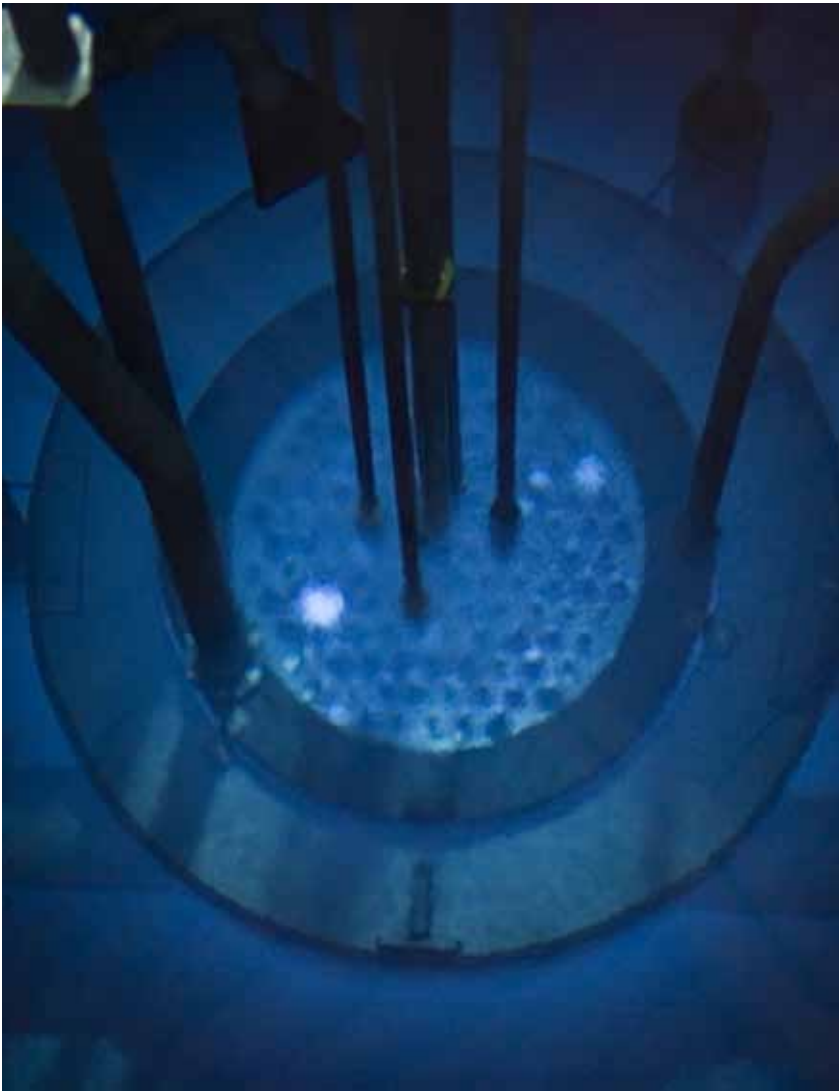


ATS Ydintekniikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA - ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND RY

2  2014 vol. 43



Tässä numerossa:

- 3** Pääkirjoitus: Suomalainen ydinenergiaosaaminen, Elinehto ja mahdollistaja
- 4** Editorial: Finnish nuclear energy competence, A lifeblood and an enabler
- 5** Tapahtumia
- 6** YES-strategia linjaa ydinenergia-alan tutkimusta 2030-luvulle
- 8** Tutki tuulen suuntaa... Kestät kyllä sen
- 11** Ilmastonmuutoksen hillintä
- 14** Suomen ensimmäisen ydinlaitoksen käytöstäpoisto
- 17** Ydinreaktorin säteilevät hautajaiset
- 20** Urapolut ydinvoima-alalla
- 22** Väitöskirja
- 24** Reaktorin laidalla
- 24** Yhteystiedot
- 27** ATS:n uudet jäsenet

Suomen ensimmäisen ydinlaitoksen käytöstäpoisto

Päätoimittajalta

Heinäkuussa 2014 Norilsk Nickelin tehtaasta pääsi Harvalla Kokemäenjokeen prosessivettä, joka sisälsi muun muassa 66 tonnia nikkelisulfaattia. Lisäksi jokeen päätyi pienempiä määriä kobolttia, kuparia, lyijyä sekä kadmiumia. Kyseessä on Suomen historian suurin nikkelipäästö.

Paljon kohua herättänyt Talvivaaran kaivoksen nikkelipäästö vuonna 2012 oli noin 2–3 tonnia, jonka lisäksi ympäristöön pääsi myös muita aineita.

Miten heinäkuinen mediakenttä asiaan reagoikaan? Huomasitko sinä, minkä laajuisesta päästöstä oli kysymys? Minulta meinasi nimittäin mennä ohi. Vasta valistuneen toimittajaystäväni Facebook-keskustelu herätti seuraamaan asian uutisointia tarkemmin. Kansalaisten ja ympäristön turvallisuus oli kyseessä, mutta televisiossa haasteltuja joenvarteen kerääntyneitä uimareita päästö ei tuntunut paljoakaan hetkauttavan.

Yhtiöiden ja viranomaisten toimintaa minun on turha verrata, siitä en tiedä riittävästi. Sen sijaan tapahtumien uutisoinnista ja tiedottamisesta olen tehnyt muutaman huomion.

Vuonna 2012 Talvivaara julistettiin

"vuosituhannen ympäristökatastrofiksi". Media pursui ylisanoja, Kainuuta ravisteli jättimäinen skandaali, eikä kriisiviestinnän perusoppeja taidettu noudattaa sen enempää yhtiössä kuin viranomaistenkaan piirissä. Median kaiveleminen tietojen varassa huhut lähitivät liikkeelle, niihin ei pystytty julkisesti kommentoimaan mitenkään.

Heinäkuussa 2014 uutisiin nousivat Kokemäenjoessa ilmenneet simpukka- ja kalakuolemat. Ne tuntuvatkin olevan Norilsk Nickelin nikkelisulfaattipäästön ympäristövaikutuksista merkittävimmät. Ihmisille suunnattuja jokiveden käyttörajoituksia ei lopulta tullut. Tieto löytyi samansuuntaisena heinäkuussa sekä Porin kaupungin että ELY-keskuksen nettisivuilta. Silti itseäni yhä askarruttaa, mitä yhä gramman tarkkuudella seurattavista nikkelipitoisuuksista pitäisi tavallisen kansalaisen tulkita. Pitääkö olla huolestunut vai ei? Entä muut aineet?

Viestinnällinen lopputulemani näistä kahdesta ympäristötapauksesta on tässä vaiheessa se, että aktiivisella viestinnällä tilanteen varsinaiselle ratkaisemiselle ostetaan aikaa. Norilsk Nickel on kertonut asioista selvästi. Julkinen loki, josta selviää tiedotteen

ajankohta, tapahtumien siihen astinen kulku, ajankohtainen tilanne sekä viestintävastuut, on yksittäisiä tiedotteita selkeämpi tapa kertoa itse tapahtumasta. Erityisesti siitä on hyötyä, kun asiaa yrittää koostaa yhteen monen eri toimijan nettisivuilta ja tiedotusvälineistä.

Mutta keneltä sitten itse etsisin tietoa, jos vastaava tilanne osuisi omalle kohdalle? Siihen en yksiselitteisesti osaa vastata.

Ydinvoimalaitoksen valmiusviestintää harjoiteltaessa olen oppinut, että pelastusviranomaisen johtaa tilannetta ja vastaa myös kansalaisia koskevasta tiedottamisesta. Yhteistyö eri viranomaisten kanssa on oltava saumatonta, jotta viesti lähtee liikkeelle oikein ja kestää häiriöt, joita se kohtaa mutkikaalla matkallaan ennen kuin se tavoittaa vastaanottajan.

Sosiaalinen media on hajanaisuudesta huolimatta osoittanut vahvuutensa herättäjänä jo monessa keitoksessa. Viestintästrategisesti myös se on otettava huomioon.

Anna-Maria Länsimies

päätoimittaja

anna-maria.lansimies@fortum.com

Kesän kuva

Fukushimassa radioaktiivisten nuklidien vesienkäsittelymenetelmien testaus- ja todentamisprosessi on edennyt vaiheeseen, jossa laitteiston kapasiteettia ja absorbaattoreiden vaihtoväliä testataan liikuteltavilla 1/10 mittasuhteen laitteilla, jotka käsittelevät vuorokaudessa 50 m³ radioaktiivista jätevettä. Käsitellyt vedet johdetaan erilliseen varastosäiliöön. Lopulliset testitulokset valmistuvat noin kolmessa kuukaudessa. Kuvat on otettu 14. elokuuta 2014. Lähde: Tepco.



Suomalainen ydinenergiaosaaminen Elinehto ja mahdollistaja

Ydinenergia ei jätä ketään kylmäksi – ollaan joko vahvasti puolesta tai vastaan. Näin voi karrikoiden asiat ilmaista. Viimeisen vuoden aikana ydinvoima on noussut jo valtakunnan ykkösaiheeksi hallituksen koosapysymisen uhkaajana. Tämän ovat saaneet aikaan valtioneuvostolle jätetyt periaatepäätösten täydennyshakemukset. Vihreiden puoluekokouksen asialistan yhtenä pääaiheena, ainakin lehtikirjoitusten mukaan, oli suhtautuminen ydinvoimaan.

Ydinvoima siis koskettaa koko yhteiskuntaa hyvin voimakkaasti. Riippumatta siitä mitä mieltä ydinvoimasta ollaan, niin uskon jokaisen sisimmässään haluavan, että ydinenergian käyttö on vastuullista toimintaa, jossa korostuu turvallisuus ja osaaminen. Nämä kumpikin ovat olleet Suomen valtteja, niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin tarkasteltuna. Jotta voimme jatkaa ydinenergian menestyksellistä käyttöä maassamme, on varmistettava, että osaaminen on kunnossa tulevaisuudessakin ja luo osaltaan edellytykset kilpailukykyiseen vähähiiliseen yhteiskuntaan.

Ydinvoimaa 1960–1970-luvulla rakentaneet pioneerit alkavat olla eläkkeellä. Uusi sukupolvi on entistä keskeisemmin mukana alan kehittämisessä. Myös ensimmäiseksi rakennetut ydinlaitokset ja koelaitteistot ovat tulossa elinkaarensa päähän. Uuden sukupolven Olkiluoto 3 -laitosyksikön lisäksi ollaan rakentamassa myös muuta infrastruktuuria. Olemme siis melkoisessa alan murrosvaiheessa.

Vuoden 2010 periaatepäätösten yhteydessä eduskunta kiinnitti huomiota kotimaisen ydinenergia-alan osaamisen hyödyntämiseen. Sen pohjalta muodostui näkemys, että huolimatta korkeatasoisesta nykytoiminnasta tarvitsemme oman strategian ydinenergia-alan tutkimukselle.

Viime vuoden alussa aloitettiin TEM:n johdolla vuoteen 2030 ulottuvan strategiatyön valmistelu. Työhön saatiin mukaan reippaasti toistasataa alan asiantuntijaa. Se ei ollut siis ministeriön ”salaista puuhastelua”, kuten toisinaan ministeriön toimintaan viitataan, vaan edusti hyvin laajasti koko alan suomalaisten toimijoiden näkemystä. Taas keran vahvuutemme – voimakas yhteen hiileen puhaltaminen

kansallisen edun nimissä – osoitti voimansa.

Strategia kuvaa painopistealueita, joten siinä ei voida käsitellä kaikkia tärkeitä asioita vaan on keskityttävä oikeisiin painotuksiin ja priorisointiin. Nyt on saatu valmiiksi kansallinen strategia. Tästä toiminta jalkautuu eri toimijoille ja niillä voi olla omia painopisteitä ja strategioita, jotka eivät nouse esiin kansallisella tasolla, mutta ovat toimijoiden omalta kannalta tärkeitä. Toisaalta kansallisen strategian soisi ohjaavan myös toimijoiden omia strategioita. Sitä kautta olemme entistä vahvempia.

Kuten alussa totesin, ydinenergian yhteiskunnallinen asema on merkittävä. Siksi strategiatyöhön otettiin mukaan uutena elementtinä teknillistieteellisten aiheiden lisäksi myös yhteiskuntatieteellinen näkökulma tukemaan ja laajentamaan asian yhteiskunnallista merkittävyyttä. Siinä piti itse kunkin useaan otteeseen ottaa käyttöön out-of-the-box-ajattelu, jotta pystyimme luomaan aidosti uutta.

Mikä on alan tulevaisuus tästä murrosvaiheesta eteenpäin? Tuskin kukaan osaa sanoa sitä tarkalleen. Siksi työsä hahmoteltiin useita skenaarioita. Niiden avulla strategia istuu paremmin tulevaisuuteen – millainen se sitten ikinä tulee olemaankaan.

Tutkimusstrategiassa on myös selvä kytkös korkean teknologian vientimahdollisuuksiin ja innovaatioihin. On olemassa tahtotila - tutkimuksesta liiketoimintaa, joka kasvaa ja kansainvälistyy. Tällä puolestaan on merkitystä Suomen kilpailukykyyn ja sitä kautta hyvinvointiimme.

