

KYT2018

KANSALLINEN YDINJÄTEHUOLLON
TUTKIMUSOHJELMA
2015-2018

Vuosisuunnitelma
2015

Kari Rasilainen

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
1. Johdanto	4
2. Tutkimusohjelman tavoitteet	6
3. Tutkimushankkeet vuonna 2015	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
Viitteet	20
Liite 1 KYT2018 hankekohtaiset hakuyhteenvedot 2015	21
Liite 2 KYT2018 organisaatio 2015	58
Liite 3 KYT2018 hankeseuranta 2015	60

ESIPUHE

Tämä on Kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman (KYT2018) sisällöllinen vuosisuunnitelma vuodelle 2015. 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. Laitosten rakentaminen aloitetaan luvan myöntämisen jälkeen. Lupa saataneen vuoden 2015 aikana. Laitoksille haetaan käyttö lupaa siten, että loppusijoitusvalmius saavutettaisiin noin vuonna 2020. Hankkeen aikataulu tarkentuu rakentamislupahakemuksen käsittelyn yhteydessä.

Ohjelmakaudella on tarkoitus ottaa nyt rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö (Olkiluoto 3) käyttöön ja edetä vuonna 2010 Hanhikivi 1 –ydinvoimalaitokselle myönnetyn periaatepäätöksen mukaisesti rakentamislupavaiheeseen.

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 käyttö lupien 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. Rakennuksen määrä olla valmis vuoden 2016 loppupuolella. 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 päättymässä, uusi Horizon 2020 -ohjelma vuosille 2014–2020 on hyväksytty ja 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 hyödynnettäviksi esimerkiksi opinnäytetöissä.

KYT-tutkimusohjelmaan osallistuvat korkeakoulut ja yliopistot vastaavat oman strategiansa mukaisesta perus- ja jatko-opiskelijoiden koulutuksesta sekä tutkimustyöstä. Tutkimuspalveluita tarjoavat organisaatiot, esimerkiksi VTT, vastaavat puolestaan oman osaamisensa kehittamisestä 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 tiedonvälitysfoorumina. 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.

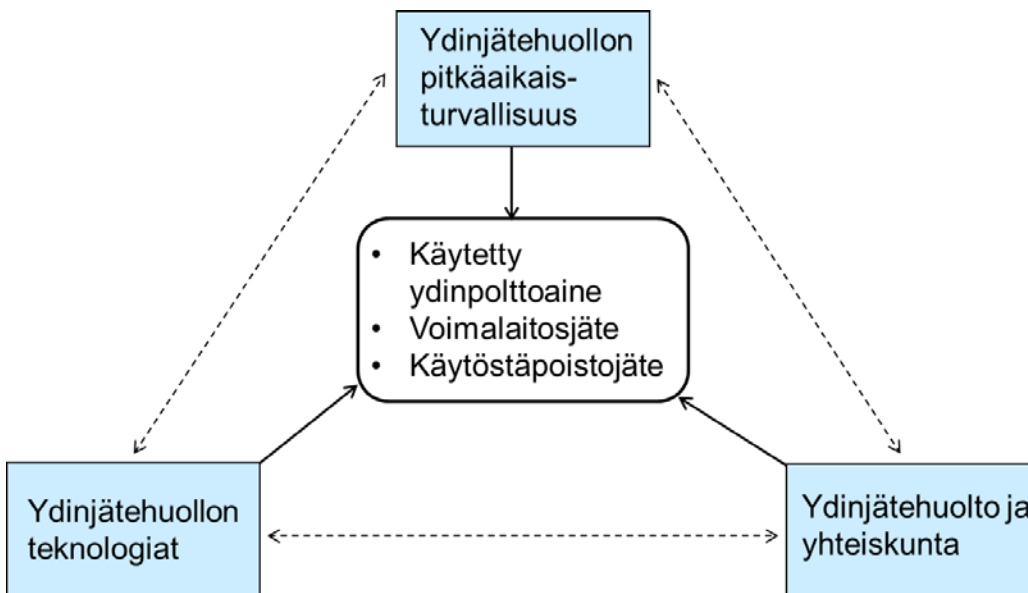
Valtion ydinjätehuoltorahasto (VYR) rahoittaa vuosittain ydinjätehuollon tutkimushankkeita työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) esityksen perusteella. TEM:n esitys perustuu KYT-johtoryhmän rahoitussuosituksen. Vuosittain jaettava rahamäärä perustuu jätehuoltovelvollisten vastuumääriin. Tutkimuskaudella 2015–2018 on tutkimukseen osoitettavissa noin 1,8 miljoonaa euroa vuosittain.

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.

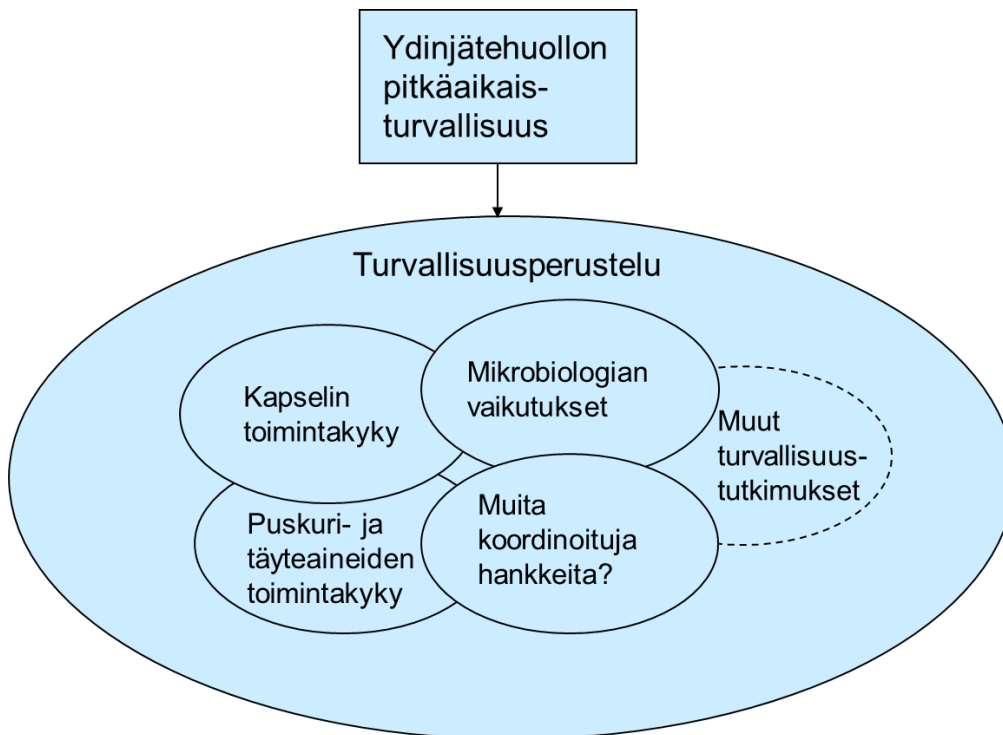
KYT2018-ohjelman tutkimussisältöön, raportointiin ja tiedonvälitykseen liittyvät tavoitteet on esitetty tarkemmin KYTin puiteohjelmassa (TEM 2014). Tutkimusohjelman sisäinen työnjako on kuvattu toimintaohjeessa (<http://kyt2018.vtt.fi/>).

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 olisi 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 2015

Vuoden 2015 hankehakuun lähetettiin yhteensä 45 tutkimushanke-esitystä ja yhteenlaskettuna VYR-rahoitusta haettiin 3,6 M€ Hanke-esitykset arvioitiin sisällöllisesti tukiryhmissä ja arvioinnissa kiinnitettiin huomiota seuraaviin kriteereihin, jotka myös ilmoitettiin jo hankehaun kutsukirjeessä:

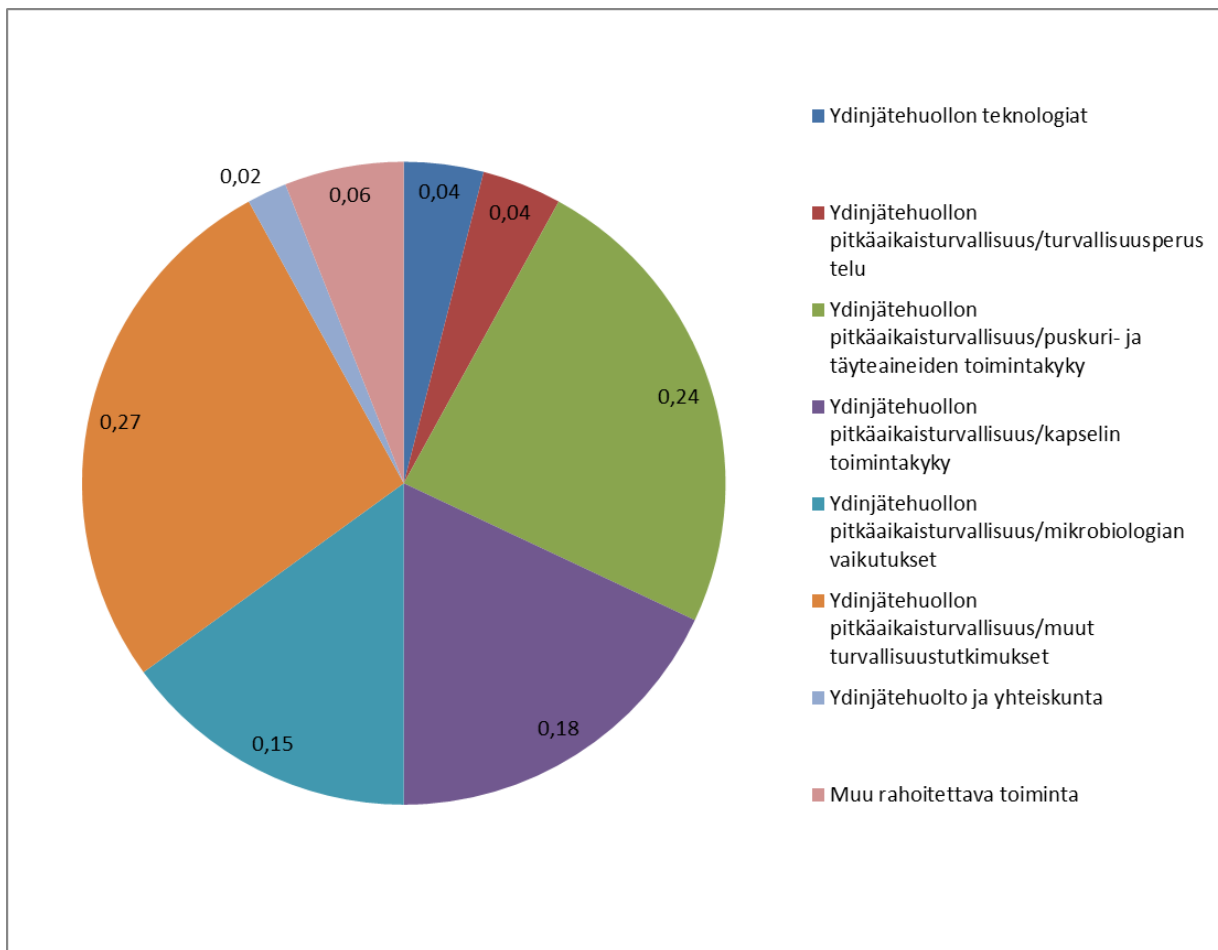
- merkittävyyttä ja hyödynnettävyyttä arvioidaan tutkimustarpeiden kannalta
- verkottuminen alan toimijoiden kesken tarkoittaa, että haetaan koottuja yhteisiä hankkeita ja ehyitä kokonaisuuksia
- koulutusvaikutus ja hanke-esityksen tieteelliset ansiot
 - uusien asiantuntijoiden kouluttaminen
 - uuden 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 hanke-esitysten yhteenlaskettu haettu VYR-rahoitus oli noin kaksinkertainen VYR-rahoitusvaraansa nähden.

