erityisesti jakautuminen orgaanisiin ja epäorgaanisiin kemiallisiin olomuotoihin on tärkeää kulkeutumisesta arvioitaessa. Hanke on osa EU-projektia: CAST (Carbon-14 Source term, WP Steels), joka alkoi 1.10.2013. Kesto on 4,5 vuotta. Hanke ehdotetaan toteutettavaksi kahdessa osassa samoin kuin 2014 ja 2015: CAST osuus (osaprojektit 1 ja 2) ja kansallinen projekti (osaprojekti 3). CAST osassa tehdään loppuun Loviisan terästä simuloivan säteilyttämättömän teräsjauheen ja rautakarbidin eluutiokokeet. Niissä tutkitaan vapautuneen hiilen spesiaatiota pohjavedessä, kun hiilen olomuoto kiinteässä faasissa tunnetaan. Hiilen olomuoto jäljittelee säteilytetyn teräksen C-14 olomuotoa. Vuonna 2016 käynnistetään säteilytetyn teräksen eluutiokokeet simuloitussa pohjavedessä. Teräsnäyte leikataan suunnitelman mukaan Loviisan säteilytysnäytekapselin kuoresta, joka on ruostumatonta terästä. Aktiivisuustason mukaan tehdään kokeiden suunnitelma. Kansallinen projekti tukee kansallisia valmiuksia tehdä C-14 spesiaatioanalyyssejä käytössä olevilla menetelmillä. KYT raportointi tehdään kansallisessa projektissa. Tuloksia voidaan hyödyntää mallinnettaessa C-14 vapautumista loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa.

Rakovirtaus-, matriisidiffuusio- ja sorptiomallinnus hila-Boltzmann menetelmällä

Hankkeen tavoitteena on mallintaa radionuklidien kulkeutumista kallioperän raoissa ja kulkeutumisen viivästymistä matriisidiffuusion ja sorption vaikutuksesta hyödyntäen hila-Boltzmann- ja Time Domain Diffusion (TDD) -menetelmiä. Hanke on osa radionuklidien kaukokulkeutumisen tutkimusverkostoa ja se toteutetaan neljävuotisena projektina Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella. Hankkeen tuloksena saadaan ensiarvoisen tärkeää tietoa radionuklidien kulkeutumisesta realistisessa ympäristössä, jossa otetaan huomioon todellinen rakogeometria, kiven mineraali- ja huokosrakenne sekä radionuklidien kemiallisia ominaisuuksia. Hankkeesta saatava tieto edistää viranomaisen pitkäaikaisturvallisuuden arviointivalmiuksia ja ydinjätetoimijoiden tekemää turvallisuusanalyysiä.

Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä

Hankkeessa selvitetään käytetystä ydinpolttoaineesta peräisin olevan radiohiilen kemiallisia muotoja ja näiden muutoksia sen kulkeutuessa polttoaineesta kallioperän kautta biosfääriin sekä karbonaattimuotoisen hiilen sorptiota rakomineraalien, erityisesti kalsiitin, pinnoille. Karbonaattimuotoisen radiohiilen sorptiota tutkitaan myös raudan oksidimineraaleihin. Tutkimus on erittäin tärkeää, koska radiohiili kuuluu tärkeimpään radionuklidiluokkaan tarkasteltaessa ihmisille tulevaisuudessa mahdollisesti kertyviä säteilyannoksia ja koska tietämys radiohiilen käyttäytymisestä kalliomaaperässä on erittäin vähäistä. Tässä hankkeessa esitetyn kaltaista tutkimusta Suomessa ei ole aiemmin tehty. Hankkeessa tuotetaan radiohiilen kulkeutumisesta uutta, ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden

arvioimista tukevaa tieteellistä tietoa. Lisäksi hanke kouluttaa alalle yhden uuden, tohtoritasoisen asiantuntijan.

Geopolymeerien käytettävyys ydinjätehuollossa (GeoP-NWM)

Hankkeen tavoitteena on arvioida etuja, joita saavutetaan käytettäessä geopolymeeri-perustaisia matriiseja (ja niistä tehtyjä komposiitteja) ydinjätehuollon rakenteissa. Nämä materiaalit tarjoavat räätälöityjä mahdollisuuksia jätteen kiinteytykseen ja kapselointiin. Ongelmallisten radioisotooppien, kuten Cs-137 sitominen matriisin hilarakenteeseen ja hyvä kestävyys liukenemista vastaan antaa uusia mahdollisuuksia. Sementtipohjaisessa orgaanisen jätteen kiinteytyksessä on niiden kemiasta johtuen yhteensopivuusongelmia sementin hydrataation häiriintymisen takia. Lisäksi sementtipohjainen kiinteytyks perustuu lähinnä fysikaaliseen kapseloitumiseen. Tässä tutkimuksessa keskitytään geopolymeerien käyttöön kiinteytyksessä ja kapseloinnissa. Erityisesti keskitytään orgaanisen materiaalin vaikutuksiin mikro- ja makrotason rakenteellisiin muutoksiin sijoitusolosuhteissa. Hyvä radioisotooppien ja muiden haitallisten aineiden sitoutuminen ja hyvä säilyvyys tullaan verifioimaan tässä hankkeessa. Tämä luo uusia turvallisempia ja ympäristövaikutuksiltaan parempia mahdollisuuksia jätehuoltoon, ja siis potentiaalisia taloudellisia etuja.

Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemissä

Hankkeen yleisenä tavoitteena on tarkentaa suomalaiseseen metsä- ja vesiekosysteemiin soveltuvaa radioekologista mallintamista ja sen käyttöä loppusijoituksen mahdollisten riskien arviointiin. Yksityiskohtaisemmat tavoitteet ovat: (1) tuottaa tietoa ydinjätteiden riskien arvioinnin kannalta relevanttien alkuaineiden siirtymisestä makean veden ravintoketjuissa, (2) jatkaa radioekologisen mallintamisen kehittämistä siten, että se perustuu entistä parempaan teoreettiseen ja empiiriseen ymmärrykseen alkuaineiden siirtymisestä eliöihin (kasveihin, eläimiin), (3) tutkia miten edellä kuvattu entistä kehittyneempi radioekologinen mallintaminen muuttaa mallien antamien ennusteiden osuvuutta ja tarkkuutta ja (4) kehittää herkkiä menetelmiä, joilla voidaan saada tietoa pienten säteilyannosten vaikutuksista luonnon eliöihin. Tuloksia voidaan hyödyntää myös kaivostoiminnan ja ympäristöön joutuneiden raskasmetallien riskin arvioinnissa.

Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)

Vuoden 2016 tavoitteena VABIA hankkeessa on jatkaa pienten mallien parametrien vertailuja ja tutkia vuonna 2015 tehdyn Ecolego-pohjaisen järvimallin järven korvaamista suolla. Suon lisäksi malleissa tarkastellaan sieniä ja marjoja lisääntymisreitteinä, sekä suon kuivattamista peltoalueeksi. Mallien syöttöparametrien välistä keskinäistä korrelaatiota tarkastellaan ja arvioidaan niiden vaikutusta annoskerroinlaskuihin. Lisäksi epälineaarisiin annoskertoimiin liittyvä yhteistyö aloitetaan Itä-Suomen yliopiston kanssa. Koko hankkeen tarkoituksena on luoda yksinkertaisia malleja, joissa parametrien määrää on saatu vähennettyä, tarkkuuden kuitenkin kärsimättä. Hankkeessa valmistuvia malleja voivat hyödyntää muut biosfäärimallien kehittäjät, ydinvoimayhtiöt ja viranomaiset.

KARMO II – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet

Hankkeen tavoitteena on kehittää menetelmiä kallion rakopintojen mekaanisten ominaisuuksien selvittämiseksi numeerista mallinnusta varten laboratoriomittakaavan replikakoesarjan avulla. Hanke toteutetaan väitöskirjavetoisena ja opinnäytetöiden avulla. Hankkeessa (1) mitataan fotogrammetrisen replikaatiomenetelmän tarkkuus ja annetaan suositus lähtöaineistolle, (2) kehitetään replikaatioon soveltuva helposti itsetiivistyvä betoniresepti, (3) tutkitaan onko kivi- ja betonileikkauskoesäilytyksien välillä merkittävää eroa, (4) selvitetään voidaanko isompien näytekokojen tuloksia ennustaa pohjautuen replikaatiokoesarjan tuloksiin sekä (5) kehitetään rakojen numeerista mallintamista hyödyntäen

hankkeen tuottamaa parametrisointijärjestelmää. Tulokset tulevat tutkijoiden ja viranomaisten käyttöön ja niitä voidaan hyödyntää arvioitaessa erilaisten raon hyväksymiskriteerien ja rakojen siirtymäanalyysin mallinnuksen hyväksyttävyyttä. Valtaosaa tuloksista käytetään numeerisen mallinnuksen lähtötietoina, kun mallinnetaan rakojen mekaanista vastetta tai siirtymää.

ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia

Hankkeen tavoitteena on luoda rakosimulaatio-tietokoneohjelma ja jakaa se alan tieteellisten julkaisujen kautta käyttäjille. Hanke toteutetaan Geologian tutkimuskeskuksen Kalliorakentaminen ja sijoituspaikat -yksikön (GTK) ja Aalto-yliopiston Georakentamisen yksikön (GR) yhteistyönä. Tuloksena saadaan lisäarvoa ydinjätetutkimukseen KYT-puiteohjelman mukaisen muissa turvallisuustutkimuksissa määritetyn "kallioperätutkimukset loppusijoituksen turvallisuuden kannalta" kautta. Hankkeesta lopputuloksena saatavaa tietokoneohjelmaa hyödyntämällä voidaan parantaa pohjaveden virtauksen ja radionuklidien kulkeutumismalleja sekä kivimassan kalliomekaanista käyttäytymistä mallinnettaessa. Tuloksia voidaan hyödyntää tuleville kalliorakennushankkeille Suomessa ja Suomen kaltaisilla kallioperäalueilla.

3.3 Ydinjätehuolto ja yhteiskunta

Vuonna 2016 ydinjätehuoltoon liittyvä yhteiskuntatieteellinen tutkimus –aihepiiri koostuu yhdestä hankkeesta (taulukko 7).

Taulukko 7. Ydinjätehuolto ja yhteiskunta –aihepiirin hanke.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Governing Safety in Finnish and Swedish Nuclear Waste Regimes (SAFER)	Matti Kojo, TY

TY=Tampereen yliopisto

Turvallisuuden hallinta Suomen ja Ruotsin ydinjäteregimeissä

Hanke kohdistuu ydinturvallisuuden hallintaan ydinjäteregimien näkökulmasta Suomessa ja Ruotsissa. Tavoitteena on parantaa ymmärrystä Suomen ydinjäteregimistä ja erityisesti sen jatkuvuudesta ja joustavuudesta muuttuvassa sosioteknisessä kontekstissa. Osatehtävät ovat: (1) kansalaisjärjestöjen rooli, (2) julkinen keskustelu printtimediassa, (3) eettiset aiheet ja kysymykset liittyen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen printtimediassa (4) asiantuntijanäkemykset ydinjäteregimistä ja turvallisuuden hallinnasta, (5) sosio-tekniset turvallisuushaasteet, (6) varautuminen käytöstä poistoon. Osatehtävät 1–2 toteutettiin vuonna 2015-16. Osatehtävä 3 alkaa 2016 ja toiset myöhemmin. Tutkimusaineisto muodostuu kysely- ja media-aineistoista, haastatteluista sekä julkisista asiakirjoista ja lausunnoista. Kirjallisuuskatsaukset ja tutkimusryhmän yhteysverkostot auttavat tuomaan kansainvälistä näkökulmaa tutkimusaiheeseen. Hanke on ydinenergia-alan tutkimusstrategian (YES) mukainen. Hanke parantaa suomalaisen tutkimuksen tieteellistä laatua (suositus 2) julkaisemalla kansainvälisesti vertaisarvioituja artikkeleita ja lisää osallistumista kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön (suositus 3). Tutkimusryhmän pitkäjänteinen työ on jo saanut kansainvälistä huomiota. Hanke avaa mahdollisuuden arvioida Suomen nykyisen hallinnollisen lähestymistavan käytäntöjä ja periaatteita. Hanke auttaa myös varautumaan uusiin yhteiskunnallisiin huoliin ja tarjoaa taustatietoa päätöksentekoa varten tulevaisuudessa, kun loppusijoitusprojekti siirtyy uuteen vaiheeseen.

3.4 Ydinjätetutkimuksen infra

Vuonna 2016 ydinjätetutkimuksen infra –aihepiiri koostuu yhdestä hankkeesta (taulukko 8). KYT2018-ohjelmassa ei aikaisemmin ole ollut erillisiä infrahankkeita ja hanke toteutetaan yhteistyössä SAFIR2018-tutkimusohjelman kanssa, koska infrahankkeita on siellä ollut aiemminkin ja siellä on organisoitu oma tukiryhmänsä infrahankkeita varten. Tämä hanke aloitti SAFIR2018 ohjelmassa jo vuonna 2015.

Sisällöllisesti hanke edistää VTT:n vuonna 2016 käyttöön otettavan Ydinturvallisuustalon kokeellisia tutkimusvalmiuksia ja sitä kautta myös ydinjätetutkimuksen kokeelliset valmiudet paranevat.

Taulukko 8. Ydinjätetutkimuksen infra –aihepiirin hanke.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning)	Wade Karlsen, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning)

VTT otti vastaan Ydinturvallisuustalon (YTT) vuonna 2016. Ydinturvallisuustalon kuumakammio ja laboratoriotilat ovat osa merkittävää kansallista infrastruktuuria, jonka ylläpidosta huolehtii VTT. Ydinturvallisuustalossa tehtävä tutkimustyö edistää osaltaan riippumattoman kansallisen osaamisen ylläpitoa ydinturvallisuuden aihepiirissä. RADLAB-hanke panostaa neljään osa-aiheeseen: (1) kuumakammion rakentaminen ja käyttöönotto, (2) kuumakammion laboratorion laitteiden hankinta ja käyttökuntoon saattaminen, (3) VTT:llä itse tehtävien tutkimuslaitteiden suunnittelu, valmistaminen ja asentaminen ja (4) materiaalien käsittely- ja säilytystilojen suunnittelu, valmistaminen ja asennus. Hanke tekee yhteistyötä erillisrahoitusta saavien YTT:n muiden infrahankkeiden RADINFRA ja RADCNS projektien kanssa².