Työtä tehtiin hyvässä talkoohengessä ja ainakin ohjausryhmässä vallitsi henki, että tehdään vakavia asioita, mutta ei liian vakavasti. Eri osa-alueiden näkemykset pystyttiin yhdistämään syvällisen keskustelun ja pohdinnan jälkeen tasapainoiseksi strategiaksi. Se, että valmistelussa on ollut mukana niin laaja joukko tekijöitä, helpottaa strategian jalkauttamista.

Ilman jalkauttamista hyvinkin strategialuonnos jää hiekkana. Tässä on siis kaikille alalla toimiville seuraava askel otettavaksi ja haaste toteutettavaksi. Tehdään yhdessä alan osaamisestamme mahdollistaja.

*Ilman jalkauttamista
hyväkin
strategialuonnos
jää hiekkana.*

Finnish nuclear energy competence A lifeblood and an enabler

Nuclear energy does not leave anyone cold - people are either staunch supporters or strong opponents. This might be an exaggeration, but in the past year nuclear power has become the main threat in the media to the cohesion of the Finnish Government. This has been achieved by the applications submitted to the Government for supplements of the Government's Decisions-In-Principle. One of the main topics of the party congress of the Greens of Finland was, at least according to newspaper reports, the party's attitude toward nuclear energy.

Indeed, nuclear energy has a powerful impact on the whole of society. Regardless of what people think about nuclear energy, I believe that everyone in his or her heart wants the use of nuclear energy to be something that is done responsibly with an emphasis on safety and competence. Both of these are trump cards for Finland, both nationally and internationally. If we are to continue the successful use of nuclear energy in our country, we need to make sure that our competence is up to standard in the future as well, and that it will help create the preconditions for a competitive low-carbon society.

The pioneers in the field, who built nuclear power in the 1960s and 1970s, are now entering retirement age. The new generation is even more involved in the field's development. The first nuclear plants and test facilities are also coming to the end of their operating life. In addition to the new generation Olkiluoto Unit 3, other infrastructure is also being built in Finland. We are therefore in quite a period of transition.

In connection with the Decisions-In-Principle made in 2010, Parliament drew attention to the utilisation of domestic nuclear energy competence. A view was formed on its basis, according to which, we need our own strategy for research in the field of nuclear energy in spite of current high-level activities.

In the beginning of 2013, work began on a strategy that would span to 2030 under the leadership of the Ministry of Employment and the Economy. Over 100 of the field's experts were successfully participating in the project. This work was never a "secret project" by the ministry, as is sometimes said about the ministry's activities, but rather had broad representation from all Finnish actors in the field. We

have once again demonstrated that one of our key strengths is pulling together in the name of national interest.

Normally, a strategy is an outline of focus areas and cannot examine all important issues; it must focus on the correct points of emphasis and prioritisation. Now, we have completed a national strategy. The activities within will be divided between different actors, and these actors will have their own focus areas and strategies that have not been highlighted at the national level, but which are of importance the actors themselves. It would be ideal if the national

strategy were also to guide the strategies of the players. That would make us even stronger.

As I pointed out in the beginning, nuclear energy is of great importance to society. For this reason, the new element of a social science perspective was included in the strategy work in addition to technological scientific aspects. This was done in order to support and expand the social significance of the topic. All members had to adopt an out-of-the-box type

of thinking in our work in order to allow us to create something genuinely new.

What is the future of the field from this transitional stage forward? No one is able to give an exact answer. That is why several scenarios were visualised in the work. With their help the strategy fits better with the future, whatever that future may turn out to be.

The research strategy also has a clear link with high-tech export possibilities and innovations. There is a desire to turn research into business which grows and becomes increasingly international. This, in turn, is significant for Finnish competitiveness, and as a consequence, for our well-being.

The work was done in a good cooperative spirit, and at least in the steering committee there was a prevailing feeling of doing serious things, but not too seriously. The views of the various areas were successfully combined into a balanced strategy after in-depth discussion and consideration. The fact that a wide group of people has been involved in the preparations makes it easier to implement the strategy.

If the strategy is not put into use on all organisational levels, even good preparations will all be for nothing. The strategy includes a next step for all who operate in the field to take and a challenge to be implemented. Let's work together to make our competence in the field as an enabler.

*If the strategy is not
put into use on all
organisational levels,
even good
preparations will all
be for nothing.*

27.5.2014 ATS:n jäsentilaisuus

Ydinenergia-alan tulevaisuuden teknologiat



ITER:n massiiviset osat joudutaan kuljettamaan yöaikaan.

Kevään jäsentilaisuus, jossa luotiin katsaus ydinenergia-alan tulevaisuuden teknologioihin järjestettiin Fortumin pääkonttorilla Keilaniemessä 27.5.

Tilaisuuden aluksi TEM:n **Jorma Aurela** esitteli vasta valmistunutta ydinenergia-alan tutkimusstrategiaa. YES-hanke käynnistettiin osaamisyöryhmän raportin suositusten perusteella tavoitteena määrittää suuntaviivat suomalaiselle ydinenergia-alan tutkimukselle vuoteen 2030 saakka.

Strategiaa suunniteltiin kuudessa jaostossa, joiden työhön osallistui yli 100 alan asiantuntijaa. Työn tulos on konkreettisesti koottu seitsemään suositukseen, jotka tähtäävät tutkimuksen, opetuksen ja infran kansalliseen hallintaan suurina kokonaisuuksina painottaen myös kansainvälisen yhteistyön ja innovaatioverkostojen tärkeyttä.

Yksi YES:n jaostoista keskittyi ydinenergian tulevaisuuden teknologioihin ja perusfysiikkaan. Jäsentilaisuuden tekniset esitykset kuultiinkin tämän jaoston jäseniltä. Ensimmäisenä jaoston puheenjohtaja **Kristiina Söderholm** Fortumilta pureutui pienten modulaaristen reaktoreiden lisensioinnin haasteisiin.

Esitys perustui hänen väitöskirjaansa, jossa käydään läpi eri maiden lisensiointikäytäntöjä ja arvioidaan niiden soveltuvuutta pienten modulaaristen reaktoreiden tapauksessa. Työssä ehdotetaan lisensiointimallissa hyödynnetään konseptin modulaarisuutta erottamalla ydinturvallisuudelle kriittisin osa, jonka

perusdesign voitaisiin hyväksyä laitospaikasta riippumattomasti.

Tulevaisuuden teknologiat nojautuvat vahvasti neljännen sukupolven reaktoreihin ja luonnollisesti myös fuusioon. Molemmat teknologiat tuotiin esille myös jäsentilaisuudessa. VTT:n **Sami Penttilä** esitteli Gen IV -tutkimuksen painopistealueita Suomessa. Seuraavan sukupolven teknologioiden tutkimuksessa saavutetaan helpommin korkea tieteellinen taso julkaisujen, tohtorintutkimusten ja innovaatioiden kautta määriteltynä.

TEM, voimayhtiöt ja STUK ovat ilmaisseet tahtotilansa Suomen mukanaolosta alan tutkimuksessa ja myös EU:n energiapolitiikka ohjaa tutkimusta Gen IV:n suuntaan. Lisäksi erityisesti materiaalitutkimuksen puolella Gen IV -tutkimus hyödyttää myös Gen III:n käytännönratkaisuja.

Fuusiotutkimuksen tilannekatsauksen piti **Tuomas Tala** myös VTT:ltä. Eurooppalaista fuusioenergiatutkimusta koordinoiva EFDA on julkaissut tiekartan, joka tähtää fuusiolla tuotetun energian syöttämiseen sähköverkkoon vuoteen 2050 mennessä.

Tavoitetta rytmittävät isot rakennushankkeet ITER ja DEMO. ITER:n tarkoituksena on osoittaa fuusion teknisteellinen toteutettavuus, eli että energiaa pystytään tuottamaan jopa kymmenen kertaa enemmän kuin sitä tarvitaan reaktion ylläpitoon.

ITER:ia rakennetaan tällä hetkellä Etelä-Ranskan Cadarachessa ja reaktorin on oletettu käynnistyvän 2020.

Seuraava vaihe eli DEMO-laitos pyrkii osoittamaan fuusiosähkön tuotannon kaupallisen toteutettavuuden. DEMO tullaan kytkemään sähköverkkoon ja sen on tarkoitus myös hyötää polttoaineensa. DEMO:n suunnittelu on jo käynnissä ja sen rakentamisen on aikataulutettu alkavan 2030-luvun alkupuolella.

Lopuksi järjestettiin paneelikeskustelu, johon osallistui esiintyjien lisäksi professori **Riitta Kyrki-Rajamäki**. Paneelistit pohtivat muun muassa keinoja YES-tutkimusstrategian eteenpäin viemiselle omalla alueellaan ja listasivat potentiaalisia avainpartnereitaan sekä odotuksia mahdollisen yhteistyön tuomasta lisäarvosta. Tilaisuus oli keskimääräistä suosittu, sillä paikalla oli yhteensä 55 henkeä. Nähtävästi jatkossakin on hyvä laajentaa jäsentilaisuuksien teemoja klassisen fission teknologian ja alan ajankoh- taisten aiheiden ulkopuolelle.

Teksti ja kuva:
DI Anna Nieminen
Sihtööri
ATS
sihtööri@ats-fns.fi





Ydinenergia-alan tutkimusstrategian ohjausryhmä luovutti työnsä tuloksen elinkeinoministeri Jan Vapaavuorelle 28.4.2014. Vasemmalta Jussi Leppänen (TEM), Liisa Heikinheimo (TVO), Jukka Lehto (Helsingin yliopisto), Eeva Kalli (Energiateollisuus), Marjut Vähänen (Posiva), Kristiina Söderholm (Fortum), Jorma Aurela (TEM), Saira Seppo (Suomen Akatemia), Riitta Kyrki-Rajamäki (Lappeenrannan teknillinen yliopisto), Kari Rasilainen (VTT), Herkko Plit (TEM), Marja-Leena Järvinen (STUK) ja Eija Karita Puska (VTT). Poissa kuvasta ovat Sami Hautakangas (Fortum), Ari Jokinen (Jyväskylän yliopisto), Ville Niemi (TEM) ja Filip Tuomisto (Aalto-yliopisto).

YES-strategia linjaa ydinenergia-alan tutkimusta 2030-luvulle

”Kansainvälisesti korkeatasoinen suomalainen osaaminen ja tutkimus varmistavat turvallisen, kestävän ja kilpailukykyisen ydinenergian käytön sekä edistävät alan liiketoimintamahdollisuuksia.” Näin todetaan ydinenergia-alan tutkimusstrategian visiossa vuodelle 2030. Strategia valmistellut työryhmä luovutti raporttinsa huhtikuun lopussa elinkeinoministeri Jan Vapaavuorelle.

Strategian valmistelu käynnistyi työ- ja elinkeinoministeriön johdolla vuoden 2013 alussa. YES-nimen saaneen hankkeen työhön osallistui reippaasti toista sataa alan asiantuntijaa, jotka edustavat hyvin laajasti koko alan suomalaisten toimijoiden näkemystä. Työ aloitettiin noin 50 hengen seminaarilla tai ideariihellä siitä, mikä on tutkimuksen nykytilanne. Tämän jälkeen muodostettiin hankkeen ohjausryhmä ja kuusi jaostoa työtä tekemään. Työryhmän puheenjohtajana toimi teollisuusneuvos Herkko Plit, pääsihteerinä yli-insinööri Jorma Aurela ja sihteerinä Jussi Leppänen, kaikki työ- ja elinkeinoministeriöstä.

Työ valmistui huhtikuussa siten, että strategia luovutettiin suomeksi painettuna ministerille 28.4. Raportti ilmestyi painettuna englanniksi kesällä 2014 ja lisäksi työn aikana valmistui jaostokohtaisia aineistoja, ja niistä tehty liitekooste julkaistaan myös syyskesällä TEM:n nettisivuilla. TEM valmistele syksyllä myös

tiekartan, jossa on otettu huomioon sekä vuoden 2012 TEM:n Osaamistyöryhmän että nyt päättyneen strategiatyön suositukset.

Ohjausryhmä ja kuusi jaostoa aiheen äärellä

Strategiatyö tehtiin hankkeen ohjausryhmässä ja kuudessa jaostossa. Jaostot tarkastelivat seuraavia teemoja: 1) ydinturvallisuutta (jaoston vetäjänä professori **Riitta Kyrki-Rajamäki**, Lappeenrannan teknillinen yliopisto), 2) Ydinjätehuoltoa (aluksi tutkimus- ja kehityspäällikkö **Marjut Vähänen**, Posiva, myöhemmin tutkimustiimin päällikkö **Kari Rasilainen**, VTT), 3) Ydinenergia-alan tutkijakoulutusta (professori **Filip Tuomisto**, Aalto-yliopisto), 4) Ydinenergian tulevaisuuden teknologioita ja perusfysiikkaa (aluksi professori **Ari Ahonen**, Jyväskylän yliopisto, myöhemmin turvallisuus- ja lisensiointipäällikkö **Kristiina Söderholm**), 5) Yhteiskuntatieteellistä

YES-työssä tarkasteltujen skenaarioiden nelikenttä. Alan kasvu tai kutistuminen johdettiin IAEA:n raportista ja teknologisen murroksen määritelmät tehtiin työryhmässä. Teknologisia murroksia saattaa tapahtua sekä reaktoriteknikassa että ydinjätehuollossa (molempiin sopii ns. neljäs sukupolvi ja fuusio).