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) teki johtoryhmän suosituksen pohjalta rahoitusesityksen, johon se pyysi lausunnon STUKilta. Valtion ydinjätehuoltoraasto (VYR) teki lopullisen rahoituspäätöksen

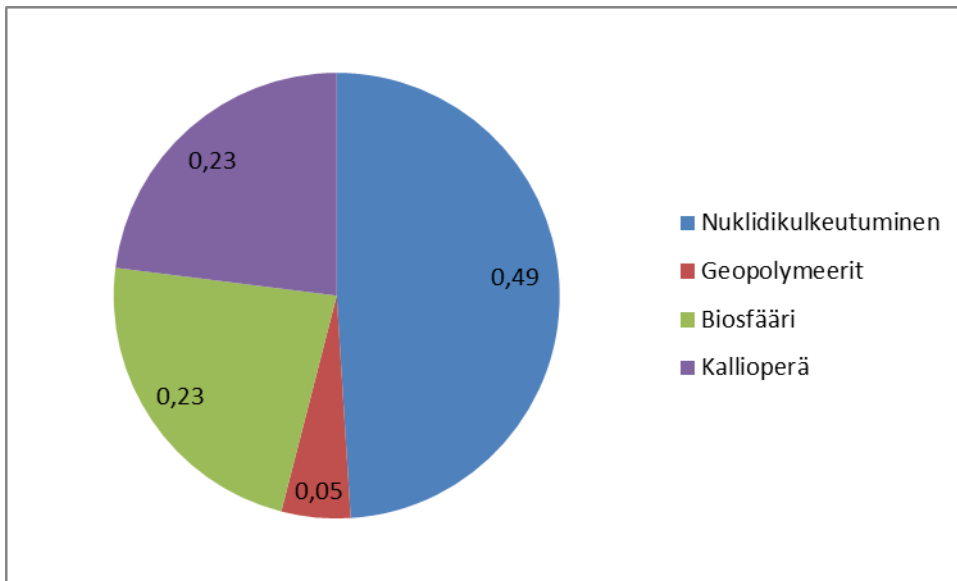
10.3.2015. Vuonna 2015 KYT2018-ohjelmalle myönnetty kokonaisrahoitus on n. 1,9 M€ Kaikkiaan tutkimusohjelmassa myönnettiin VYR-rahoitusta 29 tutkimushankkeelle. Tutkimushankkeiden lisäksi vuonna 2015 VYR:n varoista rahoitetaan tutkimusohjelman hallintohanke. VYR-rahoituksen jakautuminen eri tutkimusaihepiireihin on esitetty kuvissa 3 ja 4 ja eri tutkimuslaitoksille kuvassa 5.

Tutkimusohjelman kokonaisrahoitus v. 2015 on n. 2,8 M€ josta VYR kattaa n. 1,9 M€ ja tutkimuslaitokset itse kattavat n. 0,9 M€ Tutkimusohjelman kokonaislaajuus on n. 25,8 henkilötyövuotta¹.

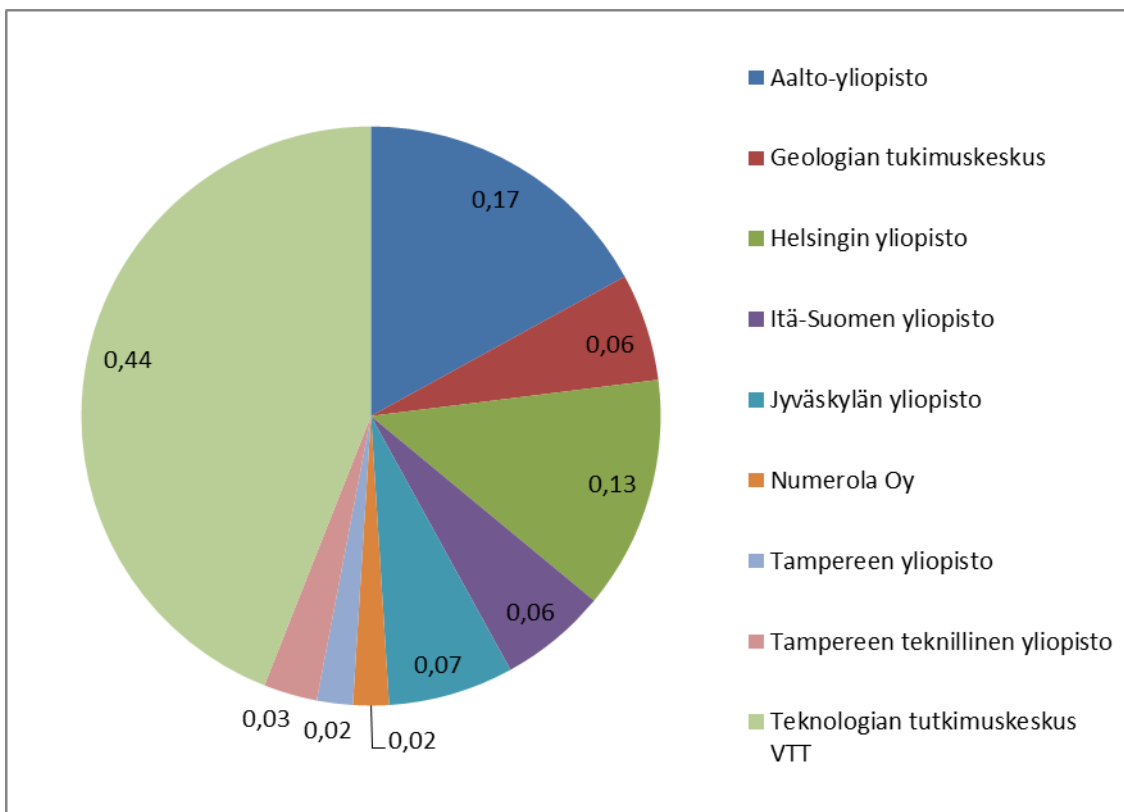


Kuva 3. KYT2018: VYR-kokonaisrahoituksen 1959 k€jakautuminen tutkimusaihepiireittäin vuonna 2015.

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



Kuva 4. KYT2018: Tutkimusaihepiirin Muut turvallisuustutkimukset suhteelliset VYR-rahoitusosuudet vuonna 2015.



Kuva 5. KYT2018: VYR-tutkimusrahoituksen 1959 k€jakautuminen tutkimuslaitoksittain vuonna 2015.

Seuraavassa esitellään lyhyt yhteenveto vuoden 2015 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 2015.

Vuonna 2015 hankekokonaisuus koostuu etupäässä ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuutta käsittelevistä tutkimushankkeista. Ydinjätehuollon teknologioita käsitteleviä tutkimushankkeita on kaksi ja yhteiskuntatieteellisiä tutkimushankkeita yksi.

3.1 Ydinjätehuollon teknologiat

Vuonna 2015 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

Hankkeen tavoitteena on tukea erilaisten polttoainekierron ratkaisujen tehokasta mallinnusta, jotka tähtäävät ydinjätteen määrän ja aktiivisuuden huomattavaan vähentämiseen. Hankkeessa keskeistä on osaamisen ja laskentaympäristön kehittäminen tätä varten. Tavoitteena on myös rakentaa tutkimusyhteistyötä Euroopassa EU:n tutkimusrahoituksen avulla. Hankkeessa kehitetään ydinpolttoainekiertojen analysointivalmiutta ja transmutaatiolaskentaa Suomessa. Tämä toteutetaan reaktorifysiikan mallintamisohjelmien (MCNP, Serpent, ERANOS ja CASMO-SIMULATE) sekä CEA:n kehittämän polttoainekierronmallinnusohjelman COSI6 avulla. Lisäksi seurataan alan kansainvälistä kehitystä ja tutkimusta. Ohjelmavalikoimalla kyetään analysoimaan sekä alikriittisiä että kriittisiä nopeita ja termisiä reaktoreita, arvioimaan transmutaatiolaitosten tehokkuutta ja simuloimaan polttoainekiertojen materiaaliavirtoja. Lisäksi pystytään mm. arvioimaan, miten nopeasti uudenlaisia ratkaisuja tarvitaan, jos ydinenergian käyttö kasvaa nopeasti. 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 systeemanalyysin näkökulmasta. Modernin systeemanalyysin keinoin pyritään kytkemään entistä läpinäkyvämmiin pitkäaikaisturvallisuuteen liittyvät vaatimukset turvallisuusanalyysin tekemisen tapaan. Hankkeen tieteellisenä tavoitteena on arvioida epävarmuuksien huomioon otton vaikutuksia turvallisuusanalyysin menetelmiin ja kehittää epävarmuuksien arviointiin teknisiä työkaluja, esimerkiksi skenaarioanalyysin keinoin. Osahanke 1 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 tueksi. Hankkeessa koulutetaan uusia asiantuntijoita alalle sekä VTT:llä että Aalto-yliopistossa.

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). Koordinoitussa 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 savialan laatu-lehdissä ja konferensseissa. Kehitettyä osaamista levitetään vuotuisten workshoppien avulla. Viranomaiset voivat käyttää tuloksia arvioidessaan ydinjätteiden loppusijoituksen lupahakemuksia. Tuloksia voidaan myös hyödyntää arvioitaessa bentoniittipuskurin ja täyteaineen käyttäytymistä alkuvaiheen vettymisvaiheessa. Tuloksia voidaan edelleen hyödyntää tutkimuskonsortion sisällä sekä koottaessa tutkimustietoa paisuvan savien käyttäytymisestä Suomessa ja ulkomailla.

Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus

Hankkeen yleisenä tavoitteena on tutkia bentoniitin eroosiota sekä radionuklidien ja bentoniittikolloidien tai mineraalien välisiä vuorovaikutuksia, soveltaa eri menetelmiä ja kouluttaa alalle uusia osaajia. Tavoitteena on tutkia eroosiossa syntyneen geelifaasin ominaisuuksia sekä kolloidien muodostumista ja stabiilisuutta sekä selvittää erityisesti aktinidien sorptiota/desorptiota soveltamalla eri menetelmiä aktinidin ja mineraalin välisen sidoksen luonteen tunnistamiseksi. Tuloksena saadaan tietoa bentoniitin rapautumismekanismeista ja -kinetiikasta, pohjavesiolosuhteiden vaikutuksesta kolloidien liikkuvuuteen sekä aktinidien sorptiomekanismeista. Lisäksi saadaan määritysmenetelmiä sekä parametreja ja testitapauksia kokeellisen työn ja mallinnuksen yhdistämistä varten.

Bentoniitin paisumisaine

Hankkeen tavoitteena on selvittää bentoniitin paisumisilmion syvällistä fysikaaliskemiallista perustaa ja kehittää käytännön työkalu makroskooppisen paisumisen ennustamiseen bentoniitin koostumuksen ja ympäristötekijöiden funktiona. Työn keskeinen konkreettinen kohde on bentoniitin paisumisaineen ennustaminen. Hankkeen perimmäisenä tavoitteena on kehittää uusi menetelmä ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuuden arviointiin. Nelivuotisen hankkeen ensimmäisenä vuotena menetelmä demonstroidaan yleisimmille bentoniittityypeille. Tulevina vuosina konsepti laajennetaan systemaattisesti kattamaan paisuvat savityypit. Hanke toteutetaan yhteistyössä kokeellisten 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. Uudella ohjelmakaudella keskitytään voimakkaasti kuparin relaksaation testaamiseen ja mallinnukseen. Moniaksaalisuuden vaikutuksen selvittäminen jatkuu. Uutena aiheena aloitetaan kuparin matalan lämpötilan mekanismimuutoksen selvittäminen. Korroosion ja virumisen yhteisvaikutuksen testaaminen aloitetaan uudelleen keskittyen siihen, että galvaaninen korroosio pystytään koejärjestelyissä estämään kokonaan. Uusien osajien koulutusta tehdään erityisesti EBSD-mikroskopian ja nanoindentaatiotestauksen alalla.

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 korroosioon Suomen loppusijoituksen anaerobisessa, 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 toimintakykyalueella arvioitaessa hapettomassa vaiheessa korroosionopeuksia ja korroosiovaikutusten arvioimiseksi tehtyjen mallien oikeellisuutta. Hankkeessa kehitettyjä menetelmiä voidaan soveltaa laajasti muihinkin sovellutuskohteisiin. Hankkeessa koulutetaan useita osaajia 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 alkuvaiheessa sekä myös kenttäolosuhteissa. Tuloksia hyödynnetään ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus aihepiirissä kapselin toimintakyky-alueella 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 osaajaa/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)	Lasse Ahonen, 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 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)pinoilla. 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 Pauliina Rajalan väitöskirjatyötä.

MILORI: Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolialoppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO)

Hankkeen päätavoitteena on selvittää mikrobiyhteisöjen vaikutusta rikinkiertoon sekä rikkiyhdisteiden muodostumiseen vaikuttavien elektronin luovuttajien ja vastaanottajien (erityisesti rauta) merkitystä syvissä pohjavesissä. Hankkeessa tehdään kirjallisuuskatsaus rikinkierrosta ja sen analysoinnista hyödyntäen leimattuja rikkiyhdisteitä. Tavoitteena on käyttää leimattuja rikkiyhdisteitä rikinkierron analysoinnissa ja sulfidin muodostumisnopeuden määrittämisessä loppusijoitustilojen pohjavedestä. Lisäksi arvioidaan pohjavesien mikrobien ja niiden metaboliatuotteiden vaikutuksia bentoniitin montmorillonitiin fysikaaliseen rakenteeseen ja toimintakykyyn. Hanke toteutetaan nelivuotisena hankkeena pääosin VTT:llä. Hankkeessa tehdään yhteistyötä MILORI-konsortion hankkeiden ja koordinoidun THEBES-bentoniitti konsortion kanssa. Hankkeen tuloksena saadaan tietoa

mikrobiyhteisöjen vaikutuksista rikin ja raudan kiertoon ja sulfidin muodostumisnopeuteen, joilla voi olla merkittävää vaikutusta kuparikapselin korroosioon sekä bentoniitin toimintakykyyn eli ydinjätteen pitkäaikaisturvallisuuden arvioinnille.

Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)

Hankkeen tavoitteena on tutkia biogeokemiallisesti tärkeitä kalliopohjaveden komponentteja, erityisesti rikkiä, hiiltä ja typpeä, jotka voivat myös kulkeutua kalliopohjavesissä liuenneina kaasuina tai liukoisina ioneina ja joilla voi olla loppusijoituksen turvallisuuden kannalta erityismerkitystä. Nämä alkuaineet esiintyvät myös eri hapetustiloilla osallistuen mikrobien katalysoimiin elektronin siirtoprosesseihin ja sitä kautta korroosioilmiöihin. Isotooppimenetelmällä saadaan uutta tietoa syvien kalliopohjavesien viipymääjasta ja evoluutiosta ja edelleen mikrobiologisen toiminnan käytettävissä olevasta energiavuosta. Biogeokemian tulosten analyysi pyritään yleistämään teorian ja mallien tasolle niin että loppusijoituksen lähialueen ilmiöistä muodostuu mahdollisimman realistinen mutta yksinkertaistettu biogeokemiallinen malli. Hankkeen käytännön toteutuksen kautta saadaan myös yleistä tietoa syvien kairareikien ja kaivosympäristöjen hydrogeokemiallista olosuhteista aina 1-2 km syvyyteen saakka.

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	Jussi Timonen, 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;

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 aineiden kulkeutumista kalliossa. Työssä määritetään korjaustekijä radionuklidien jakaantumisen ja diffuusiokertoimiin laboratoriosta in situ olosuhteisiin. Hanke jakautuu HYRL:ssä kahteen osatehtävään: in situ kokeita

tukevat radionuklidien pidätyks- ja kulkeutumistutkimukset laboratoriossa ja tulosten mallinnus. Kolmas osakokonaisuus on Grimselin vuorilaboratoriossa Sveitsissä käynnissä oleva 3-vuotinen in situ koe. Vuonna 2015 tehdään bariumin ja radiumin sorptiokokeita eräkokein kivimurskeilla ja määritetään näiden radionuklidien jakaantumiskertoimet kiven päämineraaleihin. PhreequeC mallinnusohjelman avulla arvioidaan /määritetään ko. radionuklidien sorptiomekanismit. Saadut jakaantumiskertoimet ja diffuusiokertoimet käytetään kiven mineraalien ja huokosrakenteen heterogeenisuuden huomioonottavan diffuusiomallinnuksen lähtötietoina. Geologian tutkimuskeskus osallistuu hankkeeseen asiantuntijana. Päämääränä on kouluttaa uusia ydinjätehuollon asiantuntijoita, jotka kansainvälisessä verkostossa toimiessaan saavat opetusta eri tieteenaloilta ja koulutautuvat monitieteisiksi ydinjätteiden loppusijoituksen asiantuntijoiksi. Geokemian mallinnus nostetaan painopisteeksi kuten myös geokemistin kouluttaminen.

C-14 vapautuminen metallijätteestä

Hankkeen tavoitteena on selvittää voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen aktiivisissa metallikomponenteissa olevan C-14 isotoopin vapautumista pohjaveteen loppusijoitusolosuhteissa, vapautumisnopeutta, veteen muodostuvia liuenneita ja kaasumaisia hiilen kemiallisia olomuotoja. Erityisesti jakautuminen orgaanisiin ja epäorgaanisiin kemiallisiin olomuotoihin on tärkeää kulkeutumista arvioitaessa. Hanke on osa EU-projektia: CAST (Carbon-14 Source term). Vuoden 2015 HIILI-14 projekti ehdotetaan jakautuvaksi kahteen osaan: CAST ja kansallinen projekti. CAST-osassa tehdään vuonna 2015 teräsjauheen (AISI 321) ja Fe (4 % C)- jauheen eluutiokokeita simuloidussa Loviisan pohjavedessä argonkaapissa. Kokeissa mitataan hiilen vapautumisnopeutta ja tutkitaan hiilen olomuotoa vesiliuoksessa. Kansallisessa osassa selvitetään hiilen (C-12, C-14) tarkemman spesiaation analyysimentelmiä. Lisäksi kansallisessa hankkeessa selvitetään säteilytetyn teräksen kokeiden vaatimia olosuhteita ja toimenpiteitä. Tuloksia voidaan hyödyntää mallinnettaessa C-14:n 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-menetelmää. Lisäksi tavoitteena on saattaa loppuun hankkeen tutkijan (Jukka Kuva) väitöskirjatyö. 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 niiden muutoksia sen kulkeutuessa polttoaineesta kallioperän kautta biosfääriin sekä karbonaattimuotoisen hiilen sorptiota rakomineraalien, erityisesti kalsiitin, pinnoille. Karbonaattimuotoisen radiohiilen sorptiota tutkitaan myös raudan oksidimineraaleihin. Tutkimus on tärkeää, koska radiohiili kuuluu tärkeimpään radionuklidiluokkaan tarkasteltaessa ihmisille tulevaisuudessa mahdollisesti kertyviä säteilyannoksia ja koska tietämys radiohiilen käyttäytymisestä maa- ja kallioperässä on erittäin vähäistä. Tässä hankkeessa esitetyn kaltaista tutkimusta ei Suomessa ole aikaisemmin tehty. Hankkeessa tuotetaan radiohiilen kulkeutumisesta uutta, ydinjätehuollon turvallisuuden arvioimista tukevaa tieteellistä tietoa. Lisäksi hanke kouluttaa alalle yhden uuden, tohtoritasoisen asiantuntijan.

Geopolymeerien käytettävyys ydinjätehuollossa (GeoP-NWM)

Tavoitteena on arvioida etuja, joita saavutetaan käyttämällä geopolymeeriperustaisia matriiseja (ja niistä tehtyjä komposiitteja) keski- ja matala-aktiivisen ydinjätteen huollossa. Nämä materiaalit tarjoavat räätälöityjä mahdollisuuksia jätteen kiinteytykseen ja kapselointiin. Ongelmallisten radioisotooppien, kuten Cs-137, sitominen matriisiin hilarakenteeseen ja hyvä kestävyys liukenemista vastaan antaa uusia mahdollisuuksia. Tässä tutkimuksessa keskitytään geopolymeerien käyttöön kiinteytyksessä ja kapseloinnissa. Erityisesti keskitytään orgaanisen materiaalin vaikutuksiin mikro- ja makrotason rakenteellisiin muutoksiin loppusijoitusolosuhteissa. Hyvä radioisotooppien ja muiden haitallisten aineiden sitoutuminen ja säilyvyys tullaan verifioimaan hankkeessa. Tämä luo uusia turvallisempia ja ympäristövaikutuksiltaan parempia mahdollisuuksia ydinjätehuoltoon ja potentiaalisia taloudellisia etuja.

Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemeissä

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 sieniin ja muurahaisiin, (2) tuottaa tietoa ydinjätteiden riskien arvioinnin kannalta relevanttien alkuaineiden siirtymistä makean veden ravintoketjuissa, (3) jatkaa radioekologisen mallintamisen kehittämistä siten, että se perustuu entistä parempaan teoreettiseen ja empiiriseen ymmärrykseen alkuaineiden (usein epälineaarista) siirtymisestä eliöihin (kasveihin, eläimiin, sieniin), (4) tutkia miten edellä kuvattu entistä kehittyneempi radioekologinen mallintaminen muuttaa mallien antamien ennusteiden osuvuutta ja tarkkuutta ja (5) 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)

Tämän nelivuotiseksi suunnitellun hankkeen tavoitteena on luoda yksinkertaistettu biosfäärin mallinnuslähestymistapa ja sitä noudattavat konkreettiset esimerkkimallit. Mallinnuksessa lähdetään liikkeelle yksinkertaisista ja suppeista malleista, joita laajennetaan hallitusti käsittämään yhtäältä isompia alueita ja toisaalta yksityiskohtaisempia biosfäärin piirteitä. Tällainen lähestymistapa mahdollistaa jokaisella mallinnustasolla vastaavien parametrien vaikutuksen tarkastelun sekä herkkyysanalyysin. Hanke toteutetaan Facilia AB:n EcoLego simulaatioympäristön avulla TTY:n Porin laitoksella. Hankkeessa valmistuvia malleja voivat hyödyntää muut biosfäärimallien kehittäjät, ydinvoimayhtiöt ja viranomaiset esimerkiksi tarkistuslaskelmiin. Mallien tuloksia voidaan periaatteessa hyödyntää heti ensimmäisen kokeilumallin valmistuttua ja olemassa oleviin tuloksiin vertailun jälkeen. Avoin malli on heti saatavilla jakelukanavan kautta, kuten myös mallin päivitykset ja uudet osamallit, sitä mukaa kun niitä tulee valmiiksi.

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 betonileikkauskoeäytteen välillä merkittävää eroa, (4) selvitetään voidaanko isompien näytekokojen tuloksia ennustaa pohjautuen replikaatiokoesarjan tuloksiin sekä (5) kehitetään ja rakojen numeerista mallintamista hyödyntäen hankkeen tuottamaa parametrisointijärjestelmää. Tulokset tulevat tutkijoiden ja viranomaisten käyttöön ja niitä voidaan hyödyntää arvioitaessa erilaisten raon hyväksymiskriteerien ja rakojen siirtymäanalyyysin

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 (GTK) Kallioperä ja raaka-aineet - yksikön ja Aalto-yliopiston Georakentamisen yksikön (GR) yhteistyönä. Tuloksena saadaan lisäarvoa ydinjätetutkimukseen KYT-puiteohjelman mukaisen muissa turvallisuustutkimuksissa määritetyn ”kallioperätutkimukset loppusijoituksen turvallisuuden kannalta” kautta. Hankkeen lopputuloksena saatavaa tietokoneohjelmaa hyödyntämällä voidaan parantaa pohjaveden virtauksen ja radionuklidien kulkeutumismalleja sekä kivimassan kalliomekaanisia käyttäytymismalleja. Tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa kalliorakennushankkeissa Suomessa ja Suomen kaltaisilla kallioperäalueilla.

3.3 Ydinjätehuolto ja yhteiskunta

Vuonna 2015 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 ydinjäteregeimeissä

Hanke kohdistuu ydinturvallisuuden hallintaan ydinjäteregeimien näkökulmasta Suomessa ja Ruotsissa. Tavoitteena on parantaa ymmärrystä Suomen ydinjäteregeimistä ja erityisesti sen jatkuvuudesta ja joustavuudesta muuttuvassa sosioteknisessä kontekstissa. Osatehtävät ovat: (1) kansalaisjärjestöjen rooli, (2) julkinen keskustelu printtamediassa, (3) pitkäaikainen hallinta, (4) asiantuntijanäkemykset ydinjäteregeimistä ja turvallisuuden hallinnasta, (5) eettinen keskustelu, (6) sosio-tekniset turvallisuushaasteet, (7) varautuminen käytöstä poistoon. Osatehtävät 1–2 toteutetaan vuonna 2015 ja muut vuosina 2016–2018, jos hanke saa rahoitusta. Tutkimusaineisto muodostuu kysely- ja media-aineistoista, haastatteluista sekä julkisista asiakirjoista ja lausunnoista. Kirjallisuuskatsaukset ja tutkimusryhmän erinomaiset 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.

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 2015

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)	Lasse Ahonen, 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	Jussi Timonen, 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

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi		
Kehittyneet polttoainekierrot – Uudet säädettävät erotusmateriaalit (SERMAT)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi		
Advanced fuel cycle – New adjustable separation materials		
Tutkimuslaitos	Vastuuhenkilö	
Helsingin yliopisto / Radiokemian laboratorio	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?)		
Jatko vuonna 2011 alkaneelle " Kehittyneet polttoainekierrot – uudet erotustekniikat" -projektille		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms. Kansallinen ydintekniikan ja radiokemian tohtoriohjelma (YTERA)
VTT, Fortum	COST EUFUN	
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	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä
Uusia Zr-fosfaattimateriaaleja (ZrP) aktinidi/lantanidierotuksiin	4-6	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)		
1. Kehittyneiden polttoainekiertojen uusimman tutkimuksen seuranta - seurantaraportti yhdessä VTT:n projektin kanssa		
2. TUTKIMUSTYÖ - kartta synteesiolosuhdealueista, joissa α ZrP perusrakenne säilyy materiaalin happamuuden (pKa-arvojen) muuttuessa (muutoksia happamuuden lisäksi myös kidetasojen ja – tunnelien koossa; XRD, FTIR, FeSEM - Ymmärrys materiaalin happamuuden vaikutuksesta sen ioninvaihtoselektiivisyyteen (LIF, EXAFS)-sorptiomekanismien mallinnus. - Prosessisuunnittelu Am:n ja Eu:n erottamiseksi toisistaan		
Julkaisut ja opinnäytetyöt		
Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: 4-6 tieteellistä artikkelia kansainvälisissä alan julkaisuissa. Konferenssijulkaisut ja työraportit: vuosittaiset työraportit ja 2 konferenssijulkaisua/vuosi		

Opinnäytteet: väitöskirja 2017

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)
Tiedottaminen GEN4FIN-seminaarissa, COST EUFEN-seminaarissa

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi Kehittyneet polttoainekierron – Skenaario- ja inventaarilaskenta		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Advanced Fuel Cycles – Scenario and Inventory Analysis		
Tutkimuslaitos Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy	Vastuhenkilö Tuomas Viitanen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon teknologiat		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on katkoa KYT2014 ohjelmakauden projektille Kehittyneet polttoainekierron – Laskennallinen polttoainekiertoanalyysi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HYRL Aalto-yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot CEA	Muut tutkimusohjelmat, tms. SAFIR2018
Tutkimuksen tavoite Tutkimuksen tavoitteena on sellaisen laskentaosaamisen kehittäminen ja ylläpito, jolla voidaan tehokkaasti mallintaa erilaisia polttoainekierron ratkaisuja tähtäimenä ydinjätteen määrän, lämmöntuoton ja radioaktiivisuuden huomattava vähentäminen. Tavoitteena on myös kansainväliseen yhteistyöhön kuten EU-projekteihin ja OECD/NEA:n työryhmissä tapahtuvaan laskentaan osallistuminen.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) tietokoneohjelmistot, kansallisen osaamisen kehittäminen	Julkaisujen lukumäärä 2 tutkimusraporttia	Opinnäytetöiden lukumäärä
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Projektissa kehitetään ja ylläpidetään suomalaista kehittyneiden ydinpolttoainekiertojen laskentaosaamista ja koulutetaan nuoria tutkijoita alalle. Pitkällä aikavälillä tuotetaan viranomaisille ja päättäjille tietoa ydinjätteen suoran loppusijoituksen mahdollisista vaihtoehdoista. Esimerkiksi ydinjätteen jälkilämmön pienentäminen voimakkaasti lämpöä tuottavia nuklideja transmutoimalla kasvattaa loppusijoitusluolan kapasiteettia, mikä vaikuttaa suoraan mahdollisiin loppusijoitusratkaisuihin.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)		
2.1 Ydinpolttoainekiertojen analysointivalmiuden kehittäminen Tavoitteena on saavuttaa ja ylläpitää sellainen osaamisen taso ja hankkia sellainen laskentaohjelmisto, jolla pystytään analysoimaan sekä alikriittisiä että kriittisiä nopeita reaktoreita sekä saavuttaa ja ylläpitää valmius ja osaaminen kevytesireaktorien ja nopeiden kriittisten (natriumjäähdytteisten) reaktorien ydinpolttoainekierron itsenäiseen laskentaan. Vuonna 2015 kartoitetaan olemassa olevia polttoainekierto-skenaariokoodeja ja vertaillaan niiden ominaisuuksia. Vuonna 2015 osallistutaan OECD/NEA:n asiantuntijaryhmässä tapahtuvaan benchmark-laskentaan, jos benchmark aloitetaan vuonna 2015. Muussa tapauksessa jatketaan laskuja sivuaktinidien transmutaatiosta kiehutusvesireaktorissa.		
2.2 Tiedonvälitys ja alan kehityksen seuranta Tavoitteena on kansainvälisen ydinpolttoainekiertotekniikan tutkimuksen seuranta ja valmius		

tiedottaa alan kehityksen tilasta muulle tiedeyhteisölle ja viranomaisille.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tutkimusraportti skenaariokoodien vertailusta.

Raportti benchmark-laskennan tilanteesta tai tutkimusraportti sivuaktinidien transmutaatiosta kiehutusvesireaktorissa.

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

Tapaamisia järjestetään HYRL:n yhteistyökumppanien kanssa. Mukaan kutsutaan myös muita mahdollisia projekteja aihepiiristä "Ydinjätehuollon teknologiat".