3.5 Muut tutkimusohjelman infrahankkeet

Vuonna 2016 tutkimusohjelmaan kuuluu myös kaksi muuta VTT:n Ydinturvallisuustaloon liittyvää infrahanketta.

Taulukko 9. Muut tutkimusohjelman infrahankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety)	Wade Karlsen, VTT
RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments)	Wade Karlsen, VTT

² Hanke RADINFRA on VTT:n hanke, joka liittyy hankehaun toiseen osaan (Ydinturvallisuustalon laboratorio-osan toimitilakustannukset) ja RADCNS VTT:n hanke, joka liittyy hankehaun kolmanteen osaan (Ydinturvallisuustalon laboratorio-osan investointikustannukset), ks. luku 3, s.8. Molemmat hankkeet saavat osarahoitusta myös SAFIR2018 ohjelmasta.

RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety)

KYT-2018 –tutkimusohjelma rahoittaa VTT:n Ydinturvallisuustalon laboratorio-osan toimitilakustannuksia vuonna 2016. Kustannukset sisältävät vuokran lisäksi myös sähkön ja tilojen huollon. Kustannukset on jaettu KYT- ja SAFIR-ohjelmien kesken suhteessa 24 % ja 76 %. Kustannusten suuruus on 2,7 milj. euroa vuosittain kymmenen vuoden ajan. Vuoden 2016 kustannus on KYT-tutkimusohjelman osalta arviolta vain 382 k€ sillä VTT muutti Ydinturvallisuustaloon kesken vuotta.

RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments)

KYT-2018 –tutkimusohjelma rahoittaa VTT:n Ydinturvallisuustalon kuumakammio-investointeja päälaitteineen. Kustannukset on jaettu KYT- ja SAFIR-ohjelmien kesken suhteessa 24 % ja 76 %. Kustannusten suuruus on yhteensä enintään 18 milj. euroa ja se jakautuu vuosille 2016—2020. Vuoden 2016 kustannus on arviolta 860 k€

Viitteet

TEM 2014, Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma, KYT2018. Puiteohjelma tutkimuskaudelle 2015–2018. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 43/2014, 41 s.

Liite 1 KYT2018 hankekohtaiset hakuyhteenvedot 2016

Ydinjätehuollon teknologiat

Ydinjätehuollon teknologiat –aihepiirin hankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Kehittyneet polttoainekierrot - Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)	Risto Koivula, HYRL
Kehittyneet polttoainekierrot – Skenaario- ja inventaarilaskenta	Tuomas Viitanen, VTT

HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuusperustelu –aihepiirin hankkeet. Koordinoidun hankkeen TURMET hankekoordinaattori lihavoituna.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 1	Suvi Karvonen, VTT
TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 2	Ahti Salo, Aalto

Aalto=Aalto-yliopisto; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky -aihepiirin hankkeet. Koordinoidun hankkeen THEBES hankekoordinaattori lihavoituna.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers)	Wojciech Solowski, Aalto
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Veli-Matti Pulkkanen, VTT
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers), X-ray tomography and modelling	Markku Kataja, JYFL
THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers	Kai Hiltunen, Numerola
Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus	Pirkko Hölttä, HYRL
Bentonite swelling pressure	Tapani Pakkanen, UEF

Aalto=Aalto-yliopisto; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; UEF= Itä-Suomen yliopisto

Ydinjätehuollon turvallisuustutkimuksen kapselin toimintakyky –aihepiirin hankkeet. Koordinoidun hankkeen KAPSELI hankekoordinaattori lihavoituna.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
KAPSELI: Experimentally verified model based predictions for the integrity of the copper overpack (PRECO)	Juhani Rantala, VTT
KAPSELI: Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP)	Hannu Hänninen, Aalto
KAPSELI: Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR)	Jari Aromaa, Aalto
KAPSELI: Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)	Leena Carpen, VTT
KAPSELI: Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)	Pauliina Rajala, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; Aalto=Aalto-yliopisto

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden mikrobiologian vaikutukset –aihepiirin hankkeet.
Koordinoitun hankkeen MILORI hankekoordinaattori lihavoituna).

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI)	Minna Vikman, VTT
MILORI: Matala- ja keskiaktiivisen metallijätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE)	Leena Carpen, VTT
MILORI: Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolia loppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO)	Hanna Miettinen, VTT
Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)	Riikka Kietäväinen, GTK

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; GTK=Geologian tutkimuskeskus

Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden muut turvallisuustutkimukset –aihepiirin hankkeet.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset	Marja Siitari-Kauppi, HYRL
C-14 vapautuminen metallijätteestä	Kaija Ollila, VTT
Rakovirtaus-, matriisidiffuusio- ja sorptiomallinnus hila-Boltzmann menetelmällä	Jukka Maalampi, JYFL
Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä	Jukka Lehto, HYRL
Applicability of Geopolymers in Nuclear Waste Management (GeoP-NWM)	Eila Lehmus, VTT
Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemissä	Jukka Juutilainen, UEF
Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)	Tarmo Lipping, TTY
KARMO II – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet	Mikael Rinne, Aalto
ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia	Eevaliisa Laine, GTK

HYRL=Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio; VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT; JYFL=Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos; UEF=Itä-Suomen yliopisto; TTY=Tampereen teknillinen yliopisto; Aalto=Aalto-yliopisto; GTK=Geologian tutkimuskeskus;

Ydinjätehuolto ja yhteiskunta

Ydinjätehuolto ja yhteiskunta –aihepiirin hanke.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
Governing Safety in Finnish and Swedish Nuclear Waste Regimes (SAFER)	Matti Kojo, TY

TY=Tampereen yliopisto

Ydinjätetutkimuksen infra

Ydinjätetutkimuksen infra –aihepiirin hanke.

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning)	Wade Karlsen, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Muut tutkimusohjelman infrahankkeet

Tutkimushanke	Hankepäällikkö
RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety)	Wade Karlsen, VTT
RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments)	Wade Karlsen, VTT

VTT=Teknologian tutkimuskeskus VTT

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018)
Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierrot – Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Advanced fuel cycle – New adjustable separation materials		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto / Radiokemian laboratorio	Vastuhenkilö FT Risto Koivula (dos.)	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon teknologiat / nuklidierotus ja transmutaatio		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimushanke alkoi 2015 ja kestää koko KYT2018 ohjelman ajan, ja on jatkoa vuonna 2011 alkaneelle " Kehittyneet polttoainekierrot – uudet erotustekniikat" - projektille		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Fortum	Ulkomaiset organisaatiot COST EUFEN	Muut tutkimusohjelmat, tms. Kansallinen ydintekniikan ja radiokemian tohtoriohjelma (YTERA)
Tutkimuksen tavoite Asiantuntijan (radiokemian tohtorin) kouluttaminen P&T-erotustekniikan alalle erikoisalana epäorgaaniset ioninvaihtomateriaalit. Kehittää materiaali ja menetelmä aktinidien erotukseen käytetystä ydinpolttoaineesta. Lisäksi tavoitteena on kehittyneiden polttoainekiertojen kansainvälisen tutkimuksen seuranta ja tiedonvälitys koskien uusia erotustekniikoita.		
Tuloskategoria Uusia Zr-fosfaattimateriaaleja (ZrP) aktinidi/lantanidierotuksiin Tietoa ZrP materiaalien sorptiomekanismeista	Julkaisujen lukumäärä 4-6 Vuonna 2016 2 kpl	Opinnäytetöiden lukumäärä Radiokemian väitöskirja 2017
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeeseen sisältyy tutkimusprojekti, joka edistää alan asiantuntijuuden saatavuutta ja tieteellisen osaamisen kehittymistä Suomessa ja edesauttaa suomalaisten tutkimuslaitosten ja teollisuuden pääsyä mukaan kansainvälisiin P&T-tutkimushankkeisiin. Hankkeeseen sisältyvä kehittyneiden polttoainekiertojen tutkimuksen seuranta antaa tutkimuslaitoksille, viranomaisille ja voimayhtiöille ajantasaista tietoa käytetyn ydinpolttoaineen suoran loppusijoituksen yhdestä vaihtoehdosta.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista)		

osaprojekteittain)

Vuonna 2016

- kartta synteesiolosuhdealueista, joissa α ZrP perusrakenne säilyy materiaalin happamuuden/ kiteisyyden muuttuessa (muutoksia pKa-arvojen ja -tunnellien koossa; XRD, FTIR, FeSEM)

- Ymmärrys materiaalin happamuuden/kiteisyyden vaikutuksesta sen ioninvaihtoselektiivisyyteen (LIF, EXAFS), tutkimusvierailu Karlsruhe:en INE laboratorioon, oman LIF-menetelmän kehittäminen- sorptiomekanismien selvittäminen ja -mallinnus ioninvaihtoisotermi- ja LIF/EXAFS-määritysten perusteella

- An/Ln erotus happoliuoksesta kolonnierotuskokein

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: 4-6 tieteellistä artikkelia kansainvälisissä alan julkaisuissa.

Vuonna 2016 2 kpl.

Konferenssijulkaisut ja työraportit: vuosittaiset työraportit ja 2 konferenssijulkaisua/vuosi

Vuonna 2016 2 konf. julkaisua.

Opinnäytteet: väitöskirja 2017

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Tiedottaminen GEN4FIN-seminaarissa, COST EUFEN-seminaarissa

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierrat – Skenaario- ja inventaarilaskenta		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Advanced Fuel Cycles – Scenario and Inventory Analysis		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Tuomas Viitanen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? Ydinjätehuollon teknologiat		
Tutkimusjatkumo Hanke on katkoa KYT2014 ohjelmakauden projektille Kehittyneet polttoainekierrat – Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HYRL Aalto-yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences, Budapest University of Technology and Economics, CEA	Muut tutkimusohjelmat, tms. SAFIR2018
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on kehittää ja ylläpitää kotimaista polttoainekierto- ja laskentatutkimusten mallinnusosaamista sekä laskentatyökaluja. Hankkeessa tutkittavat kehittyneet polttoainekierto- ja laskentatutkimukset vähentävät ydinjätteen kokonaismäärää, lämmöntuottoa sekä loppusijoitukseen liittyviä riskejä polttoaineen jälleenkäsittelyn ja erilaisten transmutaatiotekniikoiden avulla (mm. nopeat reaktorit). Tavoitteena on myös kansainväliseen yhteistyöhön kuten EU-projekteihin ja OECD/NEA:n työryhmissä tapahtuvaan laskentaan osallistuminen.		
Tuloskategoria tietokoneohjelmistot, kansallisen osaamisen kehittäminen	Julkaisujen lukumäärä 1 (2)	Opinnäytetöiden lukumäärä 0
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä Hankkeessa tuotetaan ydinvoimayhtiöille, viranomaisille ja muille päättäjille tietoa ydinjätteen suoran loppusijoituksen mahdollisista vaihtoehdoista. Pidemmällä tähtäimellä tulokset auttavat ydinvoiman ekologisen jalanjäljen minimoinnissa sekä kotimaassa että maailmanlaajuisesti.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain		
2.1 Ydinpolttoainekiertojen analysointivalmiuden kehittäminen Vuoden 2016 päätavoitteena on siirtyä COSI6 -polttoainekierto- ja laskentatutkimusohjelman käytöstä Unkarissa kehitetyn SITON-ohjelman käyttöön. Tulevina vuosina SITON-ohjelmalle on tarkoitus kehittää uusia reaktorimalleja. Vuonna 2016 tätä kehitystyötä valmistellaan tutkimalla COSI6-ohjelmiston laskentamallia kevytvesireaktorille laatimalla inventaarilaskuja erilaisille UOX-, MOX- ja sivuaktinidipolttoaineille. Tuloksia vertaillaan SITON-ohjelman ennusteisiin silloin kun vertailu on SITON-ohjelman rajallisen kevytvesireaktorimallin osalta mahdollista.		
2.2 Tiedonvälitys ja alan kehityksen seuranta Tavoitteena on kansainvälisen ydinpolttoainekierto- ja laskentatutkimuksen seuranta ja valmius tiedottaa alan kehityksen tilasta muulle tiedeyhteisölle ja viranomaisille.		

Vuonna 2016 osallistutaan OECD/NEA:n alaisten WPFC ja AFCS-työryhmien toimintaan. AFCS-työryhmälle raportoidaan VTT:llä vuonna 2015 lasketut käytetyn polttoainenipun itsesuojelukykyä (annosnopeutta) koskevan vertailulaskun tulokset, ja osallistutaan jatkotutkimuksiin.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Polttoainekierto- ja reaktorimallien vertailusta kirjoitetaan VTT-raportti. Myös AFCS-työryhmän tulokset annosnopeusvertailulaskusta julkaistaan NEA:n kautta, mutta julkaisuajankohta menee näillä näkymin vuoden 2017 puolelle.

Lisäksi WPFC-kokouksesta kirjoitetaan matkaraportti, joka jaetaan seurantaryhmälle.