Strategiaan sisältyvät seuraavat seitsemän suositusta:

1. Ydinenergia-alan tutkimuksen painopistealueet tulee koota laajoiksi kansallisiksi ohjelmiksi. Eri osa-alueita tulee painottaa ohjelmissa kansallisen tavoitteen ja merkityksen mukaisesti.
2. Ydinenergia-alan suomalaisen tutkimuksen tieteellistä tasoa tulee kohottaa, mikä parantaa Suomen kansainvälistä kilpailukykyä ja näkyvyyttä.
3. Osallistutaan aktiivisesti Suomelle tärkeään kansainväliseen tutkimukseen tekemällä kansallista laaja-alaista ja poikkiteieteellistä yhteistyötä.

4. Ydinenergia-alalle on tutkijakoulutuksen laadun ja määrän varmistamiseksi perustettava laaja ja kattava kansallinen tohtoriohjelmaverkosto.
5. Infrastruktuurin rakentamista, ylläpitoa ja hyödyntämistä on koordinoitava kansallisella tasolla. Rahoituksesta on huolehdittava pitkäjänteisesti ja kansallisten rahoittajien roolit on selkiytettävä.
6. Tutkimustoiminnassa tulee painostaa innovaatioiden kehittämiseen. Liiketoiminnan kasvua ja kansainvä-

listymistä tuetaan kokoamalla toimijat yhteen Team Finlandin alle.

7. Työ- ja elinkeinoministeriön yhteyteen ehdotetaan perustettavaksi ydinenergia-alan tutkimukseen ja käyttöön liittyvä neuvottelukunta pysyväksi asiantuntijaimeksi tukemaan päätöksentekoa ydinenergia-alan kansallisissa kysymyksissä.

ydinenergiatutkimusta (viestintäjohtaja **Eeva Kalli**, Energiateollisuus ry) ja 6) Tutkimuksesta liiketoimintaan ydinenergia-alalla (tutkimus- ja kehityspäällikkö **Liisa Heikinheimo**, TVO).

Työhön osallistui näissä jaostoissa ja kahdessa järjestetyssä laajassa seminaarissa yli 100 henkilöä eri hallinnonaloilta, alan tutkimus- ja oppilaitoksista sekä yrityksistä. Toinen seminaari käsitteli ryhmätöissään alustavia suosituksia tammikuun 2013. Työryhmä kuuli myös asiantuntijakuulemisissa seuraavia henkilöitä: pääjohtaja **Tero Varjoranta** (STUK), toimialajohtaja **Kari Larjava** (VTT), vararehtori **Ilkka Niemelä** (Aalto-yliopisto), pääjohtaja **Heikki Mannila** (Suomen Akatemia) ja professori **Sisko Salomaa** (STUK).

Neljä tulevaisuuskuva ydinenergian käytöstä

Strategiassa on neljä erilaista tulevaisuuskuva ydinenergian käytön maailmassa vuoteen 2030 saakka. Kaikissa vaihtoehdoissa ydinenergian käytön

edellytyksenä on Suomessa edelleen turvallisuus ja yhteiskunnan kokonaisuus, mutta kaksi muuta muuttujaa ovat ensinnä se, kutistuu vai kasvaako ala ja toisaalta se pitäydäänkö nykyisessä teknologiassa vai tapahtuuko teknologiamurroksia. Siten ydinenergian kansallisen ja maailmanlaajuisen käytön kehityksestä riippumatta tulee Suomessa olemaan tarvetta ydinturvallisuuteen keskittyvälle tutkimukselle, mutta tutkimuksen laatu ja määrä vaihtelevat. Skenaarioiden ääripäiden nimet ovat "Auringonlaskuskenaario" ja "Läpilyöntiskenaario" ja jokainen voi kuvitella, mitä ne sisältävät.

Vahvoja osaamisen alueita ovat ydinlaitosten turvallisuuden arviointi ja luvitus, turvallisuuteen vaikuttavien perusilmiöiden tutkimus, ydinjätehuoltoon liittyvä tutkimus sekä teknistieteellinen uudet ja vanhat teknologiat yhdistävä poikkiteieteellinen osaaminen. Suosituksen 6 mukaan nämä tulevat olemaan kärjet myös liiketoiminnan kehittämi-

selle. Jo nyt on jalkauttaminen edennyt siten, että FinNuclear ja kolme SHOKkia (huippuosaamisen keskittymiä luovia osakeyhtiöitä) kehittävät ydinenergiaosaamisen laajamittaiseen vientiin liittyvää "ekosysteemiä" suomalaisista organisaatioista.

Ydinenergia-alan tutkimusstrategia on verkossa osoitteessa: http://www.tem.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki_julkaisut/ydinenergia-alan_tutkimusstrategia.100721.xhtml

DI Herkko Plit
Teollisuusneuvos
Työ- ja elinkeinoministeriö
herkko.plit@tem.fi

DI Jorma Aurela
Yli-insinööri
Työ- ja elinkeinoministeriö
jorma.aurela@tem.fi

Loviisan voimalaitoksen uusi säähavaintöjärjestelmä

Tutki tuulen suuntaa ...

Kestät kyllä sen

Näin laulaa Katri-Helena pian 50 vuotta täyttävällä levytyksellään. Ja jatkaa: ”Minne tuuli minut viedä saa, minne puuska roskan riepottaa, tuuli on vastainen. Kääntykö suunta sen? Minnekä tuuli vienee, mistä kohta tuulen suunta lie”

Näihin sanoihin kiteytyy kaksi perusasiaa: tuulihavainnot ja leviämisenusteet sekä kolmantena vielä leviämisenusteiden perustaminen sääennusteisiin.

Kuva: Juha Merenheimo.



Kun mallinnustekniikka ja -kapasiteetti ovat kehittyneet eksponentiaalisesti, niin kiinnostus tiheämpään ja tarkempaan säähavainnointiin on kasvanut. Eikä pelkkä kiinnostus vaan myös ydinvoimalaitoksiin kohdistetut vaatimukset.

YVL-ohjeista vaatimustason määrittelee reliktinä voimassaoleva 7.5, joka nostaa riman kansainvälisestikin korkealle ja kansallisestikin yleistä EYT-tasoa haastavammaksi.

Missä muussa maassa vaaditaan ydinvoimalaitoksilta, että ”on saatava riittävät tiedot laitospaikan sekoituskerroksen rakenteen lisäksi lähialueen mantereisen ja merellisen sekoituskerroksen rakenteesta”. Koska ohje YVL 7.5 mahdollistaa tapauskohtaisen harkinnan, niin lopullinen rajankäynti käydään voimayhtiöiden periaatesuunnitelmien ja STUK:n päätösten pohjalta.

Uusi ohje YVL C.4

Uusi ohje YVL C.4, ainakin sen luonnos vuodelta 2012, vaikuttaa periaatteessa samantasoiselta kuin voimassa oleva 7.5 vaikka vaatimukset on tiivistetty 22 numeroituun kohtaan. Uudelle polvellekin sen lukeminen ja ymmärtäminen on helpompaa. Jo alussa todetaan, että luvanhaltijan on tehtävä säämittauksia siten, että näiden ja päästömittausten perusteella voidaan arvioida väestölle aiheutuvaa säteilyaltistusta, mutta että viranomaiset tekevät onnettomuustilanteissa laajemman alueen valtakunnalliset leviämisen- ja annosennusteet.

Ohje puhuu ”täydentävistä säämas-toista” monikossa, mutta mahdollistaa joustavan tulkinnan lauseella ”Lisähavaintopaikkojen tarve on arvioitava ottan huomioon paikalliset ympäristötekijät.” Tämä arvio onkin tehty molemmilla käytössä olevilla ydinvoimalaitospaikoilla ja Loviisassa on tehty päätös perustaa lisähavaintopaikka Orregrundin saarelle.

Luotaavat tekniikat on otettu mu-

kaan nykyisessä kehitysvaiheessaan. Ne antavat enemmän tietoa laajemmalta alueelta, mutta luotettavuusvaatimusten vuoksi niistä on vain täydentäväksi tietolähteeksi. Kun yksityiskohtaisempaa tietoa on käytettävissä, niin suojautumistoimenpiteetkin voidaan kohdistaa yksityiskohtaisemmin. Lisäksi voidaan tukeutua myös lähialueella sijaitsevien IL:n meteorologisten asemien havaintoihin.

Uusina kohtina mukaan ovat tulossa vaatimus sähkön varmistaminen 72 h ajaksi, harvinaiset sääilmiöt (DEC C) sekä päämaston suunnittelupiirteet ja kunnossapito.

Jatkossakin ydinvoimalaitoksen meteorologiset mittaukset sijoittuvat merkittävässä määrin laitospaikalla sijaitsevaan päähavaintopaikkaan, jossa tulee olla vähintään poistoilmapiipun korkuinen masto. Lisähavaintopaikkojen määrä perustuu ympäristötekijöiden arviointiin eikä tätä voi korvata mallinnuspalveluita ostamalla.

Kenties merkittävin paikallinen ympäristötekijä, mitä ei yhdellä mastolla voi havaita, on merituuli-ilmiö. Sen havainnoimiseksi tarvittaisiin laitospaikan lisäksi sekä selkeästi merellinen että mantereinen havaintopaikka ja jotta kontrasti olisi mahdollisimman selvä, niin helposti hakeuduttaisiin jopa ydinvoimalaitoksen varautumisaluetta kauemmas, mikä taas ei tuntuisi tarkoituksenmukaiselta työ- ja voimayhtiön ja viranomaisten kesken. Merelläkin mahdollisia mastopaikkoja on harvanlaisesti.

YVL-ohjeiden yleisestä noudattamisesta

YVL-ohjeen julkaiseminen ei sinänsä muuta Säteilyturvakeskuksen ennen ohjeen julkaisemista tekemiä päätöksiä. Vasta kuultuaan asianosaisia STUK päättää, miten tuota YVL-ohjetta sovelletaan käytössä oleviin ydinlaitoksiin. *Turvallisuuden edelleen parantamiseksi on toteutettava sellaiset toimenpiteet, joita käytökokemukset ja turvallisuustutkimukset*



Loviisan voimalaitos ja kaksi säämastoa, Kasaberget heinäkuussa 2014. Kuva: Klaus Sjöblom.

sekä tieteen ja tekniikan kehitys huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina. Jos halutaan poiketa YVL-ohjeessa esitetyistä vaatimuksista, on Säteilyturvakeskukselle esitettävä muu hyväksyttävä menettelytapa tai ratkaisu, jolla saavutetaan YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso.

Edellisen lainauksen perusteella molemmilla käytössä olevilla ydinvoimalaitoksilla on viranomaisen hyväksymä meteorologinen mittausjärjestelmät. Niitä on vuosikymmenien kuluessa kehitetty tarkemmiksi ja luotettavimmiksi. Myös yhteistyötä pelastusviranomaisten suhteen on kehitetty.

Loviisaan uusi säähavaintojärjestelmä

Loviisan voimalaitoksen säämasto nousi jo ennen piippua 1971 ja laitospaikalta on paikallisia säähavaintoja tehty siitä lähtien. Edellisen kerran säähavaintojärjestelmä uusittiin 1993 ja osittain vielä 2003. Analoginen tekniikka korvattiin digitaalisella ja tuulimittauksissa siirryttiin kolmiulotteisiin ultraääniantureihin; käsiteltävän ja raportoitavan tiedon määrä kasvoi uusiin mittasuhteisiin.

Nälkääkin jäi: säätilan stabiiliusluo-

kan, kansankielellä päästöpilven leveyden, arviointi perustuu edelleen epäsuorasti pystysuuntaiseen lämpötilaeroon ja lumisateen voimakkuuden arviointi reaaliaikaisesti tuo omat haasteensa. Ja parhaimmillaankin järjestelmä tuottaa tietoa vain mastopaikalta.

... ja uusi masto

Loviisan voimalaitoksella on käyttöluva vuoteen 2030 asti, joten nykyinen masto ehtisi siihen mennessä ylittää mastojen yleisen eläkeiän. Kun tulevaisuuden enustaminen on tunnetusti vaikeaa, niin helpompaa on varautua siihen. Niinpä perusteellisten selvitysten jälkeen päädyttiin pystyttämään uusi masto nykyisen vierelle. Se on kuin rannikon mänty: lyhyempi mutta tanakampi. Kiipeilijää se hemmottelee nykyaikaisella turvakiskolla, jolloin mastoon pyrähtäminen sujuu merkittävästi joutuisammin kuin turvalajaiden kiinnikkeiden kanssa pelaten. Mastoa vuokrataan myös paikalliselle tietoliikenneyhtiölle, joka tarjoaa palveluitaan mm. voimalaitokselle. Uudelle mastopaikalle tulee nykyaikaiset tiedonsiirtoyhteydet. Uuden järjestelmän koekäytön jälkeen vanha masto voidaan

purkaa.