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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?) Uusi nelivuotiseksi suunniteltu hanke		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto-yliopisto, Matematiikan ja systeemianalyysin laitos	Ulkomaiset organisaatiot -	Muut tutkimusohjelmat, tms. SAFIR2018 SAUNA -projekti
Tutkimuksen tavoite Koordinoitua 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.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Ensimmäisen vuoden tavoitteet ovat:		
<ul style="list-style-type: none"> • Osaprojekti 1: Turvallisuusperustelun metodiikka: Kirjallisuusselvitys • Osaprojekti 2: Skenaarioanalyysi: Kirjallisuusselvitys loppusijoitukseen liittyvistä tarkastelluista, skenaarioista, projektissa käytettävän skenaariomallin konseptointi ja opinnäytetyönä valmistuva diplomityö • Osaprojekti 3: Koordinointi: Yhteistyön aloittaminen ja ohjaaminen Aalto-yliopiston kanssa. 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Työraportit julkaistaan osallistuvien organisaatioiden työraportteina KYT2018-ohjelman kotisivulla. Diplomityö. Julkaisuja odotetaan projektin myöhemmiltä vuosilta.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Artikkeli ATS -lehteen tms. tiedottaminen, työpajat tarpeen mukaan.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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 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) YTERA doctoral programme
Tutkimuksen tavoite Project THEBES will investigate the behaviour of swelling clay barriers. In particular, the project will characterise bentonite which is going to be used in spent nuclear fuel repositories in Finland. The experimental investigations will be 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 4 years the project should yield more than 14 quality journal papers and more than 15 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 will investigate 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. 2014?).

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 number of 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 14 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 15 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.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi Bentoniitin eroosio ja radionuklidien vuorovaikutus		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Bentonite erosion and radionuclide interaction processes		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopisto, Kemian laitos, Radiokemian laboratorio	Vastuhenkilö 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, suunnitelma on tehty koko KYT2018 kaudeksi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto, VTT, JYFL, GTK, Posiva, B+Tech	Ulkomaiset organisaatiot HZDR, EU, NAGRA, KIT, KTH	Muut tutkimusohjelmat, tms. KYT2028/THEBES, EU/BELBaR, Nagra/CFM
Tutkimuksen tavoite Hankkeen yleisenä tavoitteena on tutkia kokeellisesti bentoniitin kemiallista eroosiota sekä radionuklidien ja bentoniitin eroosion seurauksena syntyneiden geeli- ja kolloidifraktioiden sekä savimineraalien välisiä vuorovaikutuksia loppusijoitustilaa mahdollisimman hyvin kuvaavissa olosuhteissa. Yleisinä tavoitteina on myös soveltaa eri menetelmiä eroosiofraktioiden karakterisoimiseksi sekä eroosio- ja sorptiomekanismien tunnistamiseksi. Koko hankkeen tavoitteena on yhdistää kokeellinen työ ja mallinnus suunnittelemalla yhdessä mallittajien kanssa turvallisuusperusteluita hyödyntäviä kokeita. Yleisenä tavoitteena on ylläpitää ja kehittää kotimaista osaamista sekä kouluttaa radiokemian, erityisesti loppusijoituksen alalle uusia asiantuntijoita.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeelliset menetelmät, analyysitekniikat ja parametrit mallien testaamiseen	Julkaisujen lukumäärä 2015–2018: 6 tieteellistä artikkelia ja 4 vertaisarvioitua konferenssi-julkaisua	Opinnäytetöiden lukumäärä 2015–2018: 1 FT 2-3 FM 3-5 LuK
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tutkimustuloksia sovelletaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuustarkasteluissa lähialueella arvioitaessa bentoniitin ja tunnelin täyteaineiden toimintakykyä sekä arvioitaessa radionuklidien pääsyä bentoniitin eroosion seurauksena muodostuneiden kolloidien mukana loppusijoitustilasta lähialueelle ja kaukoalueen kautta biosfääriin. Eroosiokeiden tuloksena saadaan tietoa mm. bentoniittipuskurin hajoamisesta, rapautumismekanismeista ja -kinetiikasta, pohjavesiolosuhteiden vaikutuksesta kolloidien liikkuvuuteen. Radionuklidien vuorovaikutuskokeista saadaan tietoa radionuklidien kiinnittymismekanismeista mineraalien tai kolloideihin kiderakenteisiin ja varsinkin aktinidien sorption pysyvyydestä. Lisäksi saadaan tietoa ja kokemusta määritys-menetelmistä ja lähtödataa sekä testitapauksia mallinnusta varten. Mallittajien kanssa suunniteltujen turvallisuusperustelujen kannalta relevanttien kokeiden tuloksia voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa käyttää parametreina mallien kehittämisessä ja testaamisessa esim. KYT2018/THEBES hankkeessa. Tuloksia hyödynnetään myös 2012 alkaneessa EU/BELBaR ja Grimselin CFM projektissa projekteissa. Kaikki tulokset ovat välittömästi kaikkien käytettävissä, erityisesti tukiryhmän, joka siirtää tiedon viranomaisten sekä Posivan ja voimayhtiöiden käyttöön.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) "Bentoniitin eroosio" osaprojektin tavoitteena on tutkia eroosiossa syntyneen geelifaasin		

koostumusta ja rakennetta sekä seurata kolloidien muodostumista ja stabiilisuutta eri pohjavesiolo-suhteissa. Tavoitteena on jatkaa edellisellä kaudella aloitettuja batch tyyppisiä eroosiokokeita ja käynnistää uudet kokeet, joissa seurataan bentoniitin eroosiota keinotekoisessa rakosysteemissä joko staattisilla tai dynaamisilla kokeilla.

”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.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset

Alkuvuoden 2015 aikana viimeistellään kaksi artikkelia KYT2014 tutkimusohjelman aikana saaduista tuloksista. Tutkimuksen tulokset julkaistaan pääosin tieteellisissä lehdissä tavoitteena tehdä KYT2018 kauden tuloksista 4 artikkelia.

Konferenssijulkaisut ja työraportit

Tuloksia esitellään kansainvälisissä konferensseissa (Migration 2015/2017, 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 4-5 kandin tutkintoa.

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

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

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi Bentoniitin paisumispainne		
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?) Jatkoa omalle kehitystyölle joka jatkuu		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Posiva, B+Tech	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Bentoniitin paisumisilmion syvälinen ymmärtäminen ja paisumispaineen 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)		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Hankkeessa selvitetään bentoniitin paisumisilmion syvälinistä fysiko-kemiallista perustaa ja kehitetään käytännön työkalu makroskooppisen paisumisen ennustamiseen bentoniitin koostumuksen ja ympäristötekijöiden funktiona. Työn keskeinen konkreettinen kohde on bentoniitin paisumispaineen ennustaminen. Hankkeen perimäisenä tavoitteena on kehittää uusi menetelmä ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuuden arviointiin. Nelivuotisen hankkeen ensimmäisenä vuonna menetelmä demostroidaan yleisimmille bentoniittisysteemeille. Hankkeen tulevana vuosina konsepti laajennetaan systemaattisesti kattamaan paisuvat savisysteemit. Hanke toteutetaan yhteistyössä kokeellisten 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) Hakuyhteenvedo 2015

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 (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Jatkoa aikaisemmalle tutkimukselle samasta aihepiiristä		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto yo	Ulkomaiset organisaatiot SSM, Ruotsi	Muut tutkimusohjelmat, tms. epävirallinen yhteys NAGRAan
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 (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Kokeellinen tulosaineisto, materiaaliominaisuudet, ennuste pitkäaikaiskestävyydestä	Julkaisujen lukumäärä 2(2015)	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 väitöskirja J. Rantala
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) 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 (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista 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 - selvittää virumisen mekanismimuutos matalissa lämpötiloissa - ennustaa minimielinikä kapselille huomioiden viat (joint line hooking ja oksidipartikkelit) - käynnistää uudelleen virumisen ja korroosion yhteisvaikutuksen testaaminen - tehdä EBSD-mikroskopia itse ja ottaa käyttöön nanoindentatiomittaukset		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisut kv. konferensseissa ja alan lehdissä Opinnäytteet: väitöstyö J Rantala		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT-seminaarit, virumisalan konferenssit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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 ydinjättekapselin 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 1 diplomityö
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 yhteenveto 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 vaikutus kuparikapselin mekaanisiin ominaisuuksiin sallittavien turvallisten vikojen hyväksymiskriteerien määrittämistä varten. 2. Optisen venymämittauksen (digital image correlation, DIC) avulla selvitetään deformaation paikallistuminen kuparikapselin eri rakenteissa. 3. Vedyn absorptio kupariin loppusijoitusolosuhteissa ja vedyn vaikutus kuparin mekaanisiin ominaisuuksiin ja virumiseen. 4. Kuparin jännityskorroosiomekanismin 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 väitöskirja työn alla, 1 diplomityö		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT 2018 tutkimusohjelman seminaarit ja alan kansainväliset konferenssit sekä Kärnavfallsrådetin tilaisuudet		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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	Vastuuhenkilö 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 korroosiossa höyryfaasissa ja KYT2014-tutkimukselle korroosiossa 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 5 artikkelia vuosina 2015-2018.	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 väitöskirja 2018.
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) 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.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tutkimuksen osaprojektit ovat: <ul style="list-style-type: none"> - menetelmä toistettavien reaktiotuotekerrosten muodostamiseen sekä kaasua- että nestefaasissa ja niiden karakterisointi (2015). - Reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettavissa olosuhteissa sekä kaasua- että nestefaasissa (2016-2017). - Reaktiotuotekerrosten vaikutus korroosioon hapettomissa olosuhteissa nestefaasissa (2017-2018). Vuoden 2015 tavoite on muodostaa reaktiotuotekerroksia sähkösaostetun kuparin pinnalle kuivissa olosuhteissa kaasufaasissa, hapettavassa kosteassa kaasufaasissa ja hapettavassa upotusrasituksessa erilaisilla synteettisen pohjaveden koostumuksilla.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Julkaisusuunnitelma perustuu vuonna 2018 perustuvaan nippuväitöskirjaan ja sen edellyttämiin julkaisuihin. Vuonna 2015 tavoite on julkaista artikkeli menetelmästä ja reaktiotuotekerrosten ominaisuuksista.		

Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)
Aallon jatkokoulutusseminaarit, mahdolliset KYT-ohjelman seminaarit.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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		
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 Oulu University, 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 arvioitaessa loppusijoituskapselin mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista.		
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 korrosio <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 (v. 2015) Vuositainen työraportti Opinnäytteet: 1 opinnäytetyö (väitöskirja)		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistuminen kansainvälisiin konferensseihin ja KYT vuosiseminaareihin.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi Loppusijoituksen aerobisen vaiheen mikrobiologinen korroosio (MICOR)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Microbially induced corrosion during the oxic stage of repository		
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 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	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa loppusijoituskapselin mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista.		
Tuloskategoria Kokeellinen menetelmä uusittu koelaitteistoa uutta tietoa	Julkaisujen lukumäärä 1 kansainvälistä julkaisua	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeen tavoitteena on arvioida mikrobiologisen toiminnan vaikutusta kuparikapselimateriaalin korroosioikäytymiseen Suomen loppusijoitusolosuhteissa.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain)		
<p>Tehtävä 1. Koejärjestelyn suunnittelu ja rakentaminen <i>Tehtävän tuloksena ovat koejärjestelyt, joiden avulla voidaan tutkia kuparin mikrobiologista korroosiota ja metallipinnoille kerääntyvän biofilmin ominaisuuksia hapellista loppusijoitusvaihetta simuloivissa olosuhteissa.</i></p> <p>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></p> <p>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></p> <p>Tehtävä 4. Aerobisen vaiheen merkitys <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida aerobisen vaiheen merkitystä kuparin korroosiokestävyyteen pitkäaikaisturvallisuus näkökulmasta.</i></p>		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 1 kansainvälistä julkaisu/konferenssijulkaisu (vuonna 2015) Vuositainen työraportti Opinnäytteet: 1 väitöskirja		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistuminen kansainvälisiin konferensseihin ja KYT vuosiseminaareihin. Kirjallisuuskatsauksen julkaiseminen VTT:n julkaisusarjassa.		

16.6.2015

TEM/1707/08.09.02/2
014

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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	Vastuuhenkilö 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 (näytteitä)	Ulkomaiset organisaatiot IGD TP verkosto HZDR (Saksa)	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Projektin päätavoitteena on arvioida matala- ja keskiaktiivisen jätteen geologiseen loppusijoitukseen liittyviä mikrobiologisia riskejä Suomen olosuhteissa.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) kokeellinen laboratoriotyö	Julkaisujen lukumäärä 2-3 tieteellistä julkaisua	Opinnäytetöiden lukumäärä -
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Hankkeen tuloksia hyödynnetään muissa koordinoitujen MILORI-hankkeen muissa osaprojekteissa. Tuloksia voivat hyödyntää myös sekä viranomaiset että voimalaitosjätteen loppusijoituksesta vastuussa oleva yritys jätteiden loppusijoituksen turvallisuustutkimuksessa sekä mallinnuksessa. Hankkeessa koulutetaan osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Projektin tavoitteena on tutkia olosuhteiden, erityisesti betonisiiloista aiheutuvan korkean pH:n ja täyttöveden mikrobiston, vaikutusta matala-aktiivisen voimalaitosjätteen mikrobiologiseen hajoavuuteen, biosaatavuuteen ja kaasun muodostumiseen. Lisäksi tutkitaan säteilykertymän vaikutusta jätteen hajoamiseen. Tavoitteena on myös mikrobiyhteistöjen toiminnan evaluointi erityisesti materiaalien pinnoilla ja lisäksi selvittää yksityiskohtaisemmin oleellisimpiin aineenvaihduntareitteihin liittyviä mikrobiyhteistöjen toimintaa. Lopuksi arvioidaan mikrobien aineenvaihduntatuotteiden ja entsyymien vaikutusta radionuklidi-kompleksien muodostumisessa.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteellisiä artikkeleita kansainvälisissä julkaisuissa 2-3 kpl, konferenssijulkaisuja, kirjallisuuskatsaus keskiaktiivisesta jätteestä		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Konferensseihin osallistuminen, kokoukset yhteistyökumppaneiden kanssa, koordinoitujen MILORI-hankkeen vuosiseminaarit (avoin tilaisuus)		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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 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 arvioitaessa purkujättemetallien mahdollisesta mikrobiologisesta korroosiosta johtuvaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Hankkeessa otetaan käyttöön uusia mikrosensoreihin perustuvia menetelmiä biofilmi-korroosio-kerroksen tutkimiseksi sekä kehitetään laitteisto korroosion ja vesikemian monitoroimiseksi kallioperässä. Menetelmiä voidaan hyödyntää laajasti erilaisissa sovellutusympäristöissä. Hankkeessa koulutetaan osaajaa/osaajia ydinjätehuollon turvallisuuden tutkimuksen osaamisalueelle		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenveto 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 <i>Tehtävän tulosten perusteella voidaan arvioida purkujätteiden pinnoilla muodostuvan biofilmin ominaisuuksia ja toiminnallisuutta.</i>		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 1-2 kansainvälistä julkaisua/konferenssijulkaisua (v. 2015) Vuositainen työraportti Opinnäytteet: 1 opinnäytetyö (väitöskirja)		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Osallistuminen kansainvälisiin konferensseihin ja KYT vuosiseminaareihin.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2015

Tutkimushankkeen nimi Mikrobiyhteisöjen rikkimetaboliala 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 KYT2014 mikrobiologiselle hankkeelle Geomikro, jossa selvitettiin mikrobien diversiteettiä. Uusi hanke keskittyy mikrobien vaikutuksiin rikinkierrossa.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Posiva, Fortum	Ulkomaiset organisaatiot IGD-TP verkosto	Muut tutkimusohjelmat, tms. EURATOM Mind
Tutkimuksen tavoite Hankkeen päätavoitteena on selvittää mikrobiyhteisöjen vaikutuksia rikinkiertoon loppusijoitusolosuhteiden kalliopohjavedessä. Kehitetään leimattuun rikkiin perustuva analysointimenetelmä rikin kierron analysointiin ja sovelletaan sitä puhdasviljelmille ja kalliopohjavesille. Analysoidaan loppusijoitustilojen pohjaveden sulfidin muodostumisnopeutta ja relevanttien elektronin luovuttajien ja vastaanottajien vaikutuksia siihen. Aloitetaan kalliopohjavesien mikrobien metaboliatuotteiden vaikutusten arviointi bentoniitin montmorilliiniin fysikaaliseen rakenteeseen ja toimintakykyyn.		
Tuloskategoria Kokeellinen laboratoriotyö	Julkaisujen lukumäärä 1-2	Opinnäytetöiden lukumäärä 0-1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Tutkimus tuottaa tietoa menetelmistä, joita voidaan hyödyntää ydinjätteiden loppusijoitustilojen pohjavesien sulfidien muodostumisen monitoroinnissa. Tutkimus tuottaa tietoa ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysiin korrodoivien yhdisteiden muodostumisesta pohjavedessä. Yritykset voivat hyödyntää KYTissä tuotettua tietoa ja tutkimuksia omissa hankkeissaan. Tutkimuksen tulokset on tarkoitettu eri ydinjätesektorin toimijoiden hyödynnettäviksi.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Tehtävä 1: Kirjallisuuskatsaus VTT:n julkaisusarjaan rikinkierosta pohjavedessä ja siihen liittyvistä elektronin vastaanottajista ja luovuttajista, sekä sen analysoinnista hyödyntäen leimattuja rikkiyhdisteitä. Tehtävä 2: Pystytetään leimattuihin rikkiyhdisteisiin (³⁵ S) perustuva määritysmenetelmä analysoimaan eri rikkiyhdisteiden muodostumista ja muodostumisnopeutta puhdasviljelmillä vedessä. Tehtävä 3: Aletaan tutkia pohjavesinäytteiden rikinkiertoa, sulfidin muodostumisnopeutta ja kiertoon vaikuttavia elektronin luovuttajia ja vastaanottajia, erityisesti rautaa, leimatuilla rikkiyhdisteillä, molekyylibiologian työkaluilla (qPCR) sekä pikamenetelmillä kuten ATP ja elävyysvärjäykset. Tehtävä 4: Aletaan selvittämään, millaisia vaikutuksia mikrobien aineenvaihduntatuotteilla ja entsyymeillä on bentoniitin fysikaaliseen rakenteeseen ja toimintakykyyn eri olosuhteissa. Hanke raportoidaan KYT2018-ohjelmassa esitettyjen ohjeiden mukaisesti. Vuosittain kirjoitetaan VTT:n tutkimusraportti, hankkeesta kirjoitetaan 1-2 julkaisua kansainvälisiin lehtiin.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: 0-1. Konferenssijulkaisut ja työraportit: 2		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Mikrobiologisen koordinoidun MILORI-hankkeen vuosiseminaarit.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Nutrients, energy and gases in bedrock biosphere		
Tutkimuslaitos Geologian tutkimuskeskus	Vastuuhenkilö Lasse Ahonen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (GEOMOL) => KABIO => SALAMI		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, HYRL	Ulkomaiset organisaatiot GFZ Potsdam, DCO, ICDP, U. Waterloo, COSC (Upsala/Lund)	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tutkia biogeokemiallisesti tärkeiden alkuaineiden reaktioita ja liikkumista kalliopohjavesissä, syvän biosfäärin energialähteitä ja energian siirtymistä mikrobien katalysoimissa redox-reaktioissa.		
Tuloskategoria Biogeokemiallinen tulkinta, teoria ja malli	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tulosten hyödyntäminen lyhyellä ja pitkällä tähtäimellä (mikä taho ja millä tavalla) Loppusijoituksen turvallisuusperustelu: Lisätieto rikin redox-geokemiasta hyödyntää kapselin pitkäaikaiskestävyyden arviointia. Biogeokemian turvallisuusvaikutuksista tarvitaan kokonaiskuva.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain Lisätieto syvien reikien kaasujen pitoisuusgradieniteista, syvien vesien viipymääjasta ja evoluutiosta. Rikki-isotooppitutkimuksen menetelmäkehitys, julkaisu hiilen isotooppigeokemiasta.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt - Kivi-vesi vuorovaikutus Cl/Br –isotooppitulosten perusteella - Metaanin ja vedyn alkuperä kiteisessä kallioperässä - Konferenssiesityksiä tai postereita Opinnäytteen		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) Lehdistötiedotteet		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi Radionuklidien kulkeutuminen kallioperässä; 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; kallioperä, pohjavesi radionuklidien kulkeutuminen / muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo tutkimus jatkuu KYT2014 ohjelmasta ja on suunniteltu KYT2018 ohjelman pituiseksi		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Geologian tutkimuskeskus, Jyväskylän yliopiston fysiikan laitos	Ulkomaiset organisaatiot Nagra, JAEA, NRI, IDAE-CSIC, Poitiersin yliopisto	Muut tutkimusohjelmat, tms. Grimsel LTD Phase II
Tutkimuksen tavoite Tavoitteena on yhdistää kallion rakovirtaus radionuklidien pidättymiseen ja matriisidiffuusioon ottaen huomioon realistinen heterogeeninen kiviaines ja radionuklidien kemialliset prosessit.		
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 Hankkeessa saatuja tuloksia (in situ K_d , D_e ja kiviaineksen huokoisuus) voidaan käyttää ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuusanalyysin lähtötietoina tarkentamaan pitkäaikaisturvallisuuden konseptia. Tieto edistää viranomaisen pitkäaikaisturvallisuuden arviointivalmiuksia. Hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää kulkeutumiskonseptien arvioinnissa.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain 1. Bariumin ja radiumin jakaantumiskertoimien määritetään kivimurskeilla eräkokein. Isotermiä käytetään PhreeQC mallinnuksen lähtötietoina ja arvioidaan ko radionuklidien sorptiomekanismeja eri kivi-vesi vuorovaikutus olosuhteissa. 2. Selenin pidättyminen kiven mineraaleihin määritetään kolme vuotta kestäneiden diffuusiokokeiden näytteissä. 3. Suorittaa heterogeenisuuden huomioonottavia kulkeutumissimulaatioita, joissa otetaan huomioon kohdassa 1. määritetyt jakaantumiskertoimet ja kehittää menetelmää edelleen. 4. Geologian tutkimuskeskus osallistuu hankkeeseen mineralogian asiantuntijana ja nuorten tutkijoiden mentorina.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset J Ikonen et al. Selenium diffusion and sorption speciation in crystalline rock E Muuri et al. Cs sorption on main minerals of crystalline rock Part I M Voutilainen et al. Cs diffusion in heterogeneous rock matrix Part II Opinnäytteet Pro Gradu Bariumin ja radiumin sorptio kiviainekseen/PHREEQC		
Muu tutkimuksista tiedottaminen ulkomaiset ja kotimaiset ydinjätealan konferenssit		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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 Tutkimus on osa EU-hanketta CAST (Carbon-14 Source Term, WP2 Steels), joka alkoi 1.10. 2013. Hanke jakautui vuonna 2014 EU-hankkeeseen ja kansalliseen hankkeeseen johtuen EU-projektin rajoituksista. Ehdotetaan jatkuvaksi samalla tavalla jakautuneena CAST-osaan ja kansalliseen osaan CAST-projektin keston ajan. Projekti on nelivuotinen.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot HY Radiokemian Laboratorio, Janne Lempiäinen, Jukka Lehto	Ulkomaiset organisaatiot CAST-projektiin osallistujat	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 polttoainepiirissä. Orgaanisen ¹⁴ C:n osuus on kulkeutumisen arvioinnin kannalta tärkeä.		
Tuloskategoria kokeellinen menetelmä	Julkaisujen lukumäärä 1-2	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) <u>CAST-osa:</u> Teräsjauheen (AISI321) ja Fe (4%C)-jauheen eluutiokokeet simuloidussa pohjavedessä, tavoitteena on tutkia, vaikuttaako kiinteän faasin C:n spesiaatio (välitila-atomi tai karbidi) vesiliuokseen vapautuvan hiilen spesiaatioon ja vapautumisnopeuteen <u>Kansallinen osa:</u> Spesiaatioanalyysien testaus ja säteilytetyn teräksen kokeiden valmistelu, selvitetään hiilen orgaanisten kompleksien analyysimenetelmiä, tutkitaan edellisten kokeiden näytteitä.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset Tuloksista riippuen kirjoitetaan tieteellinen artikkeli 2015-2016 Konferenssijulkaisut ja työraportit Cast annual progress report, HIILI-14 vuosiraportti, edistymisraportit Opinnäytteet		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.) KYT-seminaari		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi Rakovirtaus- , matriisidifuusio- ja sorptiomallinnus hila-Boltzmann-menetelmällä		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Modelling transport of radionuclides in rock and rock fractures with sorption numerically by the lattice-Boltzmann method		
Tutkimuslaitos Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos	Vastuuhenkilö Mikko Voutilainen	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Muut turvallisuustutkimukset		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Useampivuotisen hankkeen ensimmäinen vuosi, joka on jatkoa 2011-2012 toteutetulle hankkeelle "Kiven heterogeenisen huokosrakenteen yhdistäminen matriisidiffuusiomallinnukseen" ja 2013-2014 toteutetulle hankkeelle "Kiven huokosrakenteen kuvantaminen nanotomografialla ja yhdistäminen matriisidiffuusiomallinnukseen".		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Helsingin yliopiston radiokemian laboratorio	Ulkomaiset organisaatiot Poitiersin yliopisto ,Ranska, Fraunhoferin Instituutti,Saksa ja Nagra, Sveitsi.	Muut tutkimusohjelmat, tms. Grimsel, LTD Phase II SimPhoNy (EU FP7)
Miten tuloksien soveltaminen konkreettisesti liittyy Suomen ydinjätehuollon toteuttamiseen? Tuloksia voidaan soveltaa arvioitaessa ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisvaikutuksia, radionuklidien kulkeutumista biosfääriin ja loppusijoitustilaa ympäröivän kivimatriisin pädätysominaisuuksia. Niitä voivat hyödyntää sekä viranomaiset että ydinjätetoimijat.		
Tuloskategoria Numeeriset smuloinnit	Julkaisujen lukumäärä 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
Tutkimuksen tavoite Tuloksia voidaan soveltaa arvioitaessa ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisvaikutuksia, radionuklidien kulkeutumista biosfääriin ja loppusijoitustilaa ympäröivän kivimatriisin pädätysominaisuuksia. Niitä voivat hyödyntää sekä viranomaiset että ydinjätetoimijat.		
Sisällölliset tavoitteet ja tulokset osaprojekteittain -Valittujen näyttöiden huokostilan kuvantaminen röntgentomografialla. -Kirjallisuuskatsaus, jossa perehdytään kemiallisen sorption tutkimukseen. -Numeerinen simulointi valitulla (in situ -) geometrialla. -Yhteistyö SimPhoNy-projektin kanssa, jossa kehitetään hila-Boltzmann- simulointimenetelmiä. Menetelmää voidaan myöhemmin soveltaa ydinjätteen loppusijoitukseen liittyviin (in situ -) tutkimuksiin.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Referoituja artikkeleita alan kansainvälisissä julkaisuissa, yksi väitöskirja.		
Muu tutkimuksista tiedottaminen Alan konferenssit, kotimaiset (mm. KYT-) seminaarit, esitelmät muissa tutkimusorganisaatioissa, yhteydet alan teollisiin toimijoihin.		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