Muu tutkimuksista tiedottaminen

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi TURMET - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi TURMET - Systematization of the Safety Case Methodology		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT	Vastuuhenkilö Suvi Karvonen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus; Turvallisuusperustelu		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa vuoden 2015 TURMET –projektille, joka on suunniteltu nelivuotiseksi.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto-yliopisto, Matematiikan ja systeemianalyysin laitos	Ulkomaiset organisaatiot -	Muut tutkimusohjelmat, tms. SAFIR2018 SAUNA -projekti
Tutkimuksen tavoite Koordinoitussa projektissa VTT:n ja Aalto-yliopiston kesken perehdytään ja kehitetään ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusperustelun metodiikkaa systeemianalyysin näkökulmasta. Modernin systeemianalyysin keinoin pyritään kytkemään entistä läpinäkyvämmiin pitkäaikaisturvallisuuteen liittyvät vaatimukset turvallisuusanalyysin tekemisen tapaan. Hankkeen tieteellisenä tavoitteena on arvioida epävarmuuksien huomioon oton vaikutusta turvallisuusanalyysin menetelmiin ja kehittää epävarmuuksien arviointiin teknisiä työkaluja, esimerkiksi skenaarioanalyysin avulla.		
Tuloskategoria Asiantuntemuksen kehittäminen; tietokoneohjelma	Julkaisujen lukumäärä Työraportteja KYT-ohjelman kotisivulla, kirjallisuusselvitykset	Opinnäytetöiden lukumäärä Diplomityö (Aalto)
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Projektissa kehitetään osaamista turvallisuusperustelun laatimista varten. Tutkimustuloksia voidaan soveltaa turvallisuusperustelun valmistelussa tai arvioinnissa. Ilmeinen hyödyntäjä on STUK, sekä mahdollisesti Posiva ja voimayhtiöt. Tuloksia voidaan hyödyntää heti projektin loputtua tulosten julkaisun jälkeen. Tarkoituksena on myös laatia internetsivu projektin materiaaleille helpompaa hyödyntämistä varten.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Ensimmäisen vuoden tavoitteet ovat: <ul style="list-style-type: none"> • Osaprojekti 1: Turvallisuusperustelun metodiikka systeemianalyysin näkökulmasta • Osaprojekti 2: Konseptimallin pilotointi skenaarioanalyysiä varten • Osaprojekti 3: Koordinointi: Yhteistyön ohjaaminen Aalto-yliopiston kanssa. 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Työraportit julkaistaan osallistuvien organisaatioiden työraportteina KYT2018-ohjelman kotisivulla. Julkaisuja odotetaan vuosittain. Internet-sivusto. Nelivuotisen projektin lopuksi väitöskirja.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Artikkeli ATS –lehteen tms. tiedottaminen, työpajat tarpeen mukaan.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers		
Tutkimuslaitos: Aalto University	Vastuuhenkilö Wojciech Sołowski	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Long-term safety of spent nuclear fuel disposal: performance of buffer and backfill materials. (Finnish: Puskuri ja täyteaineiden toimintakyky)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) The project continues the collaboration began in KYT2014 project BOA and KYT2010 project PUSKURI.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto University Jyväskylän University VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. Numerola Oy	Ulkomaiset organisaatiot Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech (UPC), Barcelona (Spain), École des Ponts, Laboratoire Navier Paris Tech (France), Georgia Institute of Technology (USA) Texas A&M University (USA) Université de Pau et des Pays de l'Adour (France)	Muut tutkimusohjelmat, tms. EU FP7 project BELBaR (Bentonite Erosion: effects on the Long term performance of the engineered Barrier and Radionuclide transport) EU Horizon 2020 Mind (Microbiology In Nuclear Waste Disposal) EU Horizon 2020 Modern KYT2018 GEOBIOKIERTO YTERA doctoral programme
Tutkimuksen tavoite Project THEBES investigates the behaviour of swelling clay barriers. In particular, the project characterises bentonite which is going to be used in spent nuclear fuel repositories in Finland. The experimental investigations are connected to THMC constitutive modelling of this material as well as simulation of practical cases useful in risk assessment and design of such repositories		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Experimental methods, theoretical developments, computer methods	Julkaisujen lukumäärä During the 4 years the project should yield more than 13 quality journal papers and more than 12 conference publications.	Opinnäytetöiden lukumäärä At least 2 PhD theses should be completed during 4 years of the project. Some related MSc theses are likely
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) The produced results will have use in further research, will give insights on practical design of nuclear waste repositories and can be utilised in the evaluation of the performance of buffer/backfill material. The project will increase the Finnish and international expertise on the subject.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Project THEBES investigates the behaviour of swelling clay barriers.		

During the four years the project will:

1. Characterise bentonite which is going to be used in spent nuclear fuel repositories in Finland

The behaviour of bentonite will be investigated at micro- and nanoscale by VTT. The studies will include measurement of elasto-plastic behaviour of bentonite with different chemical compositions at various densities and water contents, investigation of water transport and chemical evolution of unsaturated bentonite in selected chemical environments as well as microstructural studies of bentonite at the conditions set by the hydro-mechanical and chemical experiments.

The micro-behaviour of bentonite will also be investigated by Jyväskylä University with very accurate x-ray tomography which allows for capturing water transport and swelling deformation of the bentonite. This research will build on long-standing expertise and world-class equipment available at Jyväskylä University (see e.g. Hyväluoma et al. 2007, Koivu et al. 2010b, Harjupatana et al. 2015).

These results will feed into the constitutive modelling effort at Aalto, Jyväskylä and VTT.

2. Develop and validate a constitutive model or models which will allow precise reproduction of the complex behaviour of bentonite.

An elasto-plastic constitutive model which will take into account complex thermo-hydro-mechanical-chemical (THMC) coupling will be developed by the groups at Aalto, Jyväskylä and VTT. The constitutive model will combine the existing know-how at the consortium partners as well as at international partners. (e.g. Alonso et al. 1999, Sánchez et al. 2005, Sołowski et al. 2008, Cui et al. 2008, Arson & Gatmiri 2012, Sołowski & Sloan 2012, Cui & Tang 2013).

3. Implement the developed constitutive model into numerical software and simulate practical case studies giving insights into performance of nuclear waste repositories.

The developed constitutive model or models will be implemented into Numerrin software (see e.g. Sołowski & Gallipoli 2010a, b and Itälä et al. 2014). The software will be used for simulation of laboratory experiments, as well as available field studies (e.g. Sánchez et al. 2011, 2012) to fully validate the implementation and constitutive model developed. Subsequently, the project will simulate some practically important case studies, useful for design and evaluation of nuclear waste repositories performance which may, e.g. estimate hydration time of the barrier and pressures induced on the canisters by swelling bentonite.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

During 4 years the project should yield more than 13 quality journal papers. Note that some publications related to the project may appear in print after the formal end of the project.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

The project will lead to at least 12 conference publications. Additionally, the project research may be presented at conferences and workshops where no formal publication will be made.

Opinnäytteet

The project will fund 2 doctoral students who will finish their thesis during the project or shortly afterwards as well as some Master degree theses.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

The project will organise yearly workshop open to public. The workshops will be advertised on both national and international levels. One important aim of the workshop is to aid the transfer the project developments into practice.

The project maintains a webpage at:

http://civil.aalto.fi/fi/research/geoengineering/soil/numerical/thebes_project/

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2016

Tutkimushankkeen nimi Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus (BENTO)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Bentonite erosion and radionuclide interaction processes		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian laboratorio	Vastuuhenkilö Pirkko Hölttä	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus: Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa KYT2014/BOA:n KOLORA osahankkeelle, työ on jatkoa 2015 alkaneelle projektille, jonka tutkimussuunnitelma on tehty koko KYT2018 kaudeksi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto, VTT, JYFL, GTK, Posiva, B+Tech	Ulkomaiset organisaatiot HZDR, KIT/ENE, EU, NAGRA, KTH	Muut tutkimusohjelmat, tms. KYT2018/THEBES, EU/BELBaR, Nagra/CFM
Tutkimuksen tavoite <p>Hankkeen yleisenä tavoitteena on tutkia kokeellisesti bentoniitin massan hävikkiä aiheuttavaa kemiallista eroosiota ja sen seurauksena muodostuneiden bentoniittikolloidien, radionuklidien ja mineraalien välisiä vuorovaikutuksia loppusijoitustilaa mahdollisimman hyvin kuvaavissa olosuhteissa. Tavoitteena on tutkia 1) bentoniitin eroosion mekanismeja ja kinetiikkaa, eroosion välivaiheena syntyneen geelifaasin sekä siitä irtautuvien kolloidien muodostumista ja ominaisuuksia 2) selvittää radionuklidien, erityisesti aktinidien sorptiota/desorptiota soveltamalla eri menetelmiä radionuklidien, erityisesti aktinidin ja mineraalin välisen sidoksen luonteen tunnistamiseksi. Yleisenä tavoitteena on ylläpitää ja kehittää kotimaista osaamista sekä kouluttaa radiokemian, erityisesti loppusijoituksen alalle uusia asiantuntijoita.</p>		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeelliset menetelmät, analyysitekniikat ja parametrit mallien testaamiseen	Julkaisujen lukumäärä 2 tieteellistä artikkelia tai vertaisarvioitua konferenssi-julkaisua	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 FM 1 LuK
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) <p>Bentoniitin kemiallisen eroosion seurauksena puskurin massaa häviää mikä voi vaikuttaa heikentävästi puskurin ominaisuuksiin suojata kanisteria ja hidastaa radionuklidien kulkeutumista pois lähialueelta. Bentoniitista muodostuneet stabiilit ja mobiilit savipartikkelit eli kolloidit pidättävät radionuklideja ja voivat toimia niiden kuljettajina kallioperässä. Tuloksia hyödynnetään käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa arvioitaessa puskurin ja tunnelin täyteaineiden toimintakykyä sekä arvioitaessa radionuklidien pääsyä bentoniittikolloidien mukana loppusijoitustilasta lähialueelle ja kaukoalueen kautta biosfääriin. Eroosikokeiden tuloksena saadaan tietoa bentoniittipuskurin hajoamisesta, massan hävikistä, rapautumismekanismeista ja -kinetiikasta, pohjavesiolosuhteiden vaikutuksesta kolloidien liikkuvuuteen. Radionuklidien ja kolloidien vuorovaikutuskokeista saadaan tietoa radionuklidien kiinnittymisen mekanismeista mineraalien tai kolloideihin kiderakenteisiin ja varsinkin aktinidien sorption pysyvyydestä. Lisäksi saadaan tietoa ja kokemusta määrittämismenetelmistä ja lähtödataa sekä testitapauksia mallinnusta varten. Mallittajien kanssa suunniteltujen turvallisuusperustelujen kannalta relevanttien kokeiden tuloksia voidaan tulevaisuudessa käyttää parametreina mallien kehittämisessä ja testaamisessa esim. KYT2018/THEBES hankkeessa. Tuloksia hyödynnetään myös vuonna 2016 päättyvässä EU/BELBaR ja Grimselin CFM projekteissa. Kaikki tulokset ovat välittömästi kaikkien käytettävissä, erityisesti tukiryhmän, joka siirtää tiedon viranomaisten sekä Posivan ja voimayhtiöiden käyttöön.</p>		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)		

"Bentoniitin eroosio" osaprojektin tavoitteena on saada tietoa kemiallisen eroosion kinetiikasta, arviota bentoniitin massan hävikistä, syntyneen geelifaasin koostumuksesta ja rakenteesta sekä pitkän aikavälin tietoa kolloidien muodostumisesta ja stabiiliudesta eri pohjavesiolosuhteissa. Tavoitteena on jatkaa batch tyyppisiä eroosiokokeita ja soveltaa eri menetelmiä kolloidien määrän ja ominaisuuksien selvittämiseksi.

"Radionuklidien vuorovaikutus" osaprojektin tavoitteena on selvittää radionuklidien, erityisesti aktinidien sorptiota/desorptiota perinteisillä batch kokeilla ja soveltamalla spektroskooppisia menetelmiä aktinidien ja mineraalin välisen sidoksen luonteen tunnistamiseksi ja sorption pysyvyyden arvioimiseksi kokeellisesti sekä mallituksen avulla. Lisäksi aloitetaan kokeet, joilla tutkitaan radionuklidien ja kolloidien vuorovaikutusta graniittisen kiven mineraalien ja rakojen pintojen kanssa.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

Tutkimuksen tulokset julkaistaan pääosin tieteellisissä lehdissä tavoitteena tehdä KYT2018 kauden tuloksista 3-4 artikkelia. Käsikirjoitusvaiheessa on osittain KYT2014 tutkimusohjelman aikana saaduista tuloksista kolme artikkelia.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Tuloksia esitellään kansainvälisissä konferensseissa (9th International Conference on Nuclear and Radiochemistry, Helsinki 2016, Migration 2017, MRS Scientific Basis for Nuclear Waste Management, Clays in natural and Engineered Barrier for Radioactive Waste Confinement, BELBaR workshops).

Opinnäytteet

Hankkeen aikana on tarkoitus valmistua 1 tohtorin tutkinto, 2-3 maisterin ja 2-3 kandin tutkintoa.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Tuloksia esitellään aiheeseen liittyvissä kotimaisissa ja kansainvälisissä seminaareissa (KYT2018, EU/BELBaR, Nagra/CFM, CHEMS tohtoriohjelma).