Rinnan säähavaintojärjestelmän uusinnan kanssa myös luotavia tekniikoita käytetään tutkimustavoittein sekä LIDARilla (LIght Detection And Ranging) että SODARilla (SONic Detection And Ranging).

Uudet mittaukset tieteellisellä tarkkuudella

Uuteen mastoon tulee tuulen nopeuden, suunnan ja turbulenssin sekä lämpötilan mittaukset kolmella korkeudella: 44, 74, 114 m. Nyt turbulenssia mitataan ”ai-kuisten oikeasti” eli tuulen pystysuuntaisen komponentin vaihteluihin perustuen. Tämä laskenta-algoritmi vertaa hetkellisiä sääparametreja lähihistoriaan ja johtaa niistä ”Monin-Obukhov-pituisuuden”, josta taas voidaan johtaa leviämislaskuissa käytettävä Pasquill-luokka.

Jos tätä on vaikea ymmärtää, niin se on aivan normaalia. Oli miten oli, niin vanha pystysuuntainen lämpötilagradientti jää varalle. Läheiselle pintasäähavaintoasemalle tulee sateen voimakkuuden ja sateisuuden sekä ilmanpaineen ja lämpötilan mittaukset.

Reilun peninkulman verran etelään



Ylh. Kirjoittaja Klaus Sjöblom säämaston juurella. Kuva: Fortum.

Vas. Säämaston asennusta huhtikuussa. Kuvaaja: Aki Mattila, Fortum.



päin sijaitsevalle Orrengrundin saarelle sijoitetaan lisähavaintopaikka, johon kuuluu samanlaiset pintasäämittaukset sekä tuulimittaukset 47 m korkeudelle. Tietoturvallisuusmielessä nämä sisältyvät Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmään, joka raportoi redundanttisesti ja tiheällä aikavälillä niin itse voimalaitokselle kuin Ilmatieteen laitokselle.

Ja mitä hyötyä tästä sitten on?

Uudella mittausjärjestelmällä ja mastolla varmistetaan laitospaikan säähavainnoin jatkuvuus vähintäänkin nykyisten käytölpöpien umpeutumiseen asti. Erityisesti sateen ja turbulenssin mittaus tulevat entistä tarkemmiksi ja merellinen lisähavaintopaikka sallii vertailun merellisten ja rannikon tuoliolosuhteiden välillä. Tämä taasen ruokkii Ilmatieteen laitoksella kehitteillä olevia 3D-malleja. Mitä tiheämmin havaintoja, sitä pienempi hilakoko ja sitä osuvammat ennusteet niin paikan kuin ajankin suhteen.

Havainnoissa määrällä ei kuitenkaan korvata laatua. Jotta mittaustulokset pikemminkin parantaisivat kuin pehmentäisivät reaaliaikaista kuvaa säätilasta, niiden mittauspaikkojen tulee olla hyvin ympäristöään edustavia ja tulosten sekä tarkkoja että luotettavia.

Rinnan sään ja leviämisen mallintamisen kanssa viranomaiset kehittävät myös käyttäjäliittymiä. Pelastustoiminnan joh-

tokeskuksissa kaivataan nopeaa ja selkeätä esitystä suojaustoimienpiteitä koskevien suositusten perusteista kun taasen suosituksia laativat asiantuntijat tarvitsevat monipuolisempaa kuvaa eri tavoin laadituista ennusteista. Tässäkin pätee se vanha kunnan Heisenbergin periaate: mitään ei voi samanaikaisesti tietää sekä tarkasti että varmasti, mutta näiden tulon suhteen voi tähdätä optimiin.

Kansanomaisemmin Katri-Helena jenkkailli tuulista näin:

*”Kulkija ne tietää
Kulkija ne sietää
Luonnon oikut nuo
Tuuli totta haastaa
Turhat toiveet raastaa
Voittoja ei suo”*

*TkL Klaus Sjöblom
Ydinturvallisuusasiantuntija
Fortum Power and Heat Oy
Loviisan voimalaitos
klaus.sjoblom@fortum.com*



IPCC:n viidennen arviointiraportin kolmas osaraportti julkaistiin Berliinissä huhtikuussa 2014. Kuvassa Saksan ympäristö-, luonnonsuojelu-, rakennus- ja reaktoriturvallisuusministeriön valtiosihteeri Jochen Flasbarth, IPCC:n puheenjohtaja Rajendra K. Pachauri ja Saksan koulutus- ja tutkimusministeriön valtiosihteeri Georg Shuette. Kuva:IPCC.

IPCC:n viidennen arviointiraportin kolmas osaraportti

Ilmastonmuutoksen hillintä

IPCC:n viides ilmastonmuutosta koskeva arviointiraportti on parhaillaan tekeillä. Sen kolmas, ilmastonmuutoksen hillintää käsittelevä osaraportti julkistettiin huhtikuussa Berliinissä. Kolme osaraporttia muodostavat toisiaan täydentävän kokonaisuuden, joka vedetään yhteen ensi syksynä julkaistavassa synteisiraportissa.

Hallitustenvälinen ilmastonpaneeli IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) on YK:n alaisuudessa toimiva elin, jonka päätehtävänä on koota ja arvioida tietoa ihmisen aiheuttamasta ilmastonmuutoksesta ja sen vaikutuksista.

IPCC pääjulkaisuja ovat arviointiraportit, jotka ovat laajoja, satojen alansa huippuasiantuntijoiden laatimia kokoomateoksia ilmastonmuutoksesta ja sen hillinnästä. Raportteja julkaistaan noin 5-7 vuoden välein. Niistä viimeisin, viides arviointiraportti on parhaillaan tekeillä. Sen kolmas, ilmastonmuutoksen hillintää käsittelevä osaraportti julkistettiin huhtikuussa Berliinissä. Kolme osaraporttia muodostavat toisiaan täydentävän kokonaisuuden, joka vedetään yhteen ensi syksynä julkaistavassa synteisiraportissa.

IPCC:n arviointiraportit ovat prosessina ainutlaatuisia. Raporttien kirjoittajien lisäksi työhön osallistuu satoja muita asiantuntijoita ja päätöksentekijöitä

kommentoijina. Vaikka työ on vaativaa, ja perustuu vapaaehtoisuuteen, paikka johtavana kirjoittajana on erittäin tavoiteltu.

Myös suomalaisia tutkijoita on ollut mukana useassa arviointi- ja erikoisraportissa kautta vuosien. Raportit muodostavat tärkeän hakuteoksen ja viitelähteen ilmastonmuutoksesta. Niiden merkitys YK:n ilmastoneuvotteluiden tieteellisenä pohjana on merkittävä. Vaikka raportit ovat riippumattoman tieteellisen työn tulosta, muodollisesti hallitukset hyväksyvät kunkin raportin.

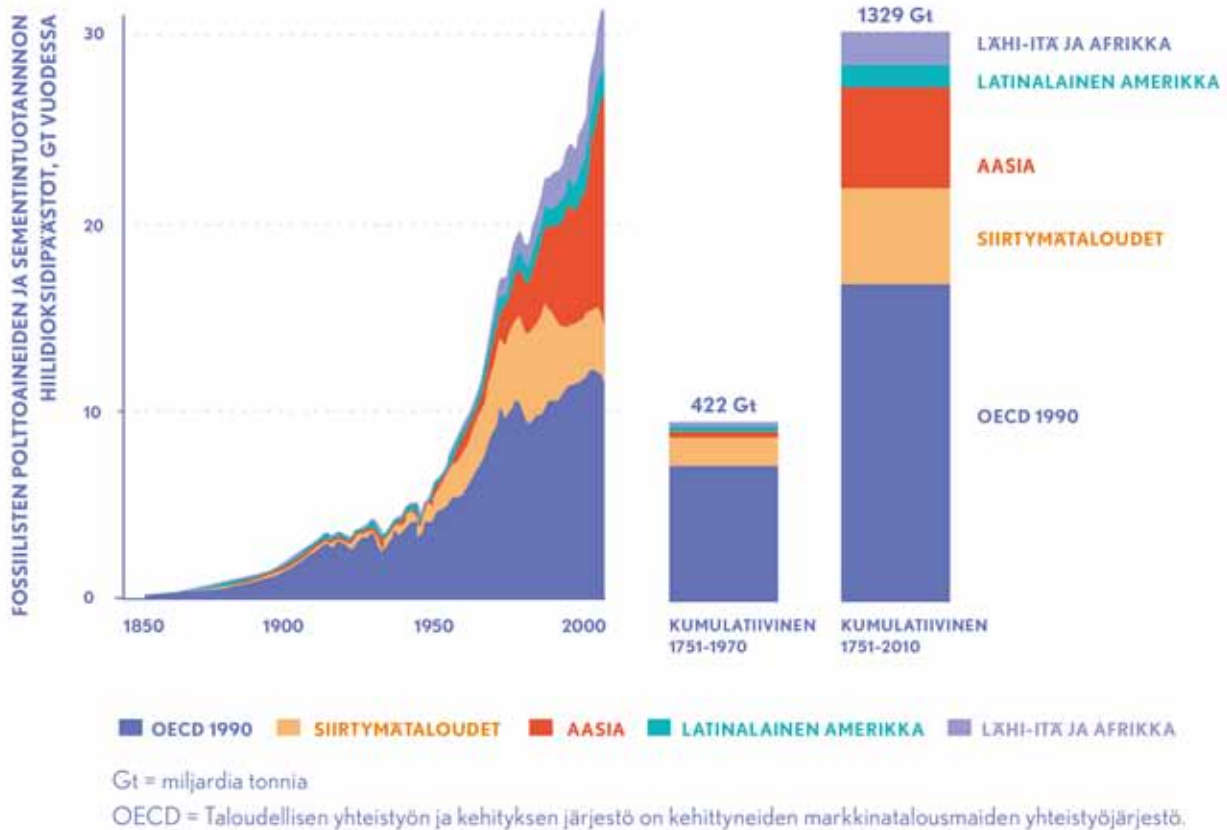
Nykykehityksellä usean asteen lämpenemiseen

Viidennen osaraportin viesti on selkeä: mikäli kasvihuonekaasupäästöjen kasvu jatkuu nykyiseen tahtiin, johtaa se vuoteen 2100 mennessä ilmaston lämpenemiseen keskimäärin 3-4,5 asteella suhteessa esiteolliseen aikaan. Viimeisen neljän vuosikymmenen aikana ihmisen

aiheuttamat CO₂-päästöt (ilman maankäytön muutoksen päästöjä) ovat yli kolminkertaistuneet. Huolimatta päästöjen vähennystoimista, vuosien 2000-2010 välillä päästöt kasvoivat nopeammin kuin aiempina kolmena vuosikymmenenä. Globaalisti talouden ja väestön kasvu ovat tärkeimmät syyt päästöjen kasvuun.

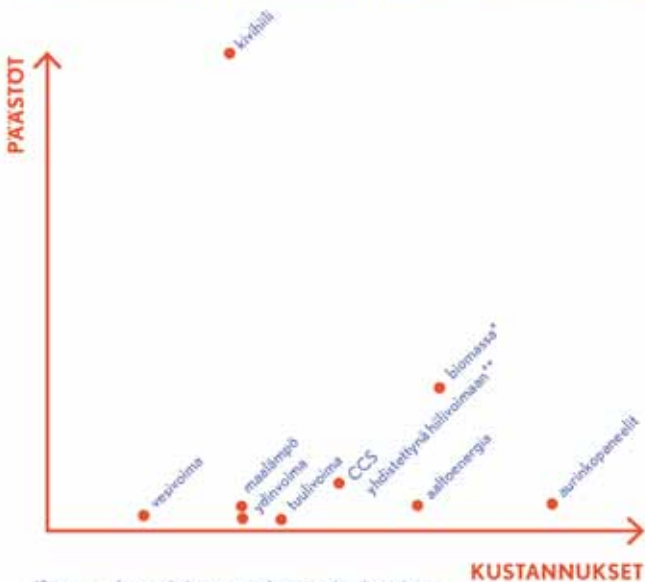
Talouden kasvun vaikutus kasvoi kuitenkin jyrkästi vuosina 2000-2010 väestönkasvun merkityksen pysyessä ennallaan. Myös maailman energiantuotannon hiili-intensiteetin pitkään jatkunut lasku kääntyi kasvuun johtuen hiilen käytön kasvusta suhteessa muihin energialähteisiin.