Tutkimushankkeen nimi Radiohiilen kemialliset muodot ja sorptio kallioperässä		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Chemical forms and sorption of radiocarbon in geosphere		
Tutkimuslaitos Helsingin yliopiston kemian laitos, Radiokemian laboratorio (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 aloitettiin pro gradu –työnä 2012. Varsinainen projekti kestää vuodet 2013-2018.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot VTT, GTK	Ulkomaiset organisaatiot	Muut tutkimusohjelmat, tms. Ytera
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 –tutkielmaa - 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) Radiohiilen pidättymisestä kalsiittiin lähetetään julkaistavaksi tieteellinen artikkeli. Raudan oksideihin tapahtuvan radiohiilen sorption pH-riippuvuus selvitetään. Hiilispesieksiä analysoidaan kaasukromatografia-massaspekrometrian avulla ja loppusijoitusolosuhteita simuloivissa olosuhteissa selvittää, pelkistyykö hiilidioksidina liuennut radiohiili metaaniksi loppusijoitusvyvydellä kallioperässä.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset: tieteellinen artikkeli radiohiilen pidättymisestä kalsiittiin Konferenssijulkaisut ja työraportit: 1-2 konferenssiesitystä, ainakin Migration 2015 Opinnäytteet: 1 Luk-tutkielma		
Muu tutkimuksista tiedottaminen (esim. seminaari, tiedote, tms.)		

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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	Vastuuhenkilö Eila Lehmus	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Ei		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot	Ulkomaiset organisaatiot University of Sheffield, United Kingdom; Research Centre Rez in the Czech Republic	Muut tutkimusohjelmat, tms. Horizon 2020, EURATOM hankkeet CEBAMA, GENUIN
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 liukenemistä vastaan antaa uusia mahdollisuuksia. Sementtipohjaisessa orgaanisen jätteen kiinteytyksessä on niiden kemiasta johtuen yhteensopivuusongelmia sementin hydrataation häiriintymisen takia. Lisäksi sementtipohjainen kiinteytyksensä 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 ¹³⁷Cs 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 kapselointumiseen. 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 kolme 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 2015

Tutkimushankkeen nimi Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemeissä		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Risk assessment of radioactive waste: development of radioecological modelling for terrestrial and aquatic ecosystems		
Tutkimuslaitos Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen 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	Ulkomaiset organisaatiot	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 maaperästä sellaisiin boreaalisen metsän avainlajeihin, joista on vähän aiempaa tietoa (sienet, muurahaiset) sekä vedestä vesihyönteisiin ja kaloihin. 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 3	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 Väitöskirja 1-3 Pro gradu -työtä
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: Maaekosysteemitutkimukset toteutetaan muulla rahoituksella, ei tavoitteita 2015 Osaprojekti 2: Vesiekosysteemitutkimukset <ul style="list-style-type: none"> • Tutkimuksiin soveltuvien lampien valinta • Näytteiden (vesi, sedimentti, surviaissääsken toukat, kalat) otto ja analysointi Osaprojekti 3: Radioekologisen mallintamisen kehittäminen <ul style="list-style-type: none"> • Kolme tieteellistä artikkelia (edellisen hankkeen aineistosta) • Väitöskirja 		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit (aineisto aiemmasta hankkeesta, julkaistaan 2015) 1. Tuovinen ym.: Non-linear transfer of elements from soil to plants: impacts on radioecological modelling		

2. Tuovinen ym.: Transfer of elements relevant to nuclear fuel cycle from soil to plants and animals in experimental meso- and microcosms
3. Artikkelit v. 2013 tehdyistä kokeista, joilla selvitettiin ravinnetason (typpi) vaikutusta alkuaineiden siirtymiseen maasta kasveihin

Opinnäytteet

Väitöskirja (Tiina Tuovinen)

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

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

Kansainväliset tieteelliset kokoukset, KYT2014-ohjelman raportit, seurantakokoukset ja seminaarit

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenvedo 2015

Tutkimushankkeen nimi Biosfäärimallinnituksen vaihtoehtoiset menetelmät ja niiden arviointi (VABIA)		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi Alternative methods for biosphere modelling and their evaluation		
Tutkimuslaitos Tampereen teknillinen yliopisto, Porin laitos	Vastuuhenkilö 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 laitoksessa aiemmin tehdyille (ei KYT) biosfääritutkimukselle ja nyt haettava hanke on suunniteltu kestävänsä kaikkiaan 4 vuotta.		
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 yksinkertaistaminen ja vertailu vastaaviin malleihin. Simulaatiomallit tulevat olemaan avoimia jakelukanavan kautta ja kaikkien saatavilla		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Simulaatiomalli, tietokone	Julkaisujen lukumäärä v. 2015: 1-2 julkaisua tieteellisissä lehdissä 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 yksinkertaisempia biosfäärimalleja kuin Posivalla ja SKB:llä on ja luoda niistä kokonaisuus, jolla biosfäärimallinnituksen asiantuntija voi testata eri parametrien vaikutusta radionuklidien kulkeutumiseen.		
Sisällölliset tavoitteet osaprojekteittain (Tiivis yhteenvedo suunnitelluista tuloksista osaprojekteittain) Vuoden 2015 tavoitteena on mallinnusinfrastruktuurin pystytys ja perehtyminen sen käyttöön; 1-2 esimerkkimallin toteutus sekä vertailu olemassa oleviin malleihin; herkkyyssanalyysin määrittely esimerkkimalleille.		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Ryhmämme toimesta on aiemmin julkaistu seuraavia aihepiiriin liittyviä töitä: Jari Pohjola, 2014. Probabilistic Modeling of Landscape Development and Surface Water Body Formation. <i>Doctoral Thesis</i> , 1266, Tampere university of technology. Anna Eteläaho, Teemu Kumpumäki, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Anne Nummela, 2014, Windmill farm visualization in Western Finland. <i>Journal of Architectural and Planning Research</i> (Accepted to be published). Jari Pohjola, Jari Turunen, Tarmo Lipping, Ari Ikonen, 2014. Biosphere development modeling based on statistical framework. <i>Computers & Geosciences</i> , 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. <i>EARSeL eProceedings</i> , 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 2015