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Bentoniitin paisumisipaine		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Bentonite swelling pressure		
Tutkimuslaitos Itä-Suomen yliopisto, Kemian laitos	Vastuuhenkilö Prof. Tapani Pakkanen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisuusturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) KYT 2018 ohjelman toinen hankevuosi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Posiva	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Bentoniitin paisumisilmion syvälinen ymmärtäminen ja paisumisipaineen ennustaminen erilaisille savikoostumuksille		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Mallintamismenetelmä	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 Väitöskirja
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Ydinjätteen loppusijoituksesta vastaavat tahot		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Hankkeessa selvitetään bentoniitin paisumisilmion syvälistä atomitason fysikaalis-kemiallista perustaa ja kehitetään käytännön työväline täyteaineen makroskooppisen paisumisen ennustamiseen bentoniitin koostumuksen ja ympäristötekijöiden funktiona. Työn keskeinen konkreettinen kohde on bentoniitin paisumisipaineen ennustaminen ja hankkeen perimmäisenä tavoitteena on kehittää uusi fysiikan ja kemian lakeihin perustuva menetelmä jota voidaan hyödyntää ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuuden arviointiin. Hankkeen ensimmäisenä vuonna on demonstroitu menetelmän toimivuus yleisimmille bentoniittisysteemeille. Hankkeen toisena vuonna tutkitaan paisumisilmion riippuvuutta bentoniitin rakenteellisista ja koostumusmuuttujista. Hankkeen tulevina vuosina konsepti laajennetaan kattamaan systemaattisesti paisuvat savisysteemit. Hanke toteutetaan yhteistyössä kokeellista bentoniittitutkimusta tekevien tutkimusryhmien kanssa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset 3 Konferenssijulkaisut ja työraportit 2 Opinnäytteet: 1 väitöskirja, 1 väitöskirja valmisteilla		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT seminaarit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Experimentally verified model based predictions for the integrity of the copper overpack (PRECO)		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Juhani Rantala	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus, 3.2.3 Kapselin toimintakyky		
Tutkimusjatkumo Jatkoa aikaisemmalle tutkimukselle samasta aihepiiristä		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto yo	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Projekti tuottaa pitkiin koeaikoihin perustuvan kokeellisen näytön ja mallipohjaiset ennusteet viranomaisille tukemaan päätöksentekoa ydinjätteen loppusijoituksen kuparikapselin osalta. Projektin tuloksina saadaan laaja koetulosaineisto, kokeellisen toiminnan valmiudet ja asiantuntijaosaaminen vauriomekanismeista, mallinnuksesta, pitkän ajan elinikäennusteista sekä kokeelliseen näyttöön perustuva syvälinen ymmärrys kuparin käyttäytymisestä.		
Tuloskategoria Kokeellinen tulosaineisto, materiaaliominaisuudet, ennuste pitkäaikaiskestävyydestä	Julkaisujen lukumäärä 2(2016)	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 väitöskirja J. Rantala
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä Tutkimus tuottaa puolueettoman arvion loppusijoitusmenetelmän luotettavuudesta kuparikapselin virumisen osalta. Erittäin hyödyllistä on myös verrata ruotsalaista ja VTT:n virumismallia keskenään relaxsaation ennustamisessa. Tämä parantaa kuparin elinikäennusteen luotettavuutta merkittävästi.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain - täydentää virumismallia relaxsaation osalta ja verifioida ennusteet kokeellisesti - selvittää moniaksiaalisuuden vaikutus kuparin elinikään, myös oletettujen vikojen osalta - testata kuormanpoistojen (matalataajuinen väsyminen) vaikutus kuparin elinikään - ennustaa minimielinikä kapselille huomioiden viat (joint line hooking ja oksidipartikkelit) - jatkaa virumisen ja korroosion yhteisvaikutuksen testaamista - tehdä EBSD-mikroskopia ja nanoindentatiomittaukset ja ottaa käyttöön muita uusia menetelmiä		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisut kv. konferensseissa (Baltica 2016) ja alan lehdissä Opinnäytteet: väitöstyö J Rantala		
Muu tutkimuksista tiedottaminen KYT-seminaarit, virumisalan konferenssit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2016

Tutkimushankkeen nimi Kuparikapselin mekaaninen lujuus		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Mechanical strength of copper canister (MECHACOP)		
Tutkimuslaitos Aalto yliopisto	Vastuuhenkilö Hannu Hänninen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus: kapselin toimintakyky		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa aiemmalle tutkimushankkeelle "Kuparisen ydinjäte-kapselin mekaaniset ominaisuudet"		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Posiva	Ulkomaiset organisaatiot Kärnavfallsrådet, KTH ja SKB, Ruotsi; Tohoku University, Japan; MEPhI, Venäjä	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Selvittää kuparikapselin eri osien mekaaniset ominaisuudet sekä ymmärtää sekä mikros- että makroskooppinen plastinen deformaatio kuparikapselin rakenteissa. Kuparin korroosiossa syntyvät oksidi- ja sulfidikalvot johtavat sekä vedyn että vakanssien siirtymisen kupariin, joilla on merkittävä vaikutus kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin sekä virumiseen että mahdolliseen jännityskorroosioalttiuteen. Nämä vaikutukset selvitetään tutkimuksessa perusteellisesti.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Kuparikapselin mekaaniset ominaisuudet, sallittavan plastisen deformaation määrä sekä vikojen suuruus ja laatu ovat kapselin mekaanisen kestävyuden kannalta erittäin tärkeitä. Myös loppusijoitusympäristössä (mukaan lukien säteilyn vaikutus) tapahtuvassa korroosiossa (hapettuminen/sulfidoituminen) kupariin absorboituvan vedyn ja vakanssien vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin, virumiseen ja mahdolliseen jännityskorroosioon pitää tuntea.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparikapselin eri osien (perusmateriaalit ja hitsit) mekaaniset ominaisuudet sekä plastisen deformaation mekanismit kvantitatiivisesti sekä mikros- että makroskooppisella tasolla. Tutkimuksessa on neljä osatehtävää: 1. Hitsausvirheiden valmistus kuparikapselin mekaanisiin ominaisuuksiin sallittavien turvallisten vikojen hyväksymiskriteerien määrittäystä varten. 2. Optisen venymämittauksen (digital image correlation, DIC) avulla selvitetään deformaation paikallistuminen kuparikapselin eri osien rakenteissa. 3. Vedyn absorptio kupariin loppusijoitusolosuhteissa myös γ -säteilyn alaisena ja vedyn vaikutus kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin ja virumiseen. 4. Kuparin jännityskorroosio mekanismin selvittäminen nitriittiliuoksessa perustuen itse kehitettyyn nk. oxidation-induced vacancy-creep malliin.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset 3 tieteellistä julkaisua		

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Opinnäytteet

1 väitöskirjatutkimus tekeillä

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

KYT 2018 tutkimusohjelman seminaarit ja alan kansainväliset konferenssit sekä Kärnavfallrådetin tilaisuudet

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi The effect of reaction product layers on copper corrosion in repository conditions		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto, Materiaalitekniikan laitos	Vastuhenkilö Dos. Jari Aromaa	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa KYT2010-tutkimukselle kuparin korroosioista höyryfaasissa ja KYT2014-tutkimukselle korroosioista hapettomissa olosuhteissa.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, Aalto ENG	Ulkomaiset organisaatiot -	Muut tutkimusohjelmat, tms. -
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kuparin pinnalle muodostuvien reaktiotuotekerrosten vaikutus kuparin korroosioon. Reaktiotuotekerroksilla uskotaan olevan vaikutus sekä yleisen korroosion nopeuteen että paikallisen korroosion eri muotoihin. Tutkimuksessa selvitetään reaktiotuotekerrosten muodostuminen ja niiden vaikutus kun kuparikapseli käy lävitse eri korroosiovaiheet kuivasta ilmastosta turpoamattoman bentoniitin hapellisten olosuhteiden kaasufaasiin ja nestefaasiin ja lopulta hapettomien olosuhteiden nestefaasiin.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellisia tuloksia korroosionopeudesta.	Julkaisujen lukumäärä 4 artikkelia vuosina 2015-2018.	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 diplomityö 2015, 1 diplomityö 2016.
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia voivat hyödyntää yritykset ja viranomaistahot, jotka arvioivat kapselin pitkäaikaiskestävyyttä korroosion kannalta. Tutkimus voi tuoda lisäselvitystä sekä aikaisempien tutkimusten kymmenkertaisiin eroihin yleisen korroosion nopeudessa että paikallisen korroosion esiintymiseen.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tutkimuksen osaprojektit ovat: <ul style="list-style-type: none"> - menetelmä toistettavien reaktiotuotekerrosten muodostamiseen sekä kaasu- että nestefaasissa ja niiden karakterisointi (2015). - Reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettavissa olosuhteissa sekä kaasu- että nestefaasissa (2016-2017). - Reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettomissa olosuhteissa nestefaasissa (2017-2018). Vuoden 2016 tavoite on muodostaa reaktiotuotekerroksia sähkösaostetun kuparin pinnalle hapettavassa upotusrasituksessa erilaisilla synteettisen pohjaveden koostumuksilla ja määrittää korroosionopeudet.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisusuunnitelma perustuu vuosina 2015 ja 2016 tehtäviin diplomitöihin ja jälkimmäisestä mahdollisesti jatkettavaan liseniaattityöhön. Vuonna 2016 tavoite on julkaista artikkeli reaktiotuotekerrosten vaikutuksesta korroosioon hapettavissa olosuhteissa.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Aallon jatkokoulutusseminaarit, mahdolliset KYT-ohjelman seminaarit.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi The effect of microbial activity on corrosion of copper in anoxic state of repository (BASUCA)		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Leena Carpén	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus (Kapselin pitkäaikaiskestävyys)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke hyödyntää KYT2014 kaudella vuonna 2013 alkaneessa MICCU projektissa saatuja tuloksia ja laitteistoja. Hanke on suunniteltu jatkuvan koko KYT2018 ohjelmakauden ajan.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Oulun yliopisto (BioSer), Aalto-Yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin käyttäytymiseen loppusijoituksen hapettomassa vaiheessa.		
Tuloskategoria Kokeellinen menetelmä uutta tietoa	Julkaisujen lukumäärä 1-2 kansainvälistä julkaisua	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia hyödynnetään ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus- aihepiirissä kapselin toimintakyky-painoalueella arvioitaessa hapettomassa vaiheessa korroosionopeuksia ja korroosiovaikutusten arvioimiseksi tehtyjen mallien oikeellisuutta. Tulosten perusteella voidaan arvioida loppusijoitus-kapselin mahdollisesta mikrobiologisesta korroosioista johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Hankkeessa kehitettyjä menetelmiä voidaan soveltaa laajasti muihinkin sovellutuskohteisiin. Hankkeessa koulutetaan useita osajia ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle. Projektissa tehtyjä julkaisuja tullaan käyttämään osana väitöskirjatyötä ja lisäksi projektin myöhemmässä vaiheessa pyritään teettämään myös di-/gradutyö.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tehtävä 1. Koejärjestelyn suunnittelu ja rakentaminen <i>Tehtävän tuloksena ovat koejärjestelyt, joiden avulla voidaan tutkia kuparin mikrobiologista korroosiota sekä metallipinnoille kerääntyvän biofilmin ominaisuuksia loppusijoituksen hapettomassa vaiheessa eri lämpötiloissa.</i> Tehtävä 2. Kuparin mikrobiologinen korroosio <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida kuparin mikrobiologisen korroosion mekanismeja ja korroosionopeutta hapettomissa olosuhteissa.</i> Tehtävä 3. Kuparin pinnoille muodostuvan biofilmin ominaisuudet ja vaikutus <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida kuparin mikrobiologisessa korroosiossa avainasemassa olevia mikrobiryhmiä ja niiden toimintaa kuparin pinnalla hapettomissa loppusijoitusolosuhteissa.</i>		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 1-2 kansainvälistä julkaisua/konferenssijulkaisua Vuosittainen työraportti Opinnäytteet: 1-2 opinnäytetyötä (väitöskirja, gradu/di-työ)		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistuminen kansainvälisiin konferensseihin ja KYT vuosiseminaareihin.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbially induced corrosion during the oxic stage of repository (MICOR)		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuhenkilö Pauliina Rajala	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimus (Kapselin pitkäaikaiskestävyys)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on aloitettu 2015 ja se myös hyödyntää KYT2014 kaudella vuonna 2013 alkaneessa MICCU projektissa saatuja tuloksia ja laitteistoja. Hanke on suunniteltu jatkuvan koko KYT2018 ohjelmakauden ajan. Hanke on osa koordinoitua Kapseli-kokonaisuutta.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Oulun Yliopisto (BioSer)	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin korroosioikäytymiseen Suomen loppusijoitusolosuhteissa.		
Tuloskategoria Kokeellinen menetelmä uusi koelaitteisto uutta tietoa	Julkaisujen lukumäärä 1 kansainvälinen julkaisu	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa loppusijoituskapselin mahdollisesta mikrobiologisesta korroosioista johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain <i>Tehtävä 1. Koejärjestelyn suunnittelu ja rakentaminen</i> Tehtävän tuloksena ovat koejärjestelyt, joiden avulla voidaan tutkia kuparin mikrobiologista korroosiota ja metallipinnoille kerääntyvän biofilmin ominaisuuksia ja biofilmin vaikutusta kuparin ominaisuuksiin hapellista loppusijoitusvaihetta simuloivissa olosuhteissa. <i>Tehtävä 2. Kuparin mikrobiologinen korroosio</i> Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida kuparin mikrobiologisen korroosion mekanismeja ja korroosionopeutta. Saadaan myös tietoja eri olosuhteissa muodostuvien korroosiotuotekerrosten koostumuksista. <i>Tehtävä 3. Kuparin pinnoille muodostuvan biofilmin ominaisuudet ja vaikutus</i> Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida kuparin mikrobiologisessa korroosiossa avainasemassa olevia mikrobiryhmien kiinnittymistä ja toimintaa kuparin pinnalla. <i>Tehtävä 4. Aerobisen vaiheen merkitys</i> Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida aerobisen vaiheen merkitystä kuparin korroosiokestävyyteen pitkäaikaisturvallisuus näkökulmasta.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 1 kansainvälinen julkaisu/konferenssijulkaisu, Vuosittainen työraportti Opinnäytteet: 1 väitöskirja		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistuminen kansainvälisiin konferensseihin ja KYT vuosiseminaareihin		