Kolmannen arviointiraportin sanoma päästöjen tulevasta kehityksestä on huolestuttava: ilman lisäpäästövähennystoimia kasvihuonekaasupäästöt kaksinkertaistuvat vuoteen 2050 mennessä. Ilman tehokkaita hillintätoimia päästöjen ennakoidaan kasvavan merkittävästi lähes kaikilla talouden sektoreilla. Skenaariot osoittavat, että ilmaston lämpenemisen



Globaalien CO₂-päästöjen kehitys 1750–2010. Kuva: VTT, ympäristöministeriö ja Ilmasto-opas.fi.

ERI TEKNOLOGIOIDEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT JA KUSTANNUKSET



Uusiutuvien energiateknologioiden käyttöönotolla kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää huomattavasti. Uusiutuvien energiateknologioiden fossiilisia polttoaineita korkeammat kustannukset hidastavat kuitenkin niiden laajamittaista käyttöönottoa. Jotkut teknologiat, kuten vesivoima ja maalämpö, ovat jo kustannuksiltaan lähellä fossiilisia polttoaineita, kun taas osa teknologioista on vielä kalliimpia.

Perustuu IPCC:n 5. arviointiraportin WG3-osaraportin tietoihin. VTT & ympäristöministeriö

hiilidioksidin talteen ottoon ja varastointiin (CCS). Energiantuotantoratkaisujen lisäksi tarvitaan kuitenkin myös energian kulutusta pienentäviä toimia. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset energiaa säästävät innovaatiot sekä elintapojen muutos kohti pienempää energiankulutusta. Näissä kaikissa teknologian rooli on suuri.

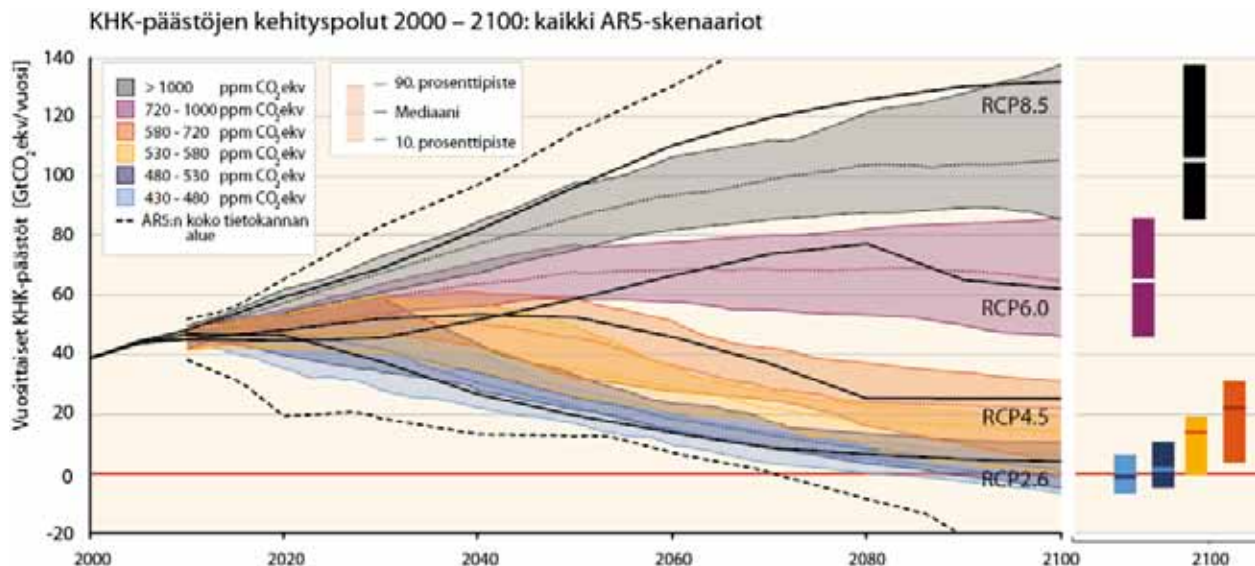
Uusi arviointiraportti osoittaa, että mitä aiemmin hillintätoimet aloitetaan, sitä todennäköisemmin lämpeneminen saadaan rajoitettua alle kahteen asteeseen ja välttyään ilmastonmuutoksen haitallisimmilta seurauksilta.

Mahdollisuudet hillitä ilmastopäästöjä kustannustehokkaasti vaihtelevat eri sektoreilla suuresti. Maailmanlaajuisesti suurin ja kustannustehokkain hillintäpotentiaali on sähköntuotannossa ja metsäkadon vähentämisessä. Esimerkiksi teollisuuden käyttämän energian päästöjä voitaisiin globaalisti vähentää nykytasosta jopa 90 % vuoteen 2100 mennessä siirtymällä vähäpäästöisiin energiamuotoihin.

Ydinvoima yksi vähähiilistä

Kolmas osaraportti ei sinänsä ota kantaa ydinvoimaan, mutta sitä käsitellään yhtenä vähähiilisenä teknologiana. Se nähdään yhtenä potentiaalisena teknologiana päästöjen vähentämiseen. Ydinvoiman elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt ovat alhaiset, keskimäärin alle 100 g CO₂ekv/kWh. Merkittävä osa näistä päästöistä aiheutuu uraanin rikastamisvaiheesta.

Skenaarioissa, joissa ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu rajoittuu noin tasolle 430–530 ppm CO₂ekv vuonna 2100 (pitoisuus, jolla lämpötilan nousu todennäköisesti rajoittuu alle kahteen asteeseen).



Maailman kasvihuonekaasupäästöjen (Gt CO₂ekv / vuosi) kehityspolut perusura- ja hillintäskenaarioissa erilaisille ilmakehän pitkän aikavälin pitoisuustasoille. Kuvassa ei ole mukana skenaarioita, joissa teknologioiden saatavuus on rajoitettu. Lähde: IPCC AR5 WG3

seen), vähähiilinen, uusiutuviin, ydinvoimaan ja fossiilisiin polttoaineisiin yhdistettynä CCS:ään perustuva energiantuotanto tyypillisesti 3-4-kertaistuu vuoteen 2050 mennessä.

Monet mallit eivät pysty pääsemään näihin pitoisuustasoihin vuonna 2100 mikäli kaikki vähähiiliset teknologiat eivät ole käytössä. Ydinvoiman merkitys kasvaa, jos jokin muista teknologioista, esim. CCS, ei ole käytettävissä. Monissa alhaisen energiakysynnän skenaarioissa ydinvoiman tuotannon arvioidaan kasvavan vuoteen 2050 mennessä noin kaksinkertaiseksi suhteessa nykyhetkeen. Mikäli energiankysyntä on suhteellisen suurta, käytön ennustetaan kasvavan kolminkertaiseksi tai jopa suuremmaksi.

Riskit ja toimintaedellytykset

Raportissa käsitellään myös ydinvoimaan liittyviä varauksia ja rajoitteita. Vaikka ydinvoiman operointikustannukset ovat melko alhaisia, investointikustannukset ovat huomattavia. Investointiin liittyy myös merkittäviä teknisiä sekä markkina- ja hallinnollisia riskejä.

Suomeen rakenteilla oleva voimalaitos ja viivästyksen valmistamisessa mainitaan esimerkkinä potentiaalisista taloudellisista ja operationaalisista riskeistä, joita uusien laitosten rakentamiseen voi liittyä. Ilman julkista tukea ydinvoimat eivät nykyisellään ole taloudellisesti houkuttelevia. Vapaille markkinoilla suhteellisen halvat öljy- ja kaasuarvatkin ovat käytettävissä. Hiilen hinnan nousu saattaa tulevaisuudessa parantaa niin ydinvoiman kuin muidenkin vähähiilisten teknologioiden kannattavuutta.

Radioaktiivisen jätteen käsittely on

jatkuva haaste. Suomen ja Ruotsin mainitaan olevan pisimmällä käytetyn polttoaineen varastoinnin kehittämisessä. Ydinvoiman lisäämisen ehtona nähdään selvästi jatkuva ja lisääntyvä huomio ydinvoiman turvallisuutta, jätehuoltoa, uraanin hyödyntämistä ja taloutta koskeviin huoliin.

Riskien hallinnan näkökulmasta keskeisenä raportissa pidetään vakaata poliittista ympäristöä kattaen institutionaalisen ja säätely-ympäristön, joka huomioi sekä operationaalisen turvallisuuden että ydinjätteen turvallisen hallinnan. Investoijien näkökulmasta riskienhallinta edellyttää myös pitkäaikaista poliittista sitoutumista ydinvoimaan.

Kahden asteen tavoite mahdollinen

Ilmastonmuutos on globaali ongelma, jonka ratkaiseminen vaatii kansainvälistä yhteistyötä. Siihen liittyy myös eettisiä kysymyksiä kuten päästövähennysten taakanjako. Päästövähennysten kustannusten ei välttämättä tarvitse kohdistua sinne missä vähennys toteutetaan. Globaalisti asetetun ns. kahden asteen tavoitteen saavuttaminen on yhä mahdollista, mutta se vaatii merkittäviä muutoksia energijärjestelmään. Päästöjen rajoittaminen kahden asteen lämpenemistä vastaavalle tasolle tulee kuitenkin vaatimaan suuria muutoksia energiantuotantojärjestelmään.

Ilmastonmuutoksen hillintätoimia tarvitaan kaikilla sektoreilla. Mitä myöhemmin päästöjen vähentäminen aloitetaan, sitä todennäköisempää on, ettei kahden asteen tavoitetta saavuteta. Päästörajoitustoimien viivästyminen,

eri maaryhmien vaihteittainen aloitus tai jonkin päätoimenpideluokan (uusiutuvat, ydinenergia, CCS) jääminen pois lisää hillintäkustannuksia ja vaarantaa tavoitteen saavuttamisen. Skenaariot osoittavat, että hillintätoimien aloituksen viivästyminen kymmenellä vuodellakin heikentää merkittävästi todennäköisyyttä saavuttaa kahden asteen tavoite. Raportti antaakin vahvan viestin tuleville ilmastoneuvotteluille: globaalien, kaikkia maita sitovan ilmastopimuksen aikaansaaminen olisi olennaisen tärkeää.

Kuva 1. Globaalien CO₂-päästöjen kehitys 1750-2010. Kuva: VTT, ympäristöministeriö ja Ilmasto-opas.fi.

Kuva 2. Maailman kasvihuonekaasupäästöjen (Gt CO₂ekv / vuosi) kehityspolut perusura- ja hillintäskenaarioissa erilaisille ilmakehän pitkän aikavälin pitoisuustasoille. Kuvassa ei ole mukana skenaarioita, joissa teknologioiden saatavuus on rajoitettu. Lähde: IPCC AR5 WG3



FT Laura Sokka
Erikoistutkija

Teknologian tutkimuskeskus VTT
laura.sokka@vtt.fi

Suomen ensimmäisen ydinlaitoksen KÄYTÖSTÄPOISTO

Teknologian tutkimuskeskuksen VTT Otaniemen sijaitsevan FiR 1 -tutkimusreaktorin käytöstäpoiston ympäristövaikutusten arviointi (YVA-menettely) on käynnissä. Arvioinnissa selvitetään, mitä ympäristövaikutuksia reaktorin purkamisella sekä siihen liittyvällä ydinjätehuollolla voisi olla.

FiR 1 -tutkimusreaktori on ensimmäinen käyttöönotettu ja purettava ydinlaitos Suomessa. Muualla käytöstä on poistettu tutkimusreaktoreita, joista lähin hanke on ollut kolmen reaktorin käytöstäpoisto Risön tutkimuskeskuksessa Tanskassa. Toisaalta maailmalla jo 200–300 tutkimusreaktoria odottaa käytöstäpoistoa.

Suomen ensimmäisen FiR 1 -ydinreaktorin hankinta alkoi Yhdysvaltain presidentin Eisenhowerin vuoden 1953 “Atoms for Peace” -puheesta. YK järjesti vuonna 1956 Geneven konferenssin, joissa suurvallat esittelivät ydinenergiaa. Myös Suomen atomienergianeuvottelukunnan edustajat ja ydinenergian puu-

hamiehet, mukaan luettuna nykyinen tieteen akateemikko **Pekka Jauho**, osallistuivat konferenssiin.

Suomeen haluttiin saada edellytykset ydinenergian käyttöönotolle, jossa merkittävä askel oli alan koulutus- ja tutkimustoiminnan käynnistäminen. Tähän tarkoitukseen Suomeen hankittiin tutkimusreaktoriksi yhdysvaltalaisen General Atomicsin valmistama Triga Mark II -tyyppinen reaktori. Reaktori otettiin juhlallisesti käyttöön vuonna 1962. Otaniemeen sijoitettu tutkimusreaktori annettiin teknillisen korkeakoulun käyttöön ennen kuin se siirtyi VTT:n hallintaan vuonna 1971.