Tutkimushankkeen nimi KARMO II – Kallion rakopintojen mekaaniset ominaisuudet		
Tutkimushankkeen nimi englanniksi KARMO II – Mechanical Properties of Rock Joints		
Tutkimuslaitos Aalto-yliopisto	Vastuuhenkilö 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 DynaMine C (2015)
Tutkimuksen tavoite KARMO:n tavoitteena on kehittää menetelmä kallion rakopintojen mekaanisten ominaisuuksien määrittämiseksi numeerista mallinnusta varten laboratoriomittakaavan replikakoesarjan avulla.		
Tuloskategoria - mittausaineisto ja 3D-mallit - betoniresepti replikaatioon - laatuohje fotogrammetriaan	Julkaisujen lukumäärä 1 konferenssijulkaisu 2015	Opinnäytetöiden lukumäärä 1 diplomityö 2015 1 erikoistyö 2015 2 kandityötä 2015
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 tavoitteet osaprojekteittain 2015		
<p>1 Fotogrammetrisen menetelmän kehitystehtävä: Fotogrammetrisen lähtöaineiston tuottaminen valumuoteista sekä koestetuista betonireplikoista ja 3D-mallien tuottaminen pistepilvestä (kandityö). Lähtötietojen määrällisten ja laadullisten vaatimusten määrittäminen ja digitaalisen tarkkuudenmittausmetriikan kehittäminen ja julkaiseminen.</p> <p>2 Replikaatioprosessin todennus- ja kehitystehtävä: Ihanteellisen betonireplikaatioreseptin (hyvä toistettavuus, tarkka erottelukyky sekä ilmakuplattomuus) kehittäminen kokeellisesti.</p> <p>3 Kallistuspöytäkokeet ja menetelmä kuvauksen raportointi: KARMO I –tulosten esittely ISRM2015-konferenssissa ja kansainvälinen yhteistyö. Nykyisen kallistuspöytälaitteiston (0,5 m x 0,25 m) kunnostaminen ja kirjallisuustutkimus kallistuspöytä tutkimuksista.</p>		
Julkaisut ja opinnäytetyöt 2015 - <i>Requirements for initial data in photogrammetric replication of rock joint surfaces</i> (konf.julkaisu) - <i>Determining rock joint mechanical properties using the Tilt Table</i> (erikoistyö) - <i>Rakopinnan karkeuden mittaaminen fotogrammetrisesti</i> (kandityö) - <i>Itsetiivistyvä betoninen jäljennysmateriaali rakopinnoille</i> (kandityö)		
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 2015

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	Vastuuhenkilö Eevaliisa Laine	
Mihin KYT-painopistealueeseen hanke kuuluu? (ks. puiteohjelma, Kuva 2) Ydinjätehuollon pitkäaikaisturvallisuus		
Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke on jatkoa Kalliolaatu-hankkeelle, jota KYT rahoitti vuosina 2009-2011. Hanke on suunniteltu 4-vuotiseksi.		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Aalto yliopisto CSC Posiva	Ulkomaiset organisaatiot Nancyn yliopisto NGU	Muut tutkimusohjelmat, tms.
Tutkimuksen tavoite Tavoitteena on luoda rakosimulaatio-tietokoneohjelma ja jakaa se alan tieteellisten julkaisuiden kautta käyttäjille.		
Tuloskategoria (esim. kokeellinen menetelmä, tietokoneohjelma) Tietokoneohjelma	Julkaisujen lukumäärä	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
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) Osaprojekti 3: Käyttöliittymän luonti (Aalto yliopiston Georakentamisen laboratoriossa tehtävä diplomityö, jonka valvojana toimii professori Jussi Leveinen). Osaprojekti 4: Tulostiedostot ja 3D-visualisointi (Laine (GTK) vastaa).		
Julkaisut ja opinnäytetyöt Tieteelliset artikkelit ja lehtikirjoitukset Konferenssijulkaisut ja työraportit		

Opinnäytteet
DT

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

Simulointikoodin koulutus ja esittely kotimaisissa kokouksissa.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT2018) Hakuyhteenveto 2015

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		
<p>Tutkimusjatkumo (onko hanke jatkoa aiemmalle tutkimukselle, suunnitellaanko jatkoa?) Hanke jatkaa Jyväskylän ja Tampereen yliopistojen monivuotista KYT-tutkimusten sarjaa.</p> <p>Tutkimusryhmän KYT2010-ohjelmakauden aikainen toiminta on johtanut laajaan kansainväliseen yhteistyöhön mm. EURATOMin FP7 InSOTEC-hankkeessa. FInSOTEC-hankkeen KYT-rahoitus mahdollisti täysimittaisen osallistumisen tutkimukseen.</p> <p>Kansainvälisen rahoituksen päätyttyä haetaan vuodelle 2015 KYT-rahoituksella katettavaa Suomen ja Ruotsin loppusijoitushankkeisiin keskittyvää tutkimusprojektia.</p> <p>Matti Kojon (2014) väitöskirjassa on hyödynnetty aiempien KYT ja JYT-projektien julkaisuja. Mika Karin vuonna 2015 ilmestynyt väitöskirja pohjautuu myös KYT-rahoitteisten projektien aineistoihin.</p> <p>Tutkimussuunnitelma sisältää alustavan suunnitelman tutkimuksesta vuoteen 2018 saakka ja jatkosuunnitelmia muokataan ohjausryhmän palautteen ja saatujen tulosten mukaisesti.</p>		
Yhteistyökumppanit		
Kotimaiset organisaatiot Jyväskylän yliopisto	Ulkomaiset organisaatiot Norwegian University of Science and Technology, Michigan Technological University, LINDES ja STING EURATOM-hanke-ehdotusten partnerit	Muut tutkimusohjelmat, tms. Suomen Akatemian "Societal-Institutional Regulation of Nuclear Fuel Cycle in Finland and Sweden" -projekti, Suomen akatemian "Social License to Operate" -projekti, SAFIR2014 SISIANs projekti, HORIZON2020 EURATOM LINDES ja STING hanke-ehdotukset, SAFIR2018 GoSAFE hanke-ehdotus
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 2	Opinnäytetöiden lukumäärä 1
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)		

1. Analysoida kansalaisosallistumisen roolia loppusijoituksen luvituksessa Suomessa ja Ruotsissa.
2. Analysoida rakennuslupahakemukseen liittyvää yhteiskunnallista keskustelua printtimediassa Suomessa ja Ruotsissa.

Julkaisut ja opinnäytetyöt

- 1 kansainvälinen tiedeartikkeli (alustavasti Risk, Hazards & Crisis in Public Policy)
- 1 työraportti
- 1 väitöskirja (Mika Kari, Jyväskylän yliopisto)

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

1. Konferenssiesitelmä (SENIX, Tukholma)
2. Seminaari / Seminaari työryhmä SAFIR-ohjelman "Governing overall safety - interfaces of organisations, expertise, technologies and safety areas" projektin ja Suomen Akatemian "Social license to operate": a real tool or rhetoric? Examining the mining industry in Finland, Australia, and Canada" projektin kanssa.
3. Tampereen yliopiston tiedote em. kansainvälisen tiedeartikkelin keskeisistä tuloksista.

Liite 2 KYT2018 organisaatio² 2015
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	
Jaana Avolahti (Jorma Aurela)	TEM	varapj.
Mia Ylä-Mella (Hanna Virlander)	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	
Tuulikki Sillanpää	STUK	
Pasi Kelokaski	Fortum	
Seppo Kasa	Posiva	
Kari Koskinen	Posiva	
Tuire Haavisto (Maria Palomäki)	TVO	

KYT2018 Tukiryhmä II: Turvallisuuden arviointi ja innovaatiot

Jäsen (varajäsen)	Organisaatio	Tehtävä
Kai Hämäläinen	STUK	
Arto Isolankila	STUK	
Petri Jussila	STUK	pj.
Jarmo Lehikoinen	STUK	
Paula Ruotsalainen	STUK	
Tapani Eurajoki (Karita Kajanto)	Fortum	
Anne Lehtinen	Posiva	
Marja Vuorio	Posiva	
Janne Vahero (Maria Palomäki)	TVO	

² Henkilömuutokset ovat mahdollisia, tässä esitetyt listat perustuvat vuoden 2014 lopun tilanteeseen.

KYT2018 Tukiryhmä III: Yhteiskunta ja ihminen

Jäsen	Organisaatio	Tehtävä
Jaana Avolahti	TEM	pj.
Juhani Tirkkonen	TEM	
Jarmo Lehtinen	STUK	
Timo Seppälä	Posiva	
Tiina Tigerstedt	Fennovoima	asiantuntija
Juha Poikola	TVO	
Miliza Malmelin	YM	
Anna-Maria Länsimies	Fortum	

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

Liite 3 KYT2018 hankeseuranta 2015

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 2015 hankehaun yhteydessä. Käytännön seurantatyö tapahtuu muun muassa erityisissä seurantakokouksissa ja näitä kokouksia varten tukiryhmät I ja II ovat v. 2015 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; 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 Carpén, 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; Marja Siitari-Kauppi, HYRL
- C-14 vapautuminen metallijätteestä; Kaija Ollila, VTT
- Rakovirtaus-, matriisidiffuusio- ja sorptiomallinnus hila-Boltzmann menetelmällä; Jussi Timonen, 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 Carpen, VTT
- Mikrobiyhteisöjen rikkimetabolian loppusijoitusolosuhteissa (GEOBIOKIERTO); Hanna Miettinen, VTT

Muut hankkeet

- Ravinteet, energia ja kaasut kalliobiosfäärissä (RENGAS); Lasse Ahonen, GTK

8. Biosfääri

- Ydinjätteen riskien arviointiin soveltuvan radioekologisen mallintamisen kehittäminen maa- ja vesiekosysteemissä; 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 (Jaana Avolahti)

10. Yhteiskuntatiede

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