11.5.2016

TEM/1707/08.09.02/2
014

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2016

Tutkimushankkeen nimi Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbiology related to geological disposal of low- and intermediate level waste		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuhenkilö Minna Vikman	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa KYT2014 hankkeelle 'Mikrobilajistot Olkiluodon kaasun kehityskokeessa'.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot TVO, Fortum, GTK	Ulkomaiset organisaatiot IGD TP verkosto HZDR (Saksa)	Muut tutkimusohjelmat, tms. EURATOM MIND
Tutkimuksen tavoite Projektin päätavoitteena on arvioida matala- ja keskiaktiivisen jätteen geologiseen loppusijoitukseen liittyviä mikrobiologisia riskejä Suomen olosuhteissa.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 2-3	Opinnäytetöiden lukumäärä -
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeen tuloksia hyödynnetään muissa koordinoitujen MILORI-hankkeen osaprojekteissa. Tuloksia voivat hyödyntää sekä viranomaiset että voimalaitosjätteen loppusijoituksesta vastuussa oleva yritys jätteen loppusijoituksen turvallisuustutkimuksessa sekä mallinnuksessa. Hankkeessa koulutetaan osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Projektin tavoitteena on tutkia olosuhteiden, erityisesti betonisiiloista aiheutuvan korkean pH:n ja täyttöveden mikrobiston, vaikutusta matala-aktiivisen voimalaitosjätteen mikrobiologiseen hajoavuuteen, biosaataavuuteen ja kaasun muodostumiseen. Lisäksi arvioidaan säteilykertymän vaikutusta jätteen hajoamiseen. Tavoitteena on myös mikrobiyhteisöjen toiminnan evaluointi erityisesti materiaalien pinnoilla ja lisäksi selvittää yksityiskohtaisemmin oleellisimpiin aineenvaihduntareitteihin liittyviä mikrobiyhteisöjen toimintaa. Lopuksi arvioidaan mikrobien aineenvaihduntatuotteiden ja entsyymien vaikutusta radionuklidi-kompleksien muodostumisessa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: - 1-2 tieteellistä artikkelia koko hankkeen aikana Konferenssijulkaisut ja työraportit - 1-3 konferenssijulkaisua koko hankkeen aikana - Työraportti tehdystä tutkimuksesta tutkimusvuoden lopussa Opinnäytteen		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Konferensseihin osallistuminen, kokoukset yhteistyökumppaneiden kanssa. Tavoitteena järjestää mikrobiologia-aiheinen seminaari KYT2018-tutkimusohjelman loppuvaiheessa.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2016

Tutkimushankkeen nimi Matala ja keskiaktiivisen jätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbially induced corrosion of low and intermediate level radioactive waste		
Tutkimuslaitos VTT	Vastuuhenkilö Leena Carpén	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuuden tutkimus (Mikrobiologian vaikutukset)		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke hyödyntää KYT2014 kaudella REMIC-projektissa saatuja tuloksia ja laitteistoja. Hanke on suunniteltu jatkuvan koko KYT2018 ohjelmakauden ajan.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Oulu University	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Hankkeen tavoitteena on arvioida biofilmiä muodostumista ja mikrobiologisen korroosion riskiä metallisille materiaaleille (purkujättemateriaalit) Suomen loppusijoitusolosuhteissa, sekä monitoroida korroosion ja vesikemian muutosten yhteyttä <i>in situ</i> .		
Tuloskategoria Kokeellinen menetelmä Uutta tietoa	Julkaisujen lukumäärä 2 kansainvälistä julkaisua 1 julkinen vuosiraportti	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa purkujättemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista (Turvallisuusarvio, pitkäaikaisturvallisuus). Hankkeessa otetaan käyttöön uusia mikrosensoreihin perustuvia menetelmiä biofilmi-korroosio-kerroksen tutkimiseksi sekä kehitetään laitteisto korroosion ja vesikemian monitoroimiseksi kalliope- rässä. Menetelmiä voidaan hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa koulutetaan <u>osaajaa/osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle</u>		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tehtävä 1. Koejärjestelyn suunnittelu ja rakentaminen <i>Tehtävän tuloksena ovat koejärjestelyt, joiden avulla voidaan monitoroida purkujätteiden mikrobiologista korroosiota ja vesikemiaa reaaliaikaisesti in situ olosuhteissa.</i> Tehtävä 2. Purkujättemetallien mikrobiologinen korroosio <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida purkujätteiden mikrobiologisen korroosion mekanismeja ja korroosionopeutta.</i> Tehtävä 3. Purkujättemetallien pinnoille muodostuvan biofilmin ominaisuudet ja vaikutus korroosioon <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida purkujätteiden pinnoilla muodostuvan biofilmin ominaisuuksia ja toiminnallisuutta.</i>		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset, 1-2 tieteellistä artikkelia (v.2016) Konferenssijulkaisut ja työraportit, 1-2 konferenssijulkaisua ja vuosiraportti Opinnäytteet 1 (tieteellisiä julkaisuja käytetään osana väitöskirjatyötä)		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistutaan kansainvälisiin konferensseihin ja KYT vuosiseminaareihin.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2016

Tutkimushankkeen nimi Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolian loppusijoitusolosuhteissa, Geobiokierto		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbial sulphur cycle in final nuclear waste repository conditions, Geobiocycle		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus, VTT Oy	Vastuuhenkilö Hanna Miettinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkumoa KYT2018 hankkeelle Geobiokierto, koko tutkimusohjelman ajaksi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Posiva, TVO, Fortum	Ulkomaiset organisaatiot IGD-TP verkosto	Muut tutkimusohjelmat EURATOM Mind
Tutkimuksen tavoite Hankkeen päätavoitteena on selvittää mikrobiyhteisöjen vaikutuksia rikinkiertoa loppusijoitusolosuhteiden kalliopohjavedessä. Sovelletaan leimattuun rikkiin perustuvaa analysointimenetelmää rikin kierron analysointiin kalliopohjavesissä. Analysoidaan loppusijoitustilojen pohjaveden sulfidin muodostumisnopeutta ja relevanttien elektronin luovuttajien ja vastaanottajien vaikutuksia siihen. Selvitetään kalliopohjavesien mikrobien metaboliatuotteiden vaikutuksia bentoniittipuskurin fysikaaliseen rakenteeseen ja toimintakykyyn.		
Tulokategoria Kokeellinen laboratoriotyö	Julkaisujen lukumäärä 1-2	Opinnäytetöiden lukumäärä 0-1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeen tuloksia voidaan soveltaa mikrobiologisen sulfidinmuodostuksen aiheuttaman korroosioriskin turvallisuusarvioinnissa ja mallintamisessa kuparikapselin pitkäaikaisturvallisuudelle eri olosuhteissa. Tutkimus tuottaa myös tietoa menetelmistä, joita voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoitusalueiden pohjavesien sulfidien muodostumisen monitoroinnissa. Hanke selvittää lisäksi mikrobien merkitystä bentoniittipuskurin rakenteen ja toimintakyvyn pysyvyydelle. Tutkimuksen tulokset on tarkoitettu heti käytettäviksi eri ydinjätesektorin toimijoiden hyödynnettäviksi.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tehtävä 1: Sovelletaan leimattuihin rikkiyhdisteisiin (³⁵ S) perustuvaa sulfidin määritysmenetelmää analysoimaan eri rikkiyhdisteiden muodostumista ja muodostumisnopeutta pohjavesimikrobeilla. Tehtävä 2: Tutkitaan pohjavesinäytteiden rikinkiertoa ja kiertoa vaikuttavien elektronin luovuttajien ja vastaanottajien sekä raudan roolia mikrobiologisessa sulfaatinpelkistyksessä hyödyntäen leimatun sulfaatin menetelmää pikamenetelmiä kuten ATP ja elävyyssvärjäykset. Tehtävä 3: Analysoidaan loppusijoitustilojen pohjaveden sulfidin muodostumisnopeutta ja relevanttien elektronin luovuttajien ja vastaanottajien vaikutuksia. Etsitään muuttujia joilla sulfidinmuodostusta ja sen nopeutta voitaisiin hallita. Tehtävien peräkkäisyyden vuoksi nähtäväksi jää kuinka paljon näitä kysymyksiä ehditään tutkia rahoitusleikkausten vuoksi. Tehtävä 4: Selvitetään, millaisia vaikutuksia mikrobeilla ja niiden aineenvaihduntatuotteilla on bentoniittipuskurin fysikaaliseen rakenteeseen ja toimintakykyyn mikrobeille suotuisissa olosuhteissa pitkäaikaiskokeella		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: Hankkeesta kirjoitetaan 1-2 julkaisua kansainvälisiin lehtiin. Konferenssijulkaisut ja työraportit: Vuosittain kirjoitetaan VTT:n tutkimusraportti ja pyritään osallistumaan aiheeseen sopivaan konferenssiin julkaisun kanssa. Opinnäytetyöt: Hankkeesta ei todennäköisesti pystytä toteuttamaan opinnäytetyötä rahoitusleikkausten takia.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Mikrobiologisen koordinoitun MILORI-hankkeen seminaarit.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Nutrients, energy and gases in bedrock biosphere		
Tutkimuslaitos Geologian tutkimuskeskus	Vastuuhenkilö Riikka Kietäväinen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (GEOMOL) => KABIO => SALAMI => RENGAS (työsuunnitelma vuoteen 2018)		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, HYRL	Ulkomaiset organisaatiot GFZ Potsdam (ICDP), DCO, U. Waterloo, INGV Rooma, COSC / (U. Uppsala, U. Lund, Lawrence Berkely N.L), EPFL:n (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne)	Muut tutkimusohjelmat, tms. Horizon 2020 (MIND)
Tutkimuksen tavoite Tutkia biogeokemiallisesti tärkeiden alkuaineiden reaktioita ja liikkumista kalliopohjavesissä, syvän biosfäärin energialähteitä ja energian siirtymistä mikrobien katalysoimissa redox-reaktioissa.		
Tuloskategoria Mittaus- ja analyysitulokset, johtopäätökset ja mallit	Julkaisujen lukumäärä 2-3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 väitöskirja
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä Loppusijoituksen turvallisuusperustelu: mikrobiologisten prosessien turvallisuusmerkityksen määrittely perustuen mikrobien elintoimintojen vaatimien ravinne- ja energialähteiden saatavuuteen sekä kivi-vesi-mikrobi vuorovaikutuksen aikaskaaloihin.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain Syväreikä tutkimuksen menetelmät ja infrastruktuurit - Outokummun in-situ EC-loggaus ja kaasujen pitkäaikaismonitorointi (GFZ Potsdam) - Verkostoituminen ja kansainvälisen yhteistyön vahvistaminen Kallioperän suolaisten fluidien viipymääjan ja alkuperän tutkimus - Jalokaasunäytteenotto Pyhäsalmen kaivoksesta - Tutkijavierailu GFZ-Potsdamiin ja analyysit - Julkaisu veden alkuperästä ja kivi-vesi -vuorovaikutuksesta perustuen Cl- ja Br -isotooppeihin Rikin olomuodot ja biogeokemiallinen merkitys kallioperässä - Rikin isotooppianalytiikan kehitystyön jatkaminen - Suolaisten fluidien näytteenotto, rikkinäytteet, Pyhäsalmi Hiilen olomuodot ja esiintyminen kiteisessä kallioperässä - Grafiitin merkitys metaaninmuodostuksessa - Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tulosten tulkinta ja aineiston täydennys - Yhteistyö ja näytteenotto HYRL/Janne Lempisen kanssa		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: 2-3 kpl Opinnäytteet: R.Kietäväinen väitöskirja		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Lehdistötiedotteet, Twitter (#KYTRENGAS)		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Behaviour of radionuclides in the geosphere; in situ studies		
Tutkimuslaitos Radiokemian laboratorio, kemian laitos, Helsingin yliopisto	Vastuuhenkilö Marja Siitari-Kauppi	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus / muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo Nelivuotisen hankkeen ensimmäinen vuosi, joka on jatkoa KYT2014 ohjelmassa toteutetulle hankkeelle "Kallion in situ –tutkimukset".		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot GTK, JYFL, VTT	Ulkomaiset organisaatiot Nagra, JAEA, NRI, IDAE-CSIC, Poitiersin yliopisto, IRSN	Muut tutkimusohjelmat, tms. Grimsel Phase VI, LTD Phase II
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoite on tuottaa radionuklidien kulkeutumiseen liittyviä parametrejä (K _d , D _e , huokoisuus) sekä laboratorio- että in situ olosuhteissa. Mahdollistaa laboratorio ja in situ kokeista saatavien parametrien välinen vertailu. Mallintaa radionuklidien kulkeutumista realistisessa heterogeenisessä kivessä ottaen huomioon yllä mainitut parametrit sekä kehittää käytössä olevia menetelmiä tarpeellisilta osin.		
Tuloskategoria analyysi- ja mallinnusmenetelmät, K _d , D _e ja kiven huokoisuus arvojen validointi	Julkaisujen lukumäärä 3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä Tuloksia voidaan soveltaa arvioitaessa ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisvaikutuksia, radionuklidien kulkeutumista loppusijoitustilaa ympäröivässä graniittisessa kivessä ottaen huomioon sen pädätysominaisuudet. Tietoa voivat hyödyntää sekä viranomaiset että ydinjätetoimijat.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain <ol style="list-style-type: none"> 1. Bariumin, cesiumin ja natriumin PhreeqC mallinnuksen avulla arvioidaan po radionuklidien sorptiomekanismeja eri kivi-vesi vuorovaikutus olosuhteissa kiteiseen kiveen ja kiven päämineraaleihin. 2. Suorittaa heterogeenisuuden huomioonottavia kulkeutumissimulaatioita, joissa otetaan huomioon sekä kohdassa 1. että hankkeen ensimmäisen vuoden aikana määritetyt jakaantumiskertoimet ja kehittää menetelmää edelleen. Lisäksi näitä simulaatioita käytetään kohdassa 2. suoritettavien diffuusiokokeiden tulosten analyysiin. 3. Atomitason mallinnustyökalujen käyttöönotto sorptio kokeiden tulosten tulkinnessa 4. Geologian tutkimuskeskus osallistuu hankkeeseen mineralogian asiantuntijana ja nuorten tutkijoiden mentorina. 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset E. Muuri, J. Ikonen, M. Matara-aho, A. Lindberg, S. Holgersson, M. Voutilainen, M. Siitari-Kauppi, A. Martin, Behavior of Cs in Grimsel granodiorite Part I: Sorption on main minerals and crushed rock E. Muuri, The sorption and diffusion of ¹³³ Ba in Grimsel granodiorite, Olkiluoto pegmatite and veined gneiss E. Muuri, Behavior of Cs in veined gneiss and pegmatite n.n. Alkalimetallien konsentraatioisotermien määrittäminen kiteisen kiven päämineraaleille, Kandidaatin tutkielma.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen Kokoukset: ISCO, Grimsel LTD partner meeting, 9 th International conference on nuclear and		

radiochemistry.