FiR 1 -tutkimusreaktoria on käytetty turvallisesti yli 50 vuoden ajan erityisesti tutkimus- ja opetus toimintaan. Alkuvaiheessa reaktorilla koulutettiin Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten ensimmäisen sukupolven turvallisuushenkilöstöä ja reaktorifyysikoita. Koulutus tutkimusreaktorilla on jatkunut näihin päiviin asti ja vuosittain ydinreaktorin saloihin käy tutustumassa ihmisiä Suomesta ja Ruotsista. Reaktorilla on tehty lukuisia tutkimuksia aina fysiikan perustutkimuksesta lähtien. Reaktori on edelleen käytössä muun muassa

isotooppi tuotantoon.

Reaktoria on käytetty tehokkaasti myös syöpähoitoihin. Viime vuosiin saakka reaktorin pääkäyttötarkoitus oli vuonna 1999 käynnistyneiden hoitojen (BNCT, *boron neutron capture therapy*) potilassäteilytysten antaminen ja niihin liittyvä lääketieteellisen fysiikan tutkimus ja kehitystyö. Viimeiset sädehoidot annettiin tammikuussa 2012 hoitotoiminnan organisoinnista vastanneen Boneca Oy:n ajaututtua konkurssiin.

Tutkimusreaktorin käytön lopettaminen

Päätös ryhtyä toimenpiteisiin reaktorin käytöstäpoistamiseksi tehtiin VTT:ssä kesällä 2012.

Käytöstäpoistoon liittyvillä toimenpiteillä tähdätään lopputilaan, jossa laitoksen rakenteiden ja järjestelmien puhdistaminen radioaktiivisista materiaaleista on suoritettu niin kattavasti, että luvanhaltija vapautuu kaikista ydinlupavelvoitteistaan ja rakennus voidaan vapauttaa muuhun käyttöön. Tarkoituksena on purkaa reaktori ja siihen liittyvät kiinteät rakenteet ja järjestelmien osat, mutta reaktorirakennus jätetään paikoilleen.

Reaktorin käytön lopettamisen jälkeen laitokselta poistetaan ensin ydinpolttoaine. Tämän jälkeen suoritetaan muiden radioaktiivisten osien purkutyöt (reaktorisydän sisäosineen, reaktoriallas, betoninen säteilysuojaja, säteilytysasema ja jäädytysjärjestelmän primääripiiri). Käytetty ydinpolttoaine on korkea-aktiivista, lisäksi siinä on edelleen lähes alkuperäistä 20 % väkevointiä vastaava määrä U235:sta. Radioaktiiviset purku- ja



Trigan polttoaineen hankintasopimus allekirjoitettiin IAEA:n päämajassa Wienissä 30.12.1960. Eturivissä vasemmalta oikealle istuvat Suomen asiantuntija C. O. Frietsch, IAEA:n pääjohtaja Sterling Cole ja Yhdysvaltain IAEA-edustaja amiraali Paul F. Foster. Kuva teoksesta Atomienergian tekniikkaa ja politiikkaa, Erkki Laurila 1967.



Palautusohjelman mukaan FiR 1 -tutkimusreaktorin käytetty ydinpolttoaine on mahdollista palauttaa Yhdysvaltoihin. Ehtona on, että reaktorin käyttö päättyy viimeistään 12. toukokuuta 2016 ja polttoaine on vastaanotettu Yhdysvaltoihin 12. toukokuuta 2019 mennessä. Ydinennergialain mukaan Suomessa syntyneet ydinjätteet on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen, mutta tämä ei kuitenkaan koske ydinjätteitä, jotka ovat syntyneet Suomessa käytetyn tutkimusreaktorin käytön yhteydessä tai seurauksena. Kuvassa Idaho National Laboratoryn ydinjätteisiin ja materiaaleihin keskittynyt kompleksi keskellä Idahon erämaata. Kuva: NRC File Foto.

huoltojätteet luokitellaan hyvin matala-aktiivisiksi tai matala- ja keskiaktiivisiksi ydinjätteiksi.

VTT:n suunnitelman mukaan reaktorin lopullinen sammuttaminen tapahtuisi viimeistään keväällä 2016, jonka jälkeen käytöstäpoisto aloitettaisiin poistamalla reaktorisydämen ydinpolttoaine ja siirtymällä turvalliseen sammutustilaan. Tarkempi purkusuunnittelu ja käytöstäpoiston lupahakemuksen valmistelu toteutetaan vuoden 2015 aikana. Varsinaisen purkutyön arvioidaan hyvin järjestettynä kestävän noin 15 kuukautta ja se voitaisiin toteuttaa 2016–2017 aikana. Samalla purkujätteet kuljetetaan väli-varastoitavaksi. Purkujätteen loppusijoitus ratkaistaan myöhemmin, ehkä vuoteen 2030 mennessä.

YVA-menettelyn alainen hanke

Tutkimusreaktorin käytöstäpoisto kuuluu YVA-lain soveltamisalaan, koska YVA-asetuksen mukaisesti menettely koskee ydinvoimalaitoksia ja muita ydinreaktoreita, mukaan lukien näiden laitosten tai reaktoreiden purkamisen tai käytöstäpoistaminen. Muutosta tutkimusreaktorin käyttö lupaan voidaan hakea vasta sen jälkeen, kun YVA-menettely on päättynyt.

YVA-menettelyssä tarkastellaan muun muassa reaktorin käytön lopettamisen jälkeen suoritettavia purkutöitä. Purkamisen lisäksi YVA-menettelyssä tarkastellaan käytetyn ydinpolttoaineen sekä purku- ja huoltojätteen kuljettamisen, väli-varastoinnin, mahdollisen jatkokäsittelyn ja soveltuvin osin loppusijoittamisen aikaisia ympäristövaikutuksia.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkastellaan erityisesti radioaktiivisten aineiden päästöjä ja säteilyä, kuljetuksia ja liikenteellisiä vaikutuksia, ydinjätteitä sekä niiden käsittelyä, mahdollisia ihmisten terveyteen kohdistuvia vaikutuksia sekä poikkeus- ja onnettomuustilanteita.

Hankkeen tarkastelun ja jo tehtyjen selvitysten perusteella käytöstäpoistolla ei ole merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Kun käytetty polttoaine on poistettu, kiinteässä muodossa purettavan betonin, alumiinin, grafiitin ja teräksen kokonaisaktiivisuus voisi olla noin 1 TBq, ja purkujätteen kokonaistilavuus noin 20–30 m³. Pahimmassa polttoainesiirron oletetussa onnettomuustilanteessa kaasumaisia radioaktiivisia aineita voisi päästä vapautumaan ympäristöön, mutta silloinkin säteilyvaikutukset ovat hyvin vähäisiä ja rajautuvat pienelle alueelle. YVA-selostuksessa ja sen perusteluina käytetyissä raporteissa esitetään tarkempi kuvaus arvioiduista ympäristö-

vaikutuksista.

Useita vaihtoehtoja ydinjätehuollolle

Käytöstäpoiston ydinjätehuollon toteuttamiselle on olemassa useita erilaisia vaihtoehtoja. Ne on haluttu sisällyttää YVA-menettelyyn mahdollisimman monipuolisesti, jotta kaikki vaihtoehdot olisi kuvattu kattavasti. Tämä on myös YVA:n yhteysviranomaisena toimivan työ- ja elinkeinoministeriön tahto.

Käytetyn polttoaineen ja muun radioaktiivisen jätteen väli-varastoinnin ja loppusijoittamisen tai sitä edeltävän jatkokäsittelyn toteutus voidaan myöhemmässä vaiheessa hoitaa yhteistyössä VTT:n yhteistyökumppaneiden kanssa, joiden kanssa tulee tästä erikseen sopia. Ydinjätehuollon päävastuu on kuitenkin aina luvanhaltijalla (VTT).

Tutkimusreaktorin ydinpolttoaine on yhdysvaltalaisista alkuperää ja kuuluu Yhdysvaltojen energiaministeriön ydinmateriaalien leviämisen estämiseksi käynnistetyn käytetyn polttoaineen palautusohjelman piiriin. VTT on valmistellut käytetyn ydinpolttoaineen palautusta Yhdysvaltoihin Idahaan (INL) päävaihtoehtona. Vaihtoehtona on toteuttaa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus Suomessa yhteistyössä Posiva

Oy:n kanssa, mutta tähän liittyy useita selvitettäviä asioita.

Jos käytetty ydinpolttoaine palauteaan Yhdysvaltoihin, tulee palautuksen ehtojen mukaisesti reaktorin käyttö lopettaa viimeistään 12. toukokuuta 2016 ja polttoaine vastaanottaa Yhdysvaltoihin 12. toukokuuta 2019 mennessä. Yhdysvaltoihin palautettaessa käytettyä ydinpolttoainetta säilytetään siirron valmistelun ajan Otaniemessä reaktorilla.

Jos taas loppusijoitus toteutettaisiin Posivan kanssa, edeltäisi tätä mahdollisesti usean vuosikymmenen välivarastointiaika voimalaitosaluiden käytetyn ydinpolttoaineen välivarastossa.

Muun radioaktiivisen huolto- ja purkujätteen välivarastointi- ja loppusijoitustoimenpiteet voidaan toteuttaa yhteistyössä ydinvoimayhtiöiden Fortum Power and Heat Oy:n tai Teollisuuden Voima Oyj:n kanssa. Mahdollista välivarastointia Otaniemen alueella on selvitetty. Merkittävä osa purku- ja huoltojätteestä voidaan vapauttaa valvonnasta. Osa tutkimusreaktorin purkamisen radioaktiivisesta alumiinijätteestä on mahdollista viedä käsiteltäväksi Studsvikiin ennen välivarastointia ja loppusijoitusta Suomessa. Säteilytetyn grafiitin käsittely on myös päätettävä loppusijoitusta ennen.

Ympäristövaikutusten arvioinnin merkitys

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja yhtenäistä huomioita ottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa. Samalla tavoitteena on lisätä kansalaisten tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia. YVA-menettelyn aikana saadaan tärkeää tietoa hankkeen jatkosuunnittelua varten. VTT:lle oleellisia asioina esiin on noussut muun muassa:

- purkutekniikka, kokemukset ja niistä kertynyt tieto sekä osaamisresurssit
- purkuvaiheen säteilysuojelu, joka muistuttaa ydinvoimalaitoksen vuosihuoltoa
- valvonnasta vapauttaminen ja välivarastoinnin toteutustavat
- loppusijoituksen erityiskysymykset (alumiini, grafiitti)
- Suomen ja muut Euroopan (SE, N, DE, DK, FR) sekä US (DOE, NSSA ja INL) kontaktit
- ydinenergiainsäädännön vaatimukset ja lupamenettely
- kustannusrakenne eri kaavioilla.

YVA-menettelyn aikana on haluttu järjestää mahdollisimman laaja sidos-

FiR 1 -tutkimusreaktorin käytöstäpoisto ympäristövaikutusten arviointiohjelma on luettavissa TEMin verkkosivuilla www.tem.fi.



ryhmävuoropuhelu, jotta hankkeeseen liittyvät mielipiteet saataisiin kattavasti selville. YVA-menettelyä varten koottiin yli 20 tahosta koostuva seurantaryhmä, joka voi esittää kokouksissa mielipiteitä ympäristövaikutusten arviointiohjelman ja -selostuksen sekä sitä tukevien selvitysten laadinnasta. Hankkeesta on lisäksi järjestetty avoimia yleisötilaisuuksia, mutta paikallisesti hanke ei ole ainakaan vielä herättänyt suurta kiinnostusta. Kiinnostus voi kuitenkin herätä purkuvaiheessa, kun hanke etenee toteutukseen keskellä yliopisto- ja tutkimuslaitosaluetta.

Ohjelmavaiheessa VTT:n kannalta mielenkiintoisimmat kommentit tulivat läheltä (Aalto yliopisto: purkakaava koko talo) ja hieman etäämpää (Ahvenanmaa: merikuljetuksen riskit).

Esimerkkinä myöhemmin toteutettaville ydinvoimalaitoksien käytöstäpoistoille

FiR 1 -tutkimusreaktori on ensimmäinen purettava ydinlaitos Suomessa. Maailmassa on poistettu käytöstä useita tutkimusreaktoreita, joista lähin toteutettu hanke on ollut kolmen reaktorin käytöstäpoisto Risön tutkimuskeskuksessa Tanskassa.

Vaikka kyseessä on pieni reaktori verrattuna suomalaisten ydinvoimalaitosten kokoon, tulee aktiivisten rakenteiden ja

osien käytöstäpoisto toteuttaa samojen turvallisuusperiaatteiden mukaisesti. Hankkeeseen liittyykin yhteiskunnallisia odotuksia, sillä tutkimusreaktorin purkamista pidetään eräänlaisena harjoituksena myöhemmin tapahtuville ydinvoimalaitosten käytöstäpoistoille. Olisi ilmeisen hyödyllistä saada tästä työstä kansallisen ydinjätetutkimusohjelman osahanke esim. purkumenetelmien kehittämiseksi.

VTT käy neuvotteluja eri viranomaisen ja yhteistyötahojen kanssa, ja hakee yhdessä muiden asiantuntijatahojen kanssa parhaita soveltuvia ratkaisuja käytöstäpoiston ja siihen liittyvien toimien toteuttamiselle. Hankkeen ja suunnitelmien edetessä onkin saatu paljon tietoa paitsi käytöstäpoiston prosessista, myös reaktoriin liittyvistä muistoista ja tarinoista.

DI Olli Vilkkamo
Johtava tutkija
oli.vilkkamo@vtt.fi
VTT



MMM Anna-Katri Rähä
anna-katri.raiha@poyry.com
Pöyry Finland Oy





Kuva: NRC File Photo.

Ydinreaktorin säteilevät hautajaiset

Otaniemen tutkimusreaktori puretaan vuoden 2016 keväällä, jos ei ihmeitä satu. “Mikä tutkimusreaktori?”, saattaa usea kysyä. Moniko on kuullut Espoossa Aalto-yliopiston tiloissa vuodesta 1962 sijainneesta reaktorista? Kuitenkin sen vaikutukset Suomen yhteiskuntaan ovat edelleen nähtävissä. Mitä Suomi olisi ilman Nokiaa ja tehokasta prosessiteollisuuttaan? Tai ydinvoimaloitaan?

Vesi näyttää kylmältä. Sen alla hehkuu aavemaisen sinisenä uhkaavan näköinen rakennelma. Tšerenkovin säteilyn aiheuttamaa kajoa on haastava kuvata. “Älä pudota sinne mitään”, VTT:n johtava tutkija **Olli Vilkkamo** varoittaa. Näky on lumoava, mutta vaikea ikuistaa kameralla.

Vierailu ydinreaktorilla

Otaniemessä puretaan ydinreaktori. Ketä sen pitäisi muka kiinnostaa, kysyy toimittaja **Katariina Hirvonen**. Ja lähtee vierailulle Espooseen.

Vieraillessa reaktorilla saa turvatarkastuksen jälkeen mukaansa säteilymittarin, joka mittaa vierailun aikana saatavan kokonaissäteilyn. Eniten reaktorirakennuksen tiloissa säteilee

juuri tässä; käynnissä olevan reaktorin sydämen yllä. Vaikka välissä on vain muutama metri vettä, Vilkkamon mukaan saatava säteilyannos on samaa luokkaa kuin lentokoneella matkustettaessa.

Kuuden metrin syvyisen vesipatsaan alla häälyy Otaniemen tutkimusreaktori FiR 1:n (koko nimeltään Finland Reactor 1) sydän, joka koostuu 79 polttoainesauvasta sekä ydinreaktiota säätelevistä kolmesta säätösauvasta. Reaktorissa on kolme kiloa uraania (U-235).

Reaktori on kooltaan melko pieni, sillä polttoaineena käytettävä uraani on 20-prosenttista. Tässä suhteessa se myös eroaa ydinvoimaloista, sillä niissä käytettävä polttoaine on huomattavasti matalarikasteisempaa.

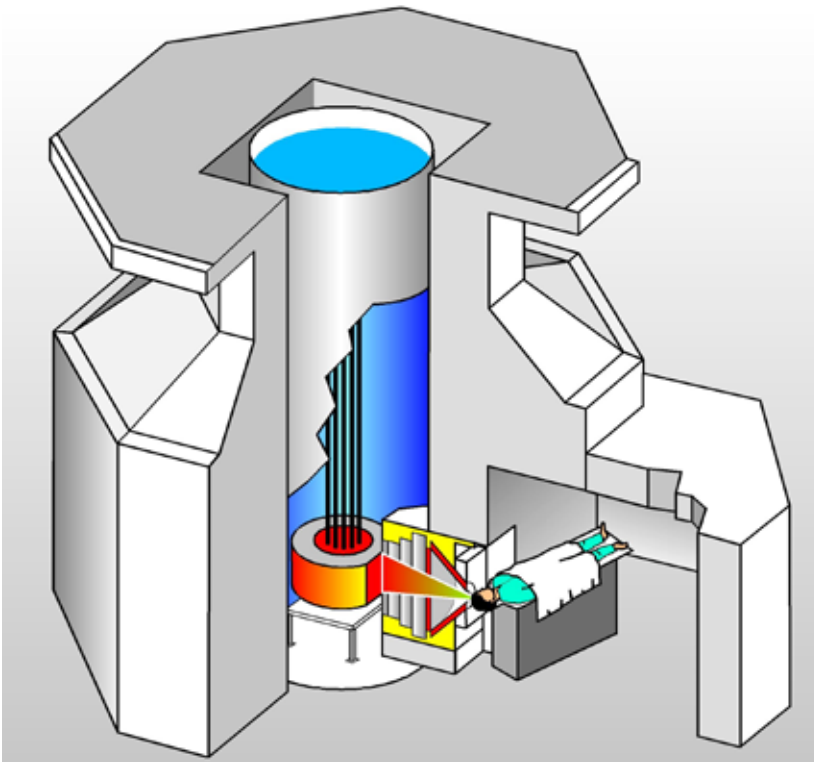
Reaktorilla on tehty sen yli viidenkymmenen toimintavuoden aikana ai-

kansa huipputeknologiaa, fysiikan perustutkimusta ja viimeksi syöpähoitoja. Elektroniikan huipputekijä Nokia sai alkusysäyksensä reaktorin mittaustekniikasta. Suomen teollisuus on kehittynyt harppauksia reaktorin ansiosta.

Ja tosiaan - nyt se puretaan. Ellei joku “ota koppia”, kuten reaktorin käyttöpäällikkö **Iiro Auterinen** tarpeen ilmaisee. Hänen mukaansa reaktorilla olisi käyttöä, jos vain tarvittava rahoitus ja tahtotila toiminnan jatkamiseen löydetäisiin.

Ydinaseista tutkimusreaktoreiden kautta ydinvoimaan

Rauhanomaisen ydinenergian ja täten myös Otaniemen tutkimusreaktorin matka lähti liikkeelle Yhdysvaltain pre-



Kaaviokuva boorineutronikaapaushoidon toteutuksesta Otaniemen FIR-tutkimusreaktorissa. Kuva: VTT.

sidentin Dwight Eisenhowerin vuonna 1953 pitämästä "Atoms for Peace" -puheesta. Tämän seurauksena YK järjesti vuonna 1956 Geneven konferenssin, joissa suurvallat esittelivät ydinenergiaa. Myös Suomen atomienergianeuvottelukunnan edustajat ja ydinenergian puuhamiehet **Heikki Lehtonen**, **Pekka Jauho** sekä **Erkki Laurila** istuivat kuuntelemassa.

Olli Vilkamon mukaan suora hyppäys ydivoimaan ilman tutkimusreaktoria olisi ollut liian suuri esimerkiksi koulutuksen kannalta - Suomessa ei ollut osaavaa henkilökuntaa voimareaktorin pyörittämiseksi. Suoraan ydinoimaan hypättäessä voimareaktorin koko käyttöhenkilökunta olisi pitänyt saada ulkomailta - eli esimerkiksi Yhdysvalloista tai silloisesta Neuvostoliitosta, Auterinen lisää. Sitä ei varmastikaan olisi katsottu hyvällä kylmän sodan keskellä.

Kaikessa tähdättiin ydinoiman saamiseen Suomeen. Suomen ensimmäiseksi ja ainoaksi tutkimusreaktoriksi valittiin yhdysvaltalaisen General Dynamicsin Triga- tyyppinen Mark II- reaktori.

Vilkamon mukaan Otaniemen reaktori toimi peruskivenä Suomen ydinoimalle. Sen avulla pystyttiin kouluttamaan henkilökuntaa Loviisaan ja Olkiluotoon.

Aikataulu tutkimusreaktorin hankkimisessa oli hämmästyttävän nopea. Sopimus tutkimusreaktorin hankkimiseksi allekirjoitettiin vuonna 1960, ja jo vuon-

na 1962 reaktori oli käytössä. Tahti oli nopea, sillä teollisuudella oli selkeä tarve ydinvoimalle. Tosin myös lupakoukerot olivat nykyistä huomattavasti suurempia - Auterisen mukaan rakennusluvaksi on saattanut riittää yksittäisen virkamiehen siunaus.

Tahti reaktorin valmistelussa oli niin nopea, että töitä tehtiin yötä päivää. Rakentamisessa ei ollut ongelmia, ja reaktorin avajaisia vietettiin presidentti **Urho Kekkosen** kera 31. elokuuta vuonna 1962.

Koulutusta ja kuuhiekan sädettämistä

Reaktoria on käytetty lukemattomiin eri tarkoituksiin.

Alkuvaiheessa koulutettiin Loviisan ja Olkiluodon ensimmäisen sukupolven turvallisuushenkilöstöä ja reaktorifyysikoita. Siitä lähtien ydinoimamat ovat itse kouluttaneet henkilökuntansa.

Koulutus on jatkunut näihin päiviin asti: vuosittain ydinreaktorin saloihin käy kouluttautumassa kuutisenkymmentä ihmistä vuodessa Suomesta ja naapurimaista.

Reaktorilla on myös tehty valtavasti tutkimusta aina fysiikan perustutkimuksesta lähtien.

Uusi tekniikka kuitenkin on syrjäyttänyt osittain reaktorilla 60-80-luvuilla käytetyt tutkimusmenetelmät, ja samat asiat pystytään selvittämään esimerkiksi

laboratoriokokeiden ja hiukkaskiihdyttimien avulla.

Muun muuassa Apollo-kuulentojen tuomien kuunäytteiden alkuainekoostumuksen vuonna 1969 selvittämiseen käytetty neutroniaktiivointianalyysitoiminta on sittemmin syrjäytetty muilla tekniikoilla. Kuunäytteitä jaettiin Yhdysvalloista eri puolelle maailmaa tutkittavaksi.

"Siellä niitä pieniä noenväristä hiekkaa sisältäviä kapseleita oli", muistelee näytteiden ulkonäköä silloinen teekkari Olli Vilkamo.

Reaktorin käyttötarve on vuosikymmenien mittaan vähitellen hiipunut. Joitakin kymmeniä vuosia reaktori kuitenkin kävi kuumana.

Reaktorin mittauslaitteiksi kehitetyt lentoaikaspektrometrit sekä automaattiset uraanianalysaattorit toimivat Suomen elektroniikkaosaamisen kärkenä. Auterisen mukaan elektroniikka-Nokian alkuaskeleet on otettu reaktorin vieressä sijainneilla mittauslaitteilla. Reaktorin mittauslaitteita on kehitetty Otaniemessä kaupallisiksi versioiksi asti.

Reaktorilla on määritetty koko Suomen geologinen rakenne alkuaineanalyysien avulla. Auterisen mukaan nämä koko maan alueelta kerätyt tiedot toimivat Suomen malminetsinnän, erityisesti uraaninetsinnän pohjana. Reaktorilla saatuja tietoja käytetään edelleen.

Ympäristösuojelutekniikkaa kehitettiin alkuaineanalyysillä sekä merkkiaineilla, joilla pystyttiin tutkimaan esimerkiksi miten teollisuudet päästöt leviävät vesistöön.

Merkkiaineita tuotetaan edelleen reaktorissa teollisuuden tarpeisiin kahtena päivänä viikossa. Merkkiaineina käytetyillä radioisotoopeilla pystytään seuraamaan esimerkiksi aineiden kulkua putkistoissa ja tekemään virtaustutkimuksia. Tämä käyttötarkoitus on pysynyt samana vuosikymmenten ajan.

Kasvainten kuolettamista

Yksi hienoimmista käyttösovelluksista on reaktorin tuottamien neutronien avulla tehty BNCT -syöpähoito. Ensimmäiset hoitoyritykset tehtiin Yhdysvalloissa jo 50-luvulla, mutta menetelmä pääsi todelliseen käyttöön vasta 90-luvulla. Tiimipäällikkö, FT **Petri Kotiluodon** mukaan Otaniemen BNCT -hoitojen idean isä oli professori **Pekka Hiismäki**.

Alkoi mittava rakennusoperaatio, jonka seurauksena reaktorin läheisyyteen tehtiin hoitotilat ja reaktorista epiterminen neutronisädehoitoasema.

Hoitoa toteutettiin vuosina 1999-2012 Otaniemessä yhteistyössä HYKSin kans-



Kuva: VTT.

sa enimmäkseen pään alueen syöpien hoidoissa. BNCT:n kehittämisessä mukana ollut Auterinen tietää tosin kertoa, että hoitoasemalla on säteilytetty jopa nivusissa sijaitsevaa kasvainta. ”Hoitoasetelma oli haastava, sillä hoidettava alue piti saada lähelle reaktoriin tehtyä aukkoa”, hän muistelee.

Kotiluoto toteaa, että parhaiten syöpähoidoilla saivat apua potilaat, joilla ei ollut aivosyöpää. Esimerkiksi nielun tai kaulan alueella olevat kasvaimista saatiin hyviä tuloksia. Erittäin vaikealaatuisesta glioblastooma-aivokasvaimesta kärsineet potilaat saivat hoidolla lisää elinaikaa.