Lisäksi tutkimuksen tuloksia esitellään KYT seuranta- ja johtoryhmille vuosittaisissa kokouksissa.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi C-14 vapautuminen metallijätteestä (HIILI-14)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Release of ¹⁴ C from metallic waste (Carbon-14)		
Tutkimuslaitos Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuhenkilö Kaija Ollila	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimus: Muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on osa EU-hanketta CAST (Carbon-14 Source Term, WP2 Steels), joka alkoi 1.10. 2013. Hanke jakautui vuonna 2014 ja 2015 EU-hankkeeseen ja kansalliseen hankkeeseen johtuen EU-projektin rajoituksista. Ehdotetaan jatkuvaksi samalla tavalla jakautuneena CAST-osaan ja kansalliseen osaan CAST-projektin keston ajan. Projektin kesto on 4,5 v.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HY Radiokemian Laboratorio, Janne Lempinen, Jukka Lehto	Ulkomaiset organisaatiot CAST-projektin osallistajat	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksessa saadaan tietoa ¹⁴ C:n käyttäytymisestä loppusijoitusolosuhteissa turvallisuustarkasteluja varten. ¹⁴ C on säteilyvaikutuksiltaan merkittävä voimalaitos- ja purkujätteessä ja myös käytetyissä polttoainepiipuissa. Orgaanisen ¹⁴ C:n osuus on kulkeutumisen arvioinnin kannalta tärkeä.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellinen menetelmä.	Julkaisujen lukumäärä 1-2, CAST Annual Report	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia hyödyntävät voimalaitos- ja purkujätteen loppusijoituksen turvallisuusanalyysien tekijät. CAST- projektissa WP3 (Zircaloy) käsittelee ¹⁴ C:n vapautumista polttoaineen suojakuoresta.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Osaprojekti 1, Hiilen eluutio rautakarbidi- ja teräsjauheista (CAST): tehdään loppuun Loviisan terästä simuloivan säteilyttämättömän teräsjauheen ja rautakarbidin eluutiokokeet. Niissä tutkitaan vapautuneen hiilen spesiaatiota simuloitussa pohjavedessä, kun hiilen olomuoto kiinteässä faasissa tunnetaan. Hiilen olomuoto jäljittelee säteilytetyn teräksen C-14 olomuotoa. Osaprojekti 2, Säteilytetyn teräksen eluutiokokeet (CAST): Käynnistetään säteilytetyn teräksen eluutiokokeet. Teräsnäytteet leikataan suunnitelman mukaan Loviisan säteilytysnäytekapselin kuoresta, joka on ruostuamtona terästä. Aktiivisuustason mukaan tehdään kokeiden suunnitelma. Osaprojekti 3, Kokeelliset menetelmät säteilytetyn teräksen kokeissa (Kansallinen projekti): Osaprojekti tukee kansallisia valmiuksia tehdä C-14 analyyseja meillä käytössä olevilla menetelmillä. Kyt-raportointi tehdään kansallisessa projektissa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: Tavoitteena tehdä artikkeli säteilyttämättömän teräsjauheen ja rautakarbidin eluutiokokeista tieteelliseen lehteen tai konferenssijulkaisuun Konferenssijulkaisut ja työraportit: Cast Annual Reports Opinnäytteet		

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Rakovirtaus-, matriisidiffuusio- ja sorptiomallinnus hila-Boltzmann -menetelmällä		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Modelling fracture flow, matrix diffusion and sorption using the lattice-Boltzmann method		
Tutkimuslaitos Fysiikan laitos, Jyväskylän yliopisto	Vastuhenkilö Jukka Maalampi	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Neljävuotisen hankkeen toinen vuosi. Hanke on jatkoa 2013–2014 toteutetulle hankkeelle "Kiven huokosrakenteen kuvantaminen nanotomografialla ja yhdistäminen matriisidiffuusiomallinnukseen"		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Helsingin yliopisto (Radiokemian laboratorio, Geologian ja maantieteen laitos), Geologian tutkimuskeskus, Itä-Suomen yliopisto (ympäristötieteen laitos)	Ulkomaiset organisaatiot Nagra, Sveitsi	Muut tutkimusohjelmat, tms. SIMPHONY EU-projekti, Grimsel, LTD Phase II
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on mallintaa radionuklidien kulkeutumista vettä johtavassa raossa sekä sitä ympäröivässä kivimatriisissa käyttäen hila-Boltzmann ja time domain diffusion (TDD) -menetelmiä.		
Tuloskategoria Kokeelliset menetelmät, analyysimenetelmät	Julkaisujen lukumäärä 1	Opinnäytetöiden lukumäärä 0
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä Tuloksia voidaan soveltaa arvioitaessa ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisvaikutuksia, radionuklidien kulkeutumista vettä johtavissa raoissa ja loppusijoitustilaa ympäröivän kivimatriisin pidentysominaisuuksia. Niitä voivat hyödyntää sekä viranomaiset että ydinjätetoimijat.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain – Luoda keinotekoisia rakogeometrioita mallinnusta varten – Varmistaa menetelmän toimivuus radionuklidien kulkeutumismallinnuksessa vertaamalla yksikertaisessa rakovirtauksessa saatuja tuloksia analyttisellä menetelmällä saatuun. – Yhdistää hila-Boltzmann ja TDD-menetelmät siten, että diffuusio ja sorptio mallinnetaan TDD-menetelmällä ja virtauskenttä hila-Boltzmann menetelmällä. – Soveltaa menetelmää monimutkaisempiin rakogeometrioihin.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Referoituja artikkeleita alan kansainvälisissä julkaisuissa, yksi esitelmä kansainvälisessä alan konferenssissa.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen Alan konferenssit, kotimaiset (mm. KYT-) seminaarit, esitelmät muissa tutkimusorganisaatioissa, yhteydet alan teollisiin toimijoihin.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä (C14ROCK)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Chemical forms and sorption of radiocarbon in geosphere		
Tutkimuslaitos HYRL	Vastuuhenkilö prof. Jukka Lehto	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on alkanut KYT2014 –ohjelmassa vuonna 2013 ja kestää KYT2018-kauden loppuun		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, GTK	Ulkomaiset organisaatiot University of Huddersfield (UK)	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on selvittää radiohiilen kemiallisia muotoja ja niiden muutoksia kallioperässä sekä karbonaattimuotoisen radiohiilen sorptiota rakomineraaleihin.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) - kokeellinen työ ja menetelmän kehitys - uuden asiantuntijan kouluttaminen	Julkaisujen lukumäärä - 4-5 tieteellistä aikakauslehtiartikkeliä - 3-4 konferenssiesitystä	Opinnäytetöiden lukumäärä - 2-3 pro gradu- / kandidaatintutkielmaa - 1 väitöskirja
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tuloksia voidaan hyödyntää radiohiilen kulkeutumisen mallintamisessa, koska tuntemus kulkeutumiseen vaikuttavista prosesseista lisääntyy.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Analyttisen menetelmän kehittämistä radiohiilen kemiallisten muotojen määrittämiseksi jatketaan ja simuloidaan kokeellisesti loppusijoitusvyödyllä vallitsevia olosuhteita. Tehdään tutkijavierailu Huddersfieldin yliopistoon Englantiin erityisesti mikrobien vaikutuksen tiimoilta. Selvitetään karbonaattimuotoisen radiohiilen sorptiota rautamineraaleista ainakin hematiittiin ja götiittiin.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 2 artikkelia, toinen radiohiilen spesiaatiotutkimuksista ja toinen sorptiosta raudan (hydr)oksidimineraaleihin. Konferenssiesitys Nuclear and Radiochemistry –konferenssissa Helsingissä		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Applicability of Geopolymers to Nuclear Waste Management, GeoP-NWM		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Applicability of Geopolymers to Nuclear Waste Management, GeoP-NWM		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuuhenkilö Eila Lehmus	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa vuoden 2015 hankkeelle.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot	Ulkomaiset organisaatiot University of Sheffield, United Kingdom;	Muut tutkimusohjelmat, tms. Horizon 2020, EURATOM hanke CEBAMA
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on arvioida etuja, joita saavutetaan geopolymeeri-perustaisia matriiseja (ja niistä tehtyjen komposiittien) ydinjätehuollon rakenteissa. Nämä materiaalit tarjoavat räätälöityjä mahdollisuuksia jätteen kiinteytykseen ja kapselointiin. Ongelmallisten radioisotooppien, kuten ¹³⁷ Cs sitominen matriisiin hilarakenteeseen ja hyvä kestävyys liukenemista vastaan antaa uusia mahdollisuuksia. Sementtipohjaisessa orgaanisen jätteen kiinteytyksessä on niiden kemiasta johtuen yhteensopivuusongelmia sementin hydrataation häiriintymisen takia. Lisäksi sementtipohjainen kiinteytyks perustuu lähinnä fysikaaliseen kapseloitumiseen. Tässä tutkimuksessa keskitytään geopolymeerien käyttöön kiinteytyksessä ja kapseloinnissa. Erityisesti keskitytään orgaanisen materiaalin vaikutuksiin mikro- ja makrotason rakenteellisiin muutoksiin sijoitusolosuhteissa. Hyvä radioisotooppien ja muiden haitallisten aineiden sitoutuminen ja hyvä säilyvyys tullaan verifioimaan tässä hankkeessa. Tämä luo uusia turvallisempia ja ympäristövaikutuksiltaan parempia mahdollisuuksia jätehuoltoon, ja siis potentiaalisia taloudellisia etuja.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Julkaisut ja koemenetelmät	Julkaisujen lukumäärä 2 tieteellistä artikkelia	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 väitöskirja hyödyntää
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tutkimuksen tulokset ovat voimallaitosten (TVO, Fortum, Fennovoima) käytössä, kun he suunnittelevat uusia turvallisia matalan ja keskiaktiivisen jätteen kiinteytyksiä ja sijoittamista. Tuloksista saadaan varmempaa tietoa pitkäaikaistoiminnasta sekä lujuuden, säilyvyyden että radionuklidien kulkeutumisen osalta. Myös viranomaiset saavat tiedon arvioidakseen geopolymeerien turvallisuutta vaihtoehtona jätehuollon rakenteissa.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tutkimuksen tavoitteena on arvioida etuja, joita saavutetaan geopolymeeri-perustaisia matriiseja (ja niistä tehtyjen komposiittien) ydinjätehuollon rakenteissa. Nämä materiaalit tarjoavat räätälöityjä mahdollisuuksia jätteen kiinteytykseen ja kapselointiin. Ongelmallisten radioisotooppien, kuten ¹³⁷ Cs sitominen matriisiin hilarakenteeseen ja hyvä kestävyys liukenemista vastaan antaa uusia mahdollisuuksia. Sementtipohjaisessa orgaanisen jätteen kiinteytyksessä on niiden kemiasta johtuen yhteensopivuusongelmia sementin hydrataation häiriintymisen takia. Lisäksi sementtipohjainen kiinteytyks perustuu lähinnä fysikaaliseen kapseloitumiseen. Tässä tutkimuksessa keskitytään		

geopolymeerien käyttöön kiinteytyksessä ja kapseloinnissa. Erityisesti keskitytään orgaanisen materiaalin vaikutuksiin mikro- ja makrotason rakenteellisiin muutoksiin sijoitusolosuhteissa. Hyvä radioisotooppien ja muiden haitallisten aineiden sitoutuminen ja hyvä säilyvyys tullaan verifioimaan tässä hankkeessa. Tämä luo uusia turvallisempia ja ympäristövaikutuksiltaan parempia mahdollisuuksia jätehuoltoon, ja siis potentiaalisia taloudellisia etuja.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

Vähintään kaksi tieteellistä artikkelia tai esitystä julkaistaan hankkeen kuluessa. Sopivia lehtiä ovat esim: Rakennustekniikka, Betoni, Cement and Concrete Composites.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Sopivia foorumeita ovat esimerkiksi: Nugenia+ tilaisuudet, IGD-TP vuosittainen foorumi, Waste Management konferenssi, Nordic Concrete Researc Symposium (Tanska 2017)

Opinnäytteet

Työn tuloksia tullaan käyttämään Tapio Vehmaksen väitöskirjan osana.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Tutkimus järjestää kaksi workshop -tyyppistä tilaisuutta, vuonna 2015 ja hankkeen loppupuolella 2018.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemeissä (YRMA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Risk assessment of radioactive waste: development of radioecological modelling for terrestrial and aquatic ecosystems		
Tutkimuslaitos Itä-Suomen yliopisto, Ympäristö- ja biotieteiden laitos	Vastuuhenkilö Jukka Juutilainen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus, muut turvallisuustutkimukset, biosfääritutkimukset loppusijoituksen turvallisuuden kannalta		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa KYT2010-ohjelman hankkeelle "Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisen ekologinen riskinarviointi metsäekosysteemeissä" ja KYT2014-ohjelman hankkeelle "Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen empiirisen aineiston valossa". Hankkeen suunnitellaan jatkuvan tammikuuhun 2019 saakka.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Tampereen teknillinen yliopisto, Säteilyturvakeskus	Ulkomaiset organisaatiot Tukholman yliopisto, Norjan ympäristö- ja biotieteiden yliopisto, Statens strålevern	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Hankkeen yleisenä tavoitteena on tarkentaa suomalaisiin metsä- ja vesiekosysteemeihin soveltuvaa radioekologista mallintamista ja sen käyttöä loppusijoituksen mahdollisten riskien arviointiin. Erityinen huomio keskittyy radionuklidien siirtymiseen sellaisiin boreaalisen kasvillisuusvyöhykkeen avainlajeihin, joista on vähän aiempaa tietoa. Tavoitteena on myös kehittää radioekologisia malleja siten, että ne perustuvat entistä parempaan teoreettiseen ja empiiriseen ymmärrykseen alkuaineiden siirtymisestä eliöihin.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 Väitöskirja 1 Pro gradu -työ
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisen turvallisuusanalyysiin liittyvässä biosfäärimallinnuksessa tarvitaan tietoa radionuklidien siirtymisestä maaperästä ja vedestä eliöihin. Suomalaisiin ympäristöolosuhteisiin tarkennettu tieto ja kehittyneempi radioekologinen mallintaminen parantavat arvioiden luotettavuutta. Potentiaalisia hyödyntäjiä ovat kaikki ne tahot, jotka tarvitsevat ydinjätteiden mahdollisten riskien arviointiin liittyvää biosfäärimallinnusta.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Osaprojekti 1: Vesiekosysteemitutkimukset <ul style="list-style-type: none"> • Vuoden 2015 näytteiden (vesi, sedimentti, sedimenttieläimet) analyysitulosten tulkinta • Uusien näytteiden (vesi, sedimentti, surviaissäaskan toukat, kalat) otto ja analysointi Osaprojekti 2: Radioekologisen mallintamisen kehittäminen <ul style="list-style-type: none"> • Kaksi tieteellistä artikkelia (toinen edellisen KYT2014-hankkeen aineistosta) • Väitöskirja 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit 1. Artikkelit v. 2013 tehdyistä kokeista, joilla selvitettiin ravinnetason (typpi) vaikutusta alkuaineiden siirtymiseen maasta kasveihin 2. Artikkelit alkuaineiden siirtymisestä vesiekosysteemeissä Opinnäytteet Väitöskirja (Tiina Tuovinen)		

Edellisen hankkeen aineistoon perustuva Pro gradu –tutkielma (Toni Savolainen)

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

KYT2018-ohjelman raportit, seurantakokoukset ja seminaarit

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018)
Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Alternative methods for biosphere modelling and their evaluation		
Tutkimuslaitos Tampereen teknillinen yliopisto, Porin laitos	Vastuhenkilö Tarmo Lipping	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus, muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tutkimus on jatkoa TTY:n Porin laitoksen KYT2018-2015 biosfääritutkimukselle ja nyt haettava hanke on nelivuotisen suunnitelman toinen (2016) vuosi.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot EnviroCase Oy	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tutkimus liittyy keskeisesti ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen, biosfäärimallinnukseen sekä radionuklidien kulkeutumisen mallintamiseen eri skenaarioiden tapauksessa. Hankkeessa tutkitaan miten eri mallit ja niiden parametrit vaikuttavat radionuklidien leviämiseen ympäristössä ja sitä kautta ihmisiin. Pääpaino tutkimuksessa on eriasteisten biosfäärimallien yksinkertaistamisella ja vertailulla vastaaviin kirjallisuudessa esitettyihin malleihin. Simulaatiomallit tulevat olemaan avoimen jakelukanavan kautta kaikkien saatavilla.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Simulaatiomalli, tietokone	Julkaisujen lukumäärä v. 2015 tuloksista 2 julkaisua tieteellisissä lehdissä + 1 konf.p v. 2016-2018 yhteensä: yli 4 julkaisua tieteellisissä lehdissä + muita julkaisuja	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tutkimuksen tavoitteena on saada aikaan yksinkertaisempia biosfäärimalleja vähentämällä mallien parametreja ja luoda niistä kokonaisuus, jolla biosfäärimallinnuksen asiantuntija voi testata eri parametrien vaikutusta radionuklidien kulkeutumiseen.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Vuoden 2015 mallin järven korvaaminen suolla, savisedimenttien lisääminen suomalliin, marjat ja sienet radionuklidien siirtoreitissä ihmisiin, mallin syöttöparametrien keskinäisen riippuvuuden tarkastelu, epälineaarisiin siirtokertoimiin liittyvän yhteistyön aloittaminen Itä-Suomen yliopiston kanssa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset		

Pohjola et al. 2016

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2016. Probabilistic assessment of the influence of lake properties in cumulative radionuclide doses to humans. Submitted to Journal of Environmental Radioactivity.

Ryhmämme toimesta on aiemmin julkaistu seuraavia aihepiiriin liittyviä töitä:

Jari Pohjola, 2014. Probabilistic Modeling of Landscape Development and Surface Water Body Formation. Doctoral Thesis, 1266, Tampere university of technology.

Anna Eteläaho, Teemu Kumpumäki, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Anne Nummela, 2014, Windmill farm visualization in Western Finland. Journal of Architectural and Planning Research (Accepted to be published).

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2014. Biosphere development modeling based on statistical framework. Computers & Geosciences, vol. 62, pp. 43-52.

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2013. Evaluation and Assessment of Arctangent based Post-glacial Land Uplift Model. EARSeL eProceedings, vol. 12, (2), pp. 82-93.

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping. 2012. Statistical Estimation of Land Uplift Model Parameters Based on Archaeological and Geological Shore Level Displacement Data. Posiva Working Report 2012-86. Posiva Oy, Eurajoki, Finland. 41 pages.

Jari Pohjola, Tarmo Lipping, Jari Turunen, Ari T.K. Ikonen, 2012. Evaluation and assessment of arctan-based post-glacial land uplift model. Proc. of 4th EARSeL Workshop on Remote Sensing and Geology, Mykonos, Greece, May 24-25, 2012, pp. 52-60.

Teemu Kumpumäki. Kamerajärjestelmän ja kuvankäsittelymenetelmien kehittäminen kallioseinämän muutosten tarkkailuun. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, 2011.

Ari T. K. Ikonen and Tarmo Lipping (eds.), 2011. Proceedings of a Seminar on Sea Level Displacement and Bedrock Uplift. June 10.-11. 2010, Pori, Finland. Working Report No 2011-07, Posiva Oy, 2011

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, 2010. Pässe's Semi-Empirical Model Re-Implemented. in Proc. of Seminar on Sea Level Displacement and Bedrock Uplift 10-11.6.2010, Pori, Finland, Ari Ikonen and Tarmo Lipping (Eds.), Posiva Working Report 2011-07, Posiva Oy, Eurajoki, Finland, pp. 37- 46.

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2010. Statistical estimation of land uplift model parameters for landscape development modeling in ArcGIS

environment. *Advances in Geoinformation Technologies 2010*, Jiri Horak, Lena Halounova, Tomas Hlasny, Dagmar Kusendova and Vit Vozenilek (Eds.) VSB-Technical University of Ostrava, Czech Republic, pp. 121-134.

Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2009. *Creation and Error Analysis of High Resolution DEM Based on Source Data Sets of Various Accuracy*. In: *3D GeoInformation Sciences: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, J. Lee and S. Zlatanova (Eds.) Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 341-353

Jari Pohjola. *Korkearesoluutioisen tilastollisen korkeusmallin luominen thin plate spline -interpolointia käyttäen*. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, 2008.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi KARMO II – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi KARMO II – Mechanical Properties of Rock Joints		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto	Vastuhenkilö Mikael Rinne	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) KARMO I 2014 -> KARMO II 2015-2016 -> KARMO III 2017-2018		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto-yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot KTH Royal Institute of Technology	Muut tutkimusohjelmat
Tutkimuksen tavoite KARMO:n tavoitteena on kehittää menetelmä kallion rakopintojen mekaanisten ominaisuuksien määrittämiseksi numeerista mallinnusta varten laboratoriomittakaavan replikakoesarjan avulla.		
Tuloskategoria 1. mittausaineisto ja 3D-mallit 2. laatuohje fotogrammetriaan	Julkaisujen lukumäärä 2 konferenssijulkaisua	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 diplomityö
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tulokset tulevat tutkijoiden ja viranomaisten käyttöön ja niitä voidaan käyttää arvioitaessa erilaisten raon hyväksymiskriteerien ja rakojen siirtymäanalyysin mallinnuksen hyväksyttävyyttä. Valtaosaa tutkimushankkeen tuloksista käytetään numeerisen mallinnuksen lähtötietoina, kun mallinnetaan rakojen mekaanista vastetta tai siirtymää.		
Sisällölliset tulokset osaprojekteittain 1 Fotogrammetrisen menetelmän kehitystehtävä: Fotogrammetrista menetelmäkuvausta täydennetään lisätutkimuksin ja se raportoidaan helposti toistettavassa muodossa. 2 Replikaatioprosessin todennus- ja kehitystehtävä: Ei jatku tutkimusvuonna 2016. 3 Kallistuspöytäkoekokeet: Tuore graniittilaatta halkaistaan, skannataan ja koestetaan kallistuspöydällä vertailuaineiston tuottamiseksi numeerista mallinnusta varten. Suurempi kallistuspöytä hankitaan ja suuremmille näytteille tehdään numeeriset ennusteet. 4 Jatkuvan raon mallintaminen: Yhteistyössä KTH:n kanssa takaisinlasketaan 60x60 ja 200x200 (mm x mm) kokoiset tuoreet rakopinnot. Mallinnuksessa käytetään Irazu FEMDEM -ohjelmistoa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt - <i>Tilt testing experiment to validate the photogrammetrically predicted friction angle</i> (diplomityö) - <i>Photogrammetric calculation of JRC for rock slope support design</i> (konferenssijulkaisu) - <i>Predicting shear strength of rock joints using 2D discrete element method</i> (konferenssijulkaisu)		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT-seminaareihin osallistuminen, Aallon ja yhteistyökumppanien tiedotuskanavat sekä KARMO-tutkimushankkeen verkkosivu, jossa julkaisut ja opinnäytetyöt ovat vapaasti kaikkien ladattavissa.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi ROSA: Fracture simulator which respects the measured fracture length and orientation distributions		
Tutkimuslaitos Geologian tutkimuskeskus	Vastuhenkilö Eevaliisa Laine	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkohanke 2015 KYT2018 hankkeelle ja aiemmalle Kalliolaatu-hankkeelle (KYT2015). Hanke on suunniteltu nelivuotiseksi ja haku koskee hankkeen toista vuotta.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto-yliopisto, CSC, POSIVA	Ulkomaiset organisaatiot Nancyn yliopisto, NGU	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tavoitteena on luoda rakosimulaatio-tietokoneohjelma ja käyttöliittymä sen käyttämiseen sekä tuloksen validointiin. Tulokset jaetaan tieteellisten julkaisujen kautta käyttäjille.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Tietokoneohjelma	Julkaisujen lukumäärä 1 referee-tason julkaisu ja 1 tai useampi konferenssijulkaisu tai raportti	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Lyhyellä tähtäimellä ONKALOn suunnittelijat Pitkällä tähtäimellä kalliorakentajat, lämpökaivosuunnittelijat, pohjaveden virtauksen ja radionuklidien kulkeutumismalleja sekä kivimassan kalliomekaanista käyttäytymistä mallintaessa.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Osaprojekti 1: ROSA-rakosimulointikoodi, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus-, suunta- ja pintaominaisuusjakaumia (Markovaara-Koivisto (GTK) vastaa) Osaprojekti 2: Rakosimuloinnin geologinen ja fysikaalinen validointi sekä havaittujen rakogeometrioiden käyttö rakosimuloinnissa. Tässä käytetään valmiita algoritmeja ja testauksessa ISATIS- ja GOCAD-ohjelmistoja sekä GTK:n hauraan deformaation asiantuntemusta (Laine(GTK) vastaa)		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset 1, Markovaara-Koivisto, Mira, Laine, Eevaliisa ja Rasilainen, Kari, 2016. Kallioperän rikkonaisuuden mallinnus Suomessa. ATS (käsikirjoitus jätetty 5.2.2016) Konferenssijulkaisut ja työraportit 1		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Kallion rakoilua käsittelevät seminaarit (1.: 3.12.2015)		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018)
Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi Turvallisuuden hallinta Suomen ja Ruotsin ydinjäteregeimeissä		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Governing Safety in Finnish and Swedish Nuclear Waste Regimes (SAFER)		
Tutkimuslaitos Tampereen yliopisto, johtamiskorkeakoulu	Vastuuhenkilö Matti Kojo	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuolto ja yhteiskunta, Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Tämä hakemus on jatkumoa vuonna 2015 esitetyille SAFER-tutkimussuunnitelmalle, joka kattoi yleisellä tasolla vuodet 2015–2018. Tällä hakemuksella haetaan rahoitusta vuodelle 2016. Vuosien 2017–2018 hakemukset tehdään erikseen. Hanke jatkaa Jyväskylän ja Tampereen yliopistojen monivuotista KYT-tutkimusten sarjaa. Tutkimusryhmän KYT2010-ohjelmakauden aikainen toiminta kansainvälisti aihepiirin suomalaista tutkimusta mm. EURATOMin FP7 InSOTEC-hankkeessa.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Jyväskylän yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot Michigan Technological University, Norwegian University of Science and Technology, University of Oslo, Centre for Technology, Innovation and Culture	Muut tutkimusohjelmat, tms. Suomen Akatemian “Societal-Institutional Regulation of Nuclear Fuel Cycle in Finland and Sweden” -projekti, Suomen akatemian “Social License to Operate” -projekti, SAFIR2018 Management principles and safety culture in complex projects –hankkeen WP2 Nuclear specific requirements for complex projects / VTT
Tutkimuksen tavoite Parantaa ymmärrystä suomalaisesta ydinjäteregeimistä ja erityisesti sen jatkuvuudesta, muutoksista ja joustavuudesta muuttuvassa yhteiskunnallisessa ja sosio-teknisessä kontekstissa.		

Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma)	Julkaisujen lukumäärä 4	Opinnäytetöiden lukumäärä 2
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Projekti tarjoaa mahdollisuuden nykyisen hallinnallisen lähestymistavan, toimintamallien ja periaatteiden tarkasteluun ja auttaa ennakoimaan loppusijoitukseen liittyviä huolenaiheita ja haasteita, sekä tuottaa tietoa tulevaa päätöksentekoa varten.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Osaprojekti 3. Selvitetään millaisia käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyviä eettisiä aiheita on noussut esiin johtavissa sanomalehdissä Suomessa ja Ruotsissa. Yhteenveto loppusijoituksen eettisiä aiheita ja tiedonhankintaa koskevan asukaskyselyn tuloksista. Kyselyn toteuttaa Jyväskylän yliopisto Suomen Akatemian rahoituksella.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset "A comparison of the Finnish and Swedish print media discussion related to the final disposal of spent nuclear fuel" (Working title), Journal of Intergrative Environmental Sciences (alustavasti) "Ethical issues and questions related to final disposal of SNF in Finland and Sweden: Comparison of print media discussion in the leading newspapers" (Working title) Konferenssijulkaisut ja työraportit "Print media attention to disposal of spent nuclear fuel. A comparative study between Finland and Sweden", 4S/EASST konferenssi, 31.8.–3.9.2016, Barcelona, Espanja, "Ethical issues related to final disposal of SNF in the print media", YHYS kollokvio, marraskuu 2016, Suomi (tarkempi ajankohta ja paikka ilmoitetaan myöhemmin) Opinnäytteet Mikan Karin väitöskirja (Jyväskylän yliopisto) Petra Kuisman pro gradu -tutkielma (Jyväskylä yliopisto)		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Yhteinen seminaari, yhteistyö SAFER - SAFIR2018 Management principles and safety culture in complex projects –hankkeen WP2 Nuclear specific requirements for complex projects / VTT Marja Ylönen		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018)
Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning)		
Tutkimuslaitos VTT Technical Research Centre of Finland	Vastuuhenkilö Wade Karlsen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Infrastructure supporting capsule and buffer and back-fill material as well as microbiological research		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Previously funded only in Safir.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, power companies	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite To execute the radiological facility infrastructure renewal in accordance with the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta" (HE320/2014).		
Tuloskategoria Infrastructure	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) The result is a national research infrastructure that can be utilized by VTT and partners for carrying out research and testing related to safe operation of nuclear power plants and the final storage of waste thereof.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) The execution of the infrastructure renewal is via a project portfolio whereby the RADLAB project carries out the work associated with the tasks, but the facility costs of the radiological laboratory are supported directly by RADCNS, while particular equipment investment costs are actually paid from the RADINFRA project. All three projects utilized the same structure in accordance with the description in the RADLAB project. The RADLAB project involves efforts in four main areas: hot cell fabrication, installation and commissioning; hot laboratory equipment procurement and nuclearization; design, fabrication and installation of self-built research facilities; and design, fabrication and installation of materials handling and storage facilities. Additionally, management of the hot cell renewal as a part of the overall infrastructure commissioning and ramp-up of operations is coordinated as a task of this project.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Main emphasis is on conference presentations profiling the infrastructure. Scientific publications are expected within projects that utilized the resulting infrastructure.		

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Communications is a part of the project, involving preparation of writings for more general consumption in VTT Impulssi and occasional press releases. A seminar profiling the new VTT Centre for Nuclear Safety will be held once the office wing of the new facilities is in use and the laboratory wing is close to being released to VTT.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety)		
Tutkimuslaitos VTT Technical Research Centre of Finland	Vastuuhenkilö Wade Karlsen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Infrastructure supporting capsule and buffer and back-fill material as well as microbiological research		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) This is a new funding instrument per "Laki ydinenergiain muuttamisesta (HE320/2014)."		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, power companies	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite To execute the radiological facility infrastructure renewal in accordance with the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta" (HE320/2014).		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Infrastructure	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) The result is a national research infrastructure that can be utilized by VTT and partners for carrying out research and testing related to safe operation of nuclear power plants and the final storage of waste thereof.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) The infrastructure for radioactive materials research and testing involves facilities, equipment and competent users. This RADCNS project is dedicated only to facility costs associated with the radiological laboratory infrastructure renewal. The infrastructure renewal process itself is executed through the complementary RADLAB project in SAFIR2018. According to the change in law made on the initiative of the Ministry of Employment and the Economy (MEE), the laboratory facility costs could be supported by VYR at a maximum level of 2.700 k€/year, starting in 2016 when the facilities will be released to VTT. The laboratory facility costs include an annual facility rental charge of 2,1M€ (without VAT), as well as electricity and facility upkeep. The facility maintenance is comprised of facility cleaning that is outsourced, as well as the mechanicals maintenance that is the responsibility of VTT. The building rent is mainly aimed at repaying the costs of constructing the facility, and therefore is the means by which the infrastructure costs are realized for VTT. The applied funding includes appropriate VAT based on the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta (HE320/2014).		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Main emphasis is on conference presentations profiling the infrastructure. Scientific publications are expected within projects that utilized the resulting infrastructure.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Communications is a part of the project, involving preparation of writings for more general consumption in VTT Impulssi and occasional press releases. A seminar profiling the new VTT Centre		

for Nuclear Safety will be held once the office wing of the new facilities is in use and the laboratory wing is close to being released to VTT.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2016

Tutkimushankkeen nimi		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments)		
Tutkimuslaitos VTT Technical Research Centre of Finland	Vastuuhenkilö Wade Karlsen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Infrastructure supporting capsule and buffer and back-fill material as well as microbiological research		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) This is a new funding instrument per "Laki ydinenergiain muuttamisesta (HE320/2014)."		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, power companies	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite To execute the radiological facility infrastructure renewal in accordance with the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta" (HE320/2014).		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Infrastructure	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) The result is a national research infrastructure that can be utilized by VTT and partners for carrying out research and testing related to safe operation of nuclear power plants and the final storage of waste thereof.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) The infrastructure for radioactive materials research and testing involves facilities, equipment and competent users. The RADINFRA project directly supports the costs of the infrastructure equipment, to be installed in the facilities supported by RADCONS, the process of which is executed in RADLAB. According to the change in law made on the initiative of the Ministry of Employment and the Economy (MEE), the infrastructure investments would be supported by VYR at a level of 3.600 k€/year for 5 years starting in 2016, and enable retroactive claiming even of 2015 investments. This mechanism utilizes the investment aid procedure made available to VTT when it became VTT Ltd. beginning in 2015. The vast majority of the investment expenses in the RADINFRA project will be realized in the 2015 through 2017 period when the electron microscopes and the hot cells themselves are purchased and installed in the new facility, and the supporting facilities are constructed and installed. Therefore subsequent years will include retroactive cost claims as well. This RADINFRA project is dedicated only to infrastructure investment costs, the process of which is executed through the complementary RADLAB project in SAFIR2018. The applied funding includes appropriate VAT based on the law and reasoning of "Laki ydinenergiain muuttamisesta (HE320/2014). The RADINFRA project supports investments in four main areas: the hot cell fabrication, installation and commissioning; hot laboratory equipment procurement and nuclearization; design, fabrication and installation of self-built research facilities; and design, fabrication and installation of materials handling and storage facilities.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		

Main emphasis is on conference presentations profiling the infrastructure. Scientific publications are expected within projects that utilized the resulting infrastructure.

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)

Communications is a part of the project, involving preparation of writings for more general consumption in VTT Impulssi and occasional press releases. A seminar profiling the new VTT Centre for Nuclear Safety will be held once the office wing of the new facilities is in use and the laboratory wing is close to being released to VTT.

Liite 2 KYT2018 organisaatio³ 2016
KYT2018 Johtoryhmä

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Jarkko Kyllönen (Kaisa-Leena Hutri)	STUK	pj.
Mikko Paunio (Jari Keinänen)	STM	
Miliza Malmelin (Magnus Nyström)	YM	
Sami Hautakangas (Kristiina Söderholm)	Fortum	
Marjut Vähänen (Lasse Koskinen)	Posiva	
Nina Paaso (Liisa Heikinheimo)	TVO	
Linda Kumpula (Jorma Aurela)	TEM	varapj.
Mia Ylä-Mella (Ville Koskinen)	Fennovoima	asiantuntija

KYT2018 Tukiryhmä I: Puskuri, täyteaineet ja kapseli

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Marko Alenius	STUK	pj.
Rainer Laaksonen	STUK	varapj.
Jaakko Leino	STUK	
Ari Luukkonen	STUK	
Pasi Kelokaski	Fortum	
Seppo Kasa	Posiva	
Marja Vuorio	Posiva	
Kirsi Weckman (Maria Palomäki)	TVO	

KYT2018 Tukiryhmä II: Turvallisuuden arviointi ja innovaatiot

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Reda Guerfi	STUK	
Arto Isolankila	STUK	
Petri Jussila	STUK	pj.
Jarmo Lehikoinen	STUK	
Paula Ruotsalainen	STUK	
Tapani Eurajoki (Karita Kajanto)	Fortum	
Anne Kontula	Posiva	
Tuire Haavisto (Samu Myllymaa)	TVO	

³ Henkilömuutokset ovat mahdollisia, tässä esitetyt listat perustuvat vuoden 2015 lopun tilanteeseen.

KYT2018 Tukiryhmä III: Yhteiskunta ja ihminen

Jäsen	Organisaatio	Tehtävä
Linda Kumpula	TEM	pj.
Juhani Tirkkonen	TEM	
Jarmo Lehtinen	STUK	
Susan Pietilä	Posiva	
Maira Kettunen	Fennovoima	asiantuntija
Juha Poikola	TVO	
Miliza Malmelin	YM	
Heli Kurki	Fortum	

Koordinaattori Kari Rasilainen (VTT) toimii johtoryhmän sihteerinä. Tarkempi kuvaus organisaation osien työnjaosta on toimintaohjeessa (<http://kyt2018.vtt.fi/>).

Liite 3 KYT2018 hankeseuranta 2016

KYT2018-ohjelmassa tutkimushankkeiden edistymisen seuranta ja tieteellinen ohjaus on tukiryhmien vastuulla. Kullekin tukiryhmälle on asetettu seurattavat hankkeet sen tieteellisen kokemuksen ja asiantuntemuksen perusteella. Seurattavat hankkeet kuuluvat niihin, joiden hanke-esitykset kyseinen tukiryhmä arvioi vuoden 2016 hankehaun yhteydessä. Käytännön seurantatyö tapahtuu muun muassa erityisissä seurantakokouksissa ja näitä kokouksia varten tukiryhmät I ja II ovat v. 2016 jakaneet rahoitusta saaneet tutkimushankkeet aihepiireittäin alla oleviin seurantaryhmiin.

Tukiryhmä I Puskuri, täyteaineet ja kapseli (Marko Alenius)

1. Puskuri- ja täyteaineiden toimintakyky

Koordinoitu hankekokonaisuus **THEBES** (hankekoordinaattori lihavoituna)

- THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers; **Wojciech Solowski, Aalto**
- THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers; Veli-Matti Pulkkanen, VTT
- THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers), X-ray tomography and modelling; Markku Kataja, JYFL
- THEBES - THMC Behaviour of the Swelling Clay Barriers; Kai Hiltunen, Numerola

Muut hankkeet

- Bentonitiin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus (BENTO); Pirkko Hölttä, HYRL
- Bentonite swelling pressure; Tapani Pakkanen, UEF

2. Kapselin toimintakyky

Koordinoitu hanke **KAPSELI** (hankekoordinaattori lihavoituna)

- Experimentally verified model based predictions for the integrity of the copper overpack (PRECO); **Juhani Rantala, VTT**
- Kuparikapselin mekaaninen lujuus (MECHACOP); Hannu Hänninen, Aalto
- Reaktiotuotteiden vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen olosuhteissa (REPCOR); Jari Aromaa, Aalto
- Mikrobiologisen toiminnan vaikutus kuparin korroosioon loppusijoituksen hapettomissa olosuhteissa (BASUCA); Leena Carpen, VTT
- Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR); Pauliina Rajala, VTT

3. Kallioperä

- KARMO II – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet, Mikael Rinne, Aalto
- ROSA: Rakosimulaattori, joka kunnioittaa rakojen mitattuja pituus- ja suuntajakaumia; Eevaliisa Laine, GTK

4. Matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitus

- Applicability of Geopolymers in Nuclear Waste Management (GeoP-NWM); Eila Lehmus, VTT

Tukiryhmä II Turvallisuuden arviointi ja innovaatiot (Petri Jussila)

5. Turvallisuusperustelu

Koordinoitu hankekokonaisuus **TURMET** (hankekoordinaattori lihavoituna)

- **TURMET** - Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi osa 1; **Suvi Karvonen, VTT**
- Turvallisuusperustelun metodiikan systematisointi (TURMET) osa 2; Ahti Salo, Aalto

6. Nuklidikulkeutuminen

- Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; Kallion in situ tutkimukset (RaKu); Marja Siitari-Kauppi, HYRL
- C-14 vapautuminen metallijätteestä (Hiili-14); Kaija Ollila, VTT
- Rakovirtaus-, matriisidiffuusio- ja sorptiomallinnus hila-Boltzmann menetelmällä; Jukka Maalampi, JYFL
- Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä; Jukka Lehto, HYRL

7. Mikrobiologian vaikutukset

Koordinoitu hanke **MILORI** (hankekoordinaattori lihavoituna)

- Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituksen mikrobiologia (MAKERI); **Minna Vikman, VTT**
- Matala- ja keskiaktiivisen metallijätteen mikrobiologinen korroosio (CORLINE); Leena Carpén, VTT
- Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolia loppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO); Hanna Miettinen, VTT

Muut hankkeet

- Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS); Riikka Kietäväinen, GTK

8. Biosfääri

- Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemissä (YRMA); Jukka Juutilainen, UEF
- Biosfäärimallinnuksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA); Tarmo Lipping, TTY

9. Ydinjätehuollon teknologiat

- Kehittyneet polttoainekierrot - Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT); Risto Koivula, HYRL
- Kehittyneet polttoainekierrot – Skenaario- ja inventaarilaskenta; Tuomas Viitanen, VTT

Tukiryhmä III Yhteiskunta ja ihminen (Linda Kumpula)

10. Yhteiskuntatiede

- Governing Safety in Finnish and Swedish Nuclear Waste Regimes (SAFER); Matti Kojo TY

N.B. Infrahankkeen RADLAB (Radiological Laboratory Commissioning), Wade Karlsen, VTT, seuranta toteutetaan SAFIR2018 ohjelman tukiryhmän 6 kautta, jonka kokouksiin KYT2018-tukiryhmän puheenjohtajalle ja KYT2018 koordinaattorille varataan edustus. Muiden tutkimusohjelman infrahankkeiden RADCNS (Radiological laboratory facility costs of the Centre for Nuclear Safety) ja RADINFRA (Radiological laboratory equipment infrastructure investments) seuranta toteutetaan työ- ja elinkeinoministeriössä.