Potilaita kävi Suomessa mm. Italiasta ja Japanista asti - Auterisen mukaan hoidetuista potilaista kymmenisen prosenttia oli ulkomaalaisia. Kuuluisimpia potilaita oli näyttelmäkirjailija **Reko Lundán**, joka kirjoitti ennen syöpään menehtymistä kokemuksistaan kirjan *Viikkoja, kuukausia*.

Hoidossa potilaaseen annostellaan boorikantajaa, joka kerääntyy kasvaimen. Alueelle kohdistetaan reaktorista neutronisäteilyä, jolloin booriatomit hajoavat ja syntyy erittäin paikallista säteilyä - syöpäsolut kuolevat ja ympäröivä kudos säilyy hengissä.

Hoidot loppuivat hoitoja tarjonnan Boneca Oy-yrityksen konkurssin ja VTT:n tekemän reaktorin purkupäätöksen myötä. Hoidotilat ovat olleet käyttämättöminä kaksi vuotta.

Vastaavanlaista hoitoa annetaan Auterisen mukaan tällä hetkellä vain Japanissa - erona kuitenkin se, että aivosyöpähoidoissa potilaan pää pitää avata kirurgisesti ennen hoitoa. Tätä ei ollut tarpeellista tehdä Otaniemen BNCT-hoidoissa kehitetyn hoitoaseman vuoksi, jossa riittävän suuri määrä neutronisäteilyä saatiin ohjattua potilaaseen noin puoli tuntia kestäneen hoidon aikana.

Tuliko reaktorin purkupäätös yllätyksenä, hoitoja toteuttamassa ollut Petri Kotiluoto?

”Ei täysin, sillä toimintaa ei koskaan saatu VTT:n kannalta kannattavaksi.”

Onko hoidoille jotain korvaavaa Suomessa?

”Suomi on syöpähoitojen huippumaita, joten hoitomuotoja on olemassa”, toteaa Olli Vilkamo.

Ydinreaktorin kuolema

Niin, se purku.

Prosessi reaktorin purkamiseksi on jo aloitettu. FiR 1 on ensimmäinen Suomessa purettava ydinreaktori. Reaktorilla voisi tekniikan puolesta olla toimintavuotia jäljellä noin 20-30, Vilkamo ja Kotiluoto arvioivat.

”Sen jälkeen voitaisiin liikkua jo eläkeläisliigassa”, Vilkamo naurahtaa.

Loviisan ja Olkiluodon reaktoreita aletaan purkaa arviolta kahdenkymmenen vuoden päästä, joten Otaniemi toimii jälleen harjoittelualustana voima-aktoreita varten - tällä kertaa vain lupullisemmassa merkityksessä.

Lupaprosessit ovat muuttuneet viidenkymmenen vuoden aikana: purkamiseen kuluu suunnitteluineen ja luvanhakuineen pidempi aika kuin aikanaan reaktorin rakentamiseen. Reaktori sammutetaan todennäköisesti vuoden 2016 keväällä, ja siitä alkaa noin vuoden kestävä prosessi jonka aikana reaktorirakennus puretaan kauttaaltaan sisältä.

Jäljelle jää suuri halli.

Rakennuksesta pitää purkaa betonisia suojaesineitä, jotta päästään itse kuuman perunan kimppeun. Reaktorin sydämen saavat pakataan ydinmateriaalin kuljetukseen tarkoitettuihin säiliöihin. Samankaltaisilla säiliöillä on aikoinaan kuljetettu käytettyä polttoainetta Lovii-

san ydinvoimalasta Neuvostoliittoon.

Korkea-aktiiviset polttoainesauvat on tietenkin välivarastoitava ja lopulta loppusijoitettava johonkin turvalliseen paikkaan. Säiliöt kuljetetaan rekalla ensin satamaan ja erikoislaivalla määränpäähensä. Niiden uusi koti löytyy Atlantin takaa.

Hetkinen, eivätkö ne jääkään Suomeen?

Vilkamo katsoo todennäköisimmän vaihtoehdon olevan, että Otaniemen reaktorin polttoainesauvat matkavat laivalla Yhdysvaltoihin, USA:n energiainministeriön hallinnoimaan Idaho National Laboratoryyn.

”Polttoaine on kotoisin Yhdysvalloista, joten siellä on paras osaaminen sen käsittelyyn. Polttoaineen halkeamiskelpoista uraania voidaan vielä käyttää hyväksi energian tuottamisessa”, hän kertoo.

Uraani kuuluu, mutta hitaasti. Arvioiden mukaan uraanipolttoainetta on kulunut reaktorissa viiden vuosikymmenen aikana vain noin 200 grammaa kolmesta kilosta.

Yhdysvallat on lupautunut vastaanottamaan Triga-aktoreiden käytettyä polttoainetta vuoteen 2019 saakka. Tavoitteena on ydinmateriaalin kerääminen takaisin alkuperämaahan sekä sen leviämisen estäminen.

Purkamisessa syntyy jätettä karkeasti kahta laatua: korkea-aktiivisin jäte matkaa Idahoon, keski- ja matala-aktiivinen jää Suomen maaperälle. Radioaktiivinen jäte - esimerkiksi reaktorin alumiiniset rakenteet - päättyy Loviisan tai Olkiluodon loppusijoitusluolastoon vajaan parin vuosikymmenen päästä. Säteilemätön jäte päättyy tavallisen purkujätteen joukkoon.

Purun jälkeen Otaniemeen jää tyhjäksi koverrettu reaktorirakennus.

Lähin tutkimusreaktori FiR 1:en purun jälkeen sijaitsee Norjan Haldenissa.

Teksti: Katariina Hirvonen, Yle Artikkelellä on julkaistu ATS Ydintekniikassa uudelleen Ylen luvalla. Alkuperäinen artikkeli julkaistiin Yle tiede-verkkosivustolta (<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2014/06/19/ydinreaktorin-sateilevat-hautajaiset>) 19.6.2014.



Krista Pahkin (vas.), Anna-Leena Kurki ja Eerikki Mäki ovat tutkineet ydinvoima-alan henkilöstöön ja johtamiseen liittyviä teemoja osana SAFIR2014-ohjelmaa.

Urapolut ydinvoima-alalla

Suomalaisissa ydinvoima-alan organisaatioissa on pitkien työsuhteiden perinne. Odotukset työpaikan varmuudesta ovat sukupolven vaihdoksen myötä ainakin osittain vaihtuneet odotukseen ammatillisesta kehittymisestä, joka jatkuu läpi työuran. Keskustelu niin sanottujen urapolkujen sisällöstä, mahdollisuuksista ja sudenkuopista ydinvoima-alalla on siis paikallaan.

Olemme viime vuosina työskennelleet yhdessä useiden asiantuntijoiden ja esimiesten kanssa suomalaisissa ydinvoima-alan organisaatioissa. Keskustelumme ja yhteistyömme kohteena on ollut henkilöstövoimavarojen johtaminen, jonka osa-alueisiin myös työurasuunnittelu urapolkuineen kuuluu. Kehitimme yhdessä arviointimallin ensiaskeleeksi henkilöstövoima-

- ”Urapolkuihin ja osaamisen kehittämiseen kiinnitetään huomiota”
- ”Erilaiset urapolut ja niihin liittyvät vaatimukset ovat yleisesti tiedossa”
- ”Toimintatavat tukevat työntekijöiden hakeutumista erilaisille urapoluille”.

Työpajojen aikana törmäsimme kiinnostavaan ristivetoon. Toisaalta urapolkuihin liittyvät arviot edustivat asteikon eri laitoja jokaisen organisaation sisällä. Urapolkuihin liittyvät käytännöt arvioitiin sekä heikosti, melko hyvin että erinomaisesti toimiviksi. Toisaalta myös urapolku käsitteenä herätti kysymyksiä ja keskustelua erityisesti siitä, kuka urapoluista on vastuussa ja tarvitaanko organisaatioissa virallisia, julkilausuttuja urapolkuja vai ei.

Urapolkujen edut ja haitat

Tutkimus- ja ammattikirjallisuudessa urapoluilla tarkoitetaan useimmiten organisaatioiden sisäisiä väyliä, joilla edessä työtehtävät ja usein myös asema ja palkkataso kehittyvät. Kun työpaikan urapolkuja suunnitellaan, tulisi vastata

ainakin kahteen toisiinsa liittyvään kysymykseen. Ensinnäkin, tavoitellaanko organisaatioissa urapolkuja koko henkilöstölle vai vain sen osalle? Tukihenkilöstölle, asiantuntijoilla ja esimiehille voi suunnitella omat polkunsa. Entä missä määrin urapoluilla tavoitellaan henkilöstön osaamisen syventämistä vai laajentamista eli missä määrin tavoitteena ovat täsmäosaajat vai laajan osaamisen generalistit?

Urapolut auttavat parhaimmillaan tukemaan ja kehittämään koko organisaation toimintaa pitkällä tähtäimellä. Linkki urapolkujen ja organisaation tavoitteiden välillä on kuitenkin tehtävä selväksi. Työpajaosallistujat kommentoivat toistuvasti, että viestintä nykyisistä urapoluista tulisi olla selkeämpää. Taustalla he näkivät myös tarpeen urapolkujen systemaattisemmalle suunnittelulle. Nykyisenä urasuunnittelun kompastuskivenä koettiin ainakin asiantuntijoiden urapolkujen jääminen esimiesten varjoon. Useampi työpajaosallistuja myös koki, että asiantuntijaurapolulla eteneminen pitäisi huomioida palkassa nykyistä paremmin.

Työpajojen osallistujat näkivät osaa-



misen kehittämisen olevan hyvällä mallilla työpaikoillaan. Keskustelun aikana kävi kuitenkin ilmi, että osaamisen kehittymisen yhteys urapolkuihin nähtiin melko heikkona. Urapolkuajattelua ei joko tunnustettu lainkaan tai sen nähtiin olevan alkutekijöissään ja epävirallista. Osallistujien mukaan: ”urapolut ovat henkilön omasta aktiivisuudesta kiinni” ja toisaalta, ”henkilöstölle pitäisi tehdä selväksi mitä mahdollisuuksia eri tehtäviin on”.

Työpajoissa arviointimallin väittämät ohjasivat keskustelun uralla etenemiseen, joka nähtiin uuteen vaativampiin tehtäviin siirtymisenä. Urapolut voivat kuitenkin olla myös nykyisessä tehtävässä kehittymistä esim. sitä että vastataan työssä eteen tuleviin uusiin osaamisvaateisiin. Lisäksi urapolulla voisi olla mahdollisuus suunnata työtehtäviään osittain omien kiinnostuksen kohteiden kehityksen myötä. Omat vaikutusmahdollisuudet työtehtävien sisältöön tukevat työn mielekkyyden lisäksi myös työhyvinvointia. Yksi osallistujista kertoikin, miten ”itseleni on asiantuntijana annettu asiantuntijuutta tukevia työtehtäviä ja mahdollisuuksia kehittyä”.

Organisaation näkökulmasta urapolkujen luominen ja niiden toteutuminen määrittää osaamisen tasoa tietyissä tehtävissä ja mahdollistaa työntekijöiden avoimen ja oikeudenmukaisen kohtelun. Työpajaosallistujat peräänkuuluttivat nimenomaan läpinäkyvyyttä urapolkujen nykyiseen toteutumiseen.

Urapolkuja ei kuitenkaan kannata lanseerata heppoisiin perustein. Epäuskottavat ja harvoin toteutuvat urapolut voivat aiheuttaa turhautumista. Jos urapolkujen suunnitteluun ja toteuttamiseen ei panosteta tarpeeksi, niin niiden pariin ei kannata lähteä lainkaan. Urapolut toimivat itseään vastaan, jos henkilöstölle ei ole mahdollista tarjota vaadittuja kehittymismahdollisuuksia, jotta he pääsevät etenemään polullaan.

Urapolkujen toteutuminen tukee molemminpuolista sitoutumista. Organisaatioon sitoutuneilla, urapolkujen eri tasoilla tai eri asiantuntemusalueella olevilla henkilöillä on edellytyksiä toimia yhteistyösuhteessa, joissa eri näkökulmat täydentävät toisiaan. Sitoutumisen myötä he ovat parhaimmillaan myös orientoituneita yhteisten ongelmien ratkaisuun ja toiminnan kehittämiseen. Sitoutuneet asiantuntijat myös yhdistävät tietonsa organisaation toimintaympäristön muutoksista – esim. taloudellisista ja teknisistä kehityksestä – nykyiseen toimintaan sitoutumattomia paremmin. Näkökulmien yhdistymisen lisäksi myös käytännöt

Haluatko lukea lisää urapolkujen arvioinnista tai kiinnostuitko henkilöstövoimavarojen arvioinnista laajemmin? Maksuton opas on toteutettu SAFIR2014-ohjelman puitteissa ja löytyy osoitteesta:

www.ttl.fi/tutkimus

→ tutkimus- ja kehittämishankkeet

→ toimialat

→ Asiantuntijuuden kehittyminen ydinvoima-alalla (SAFEX2014))

rikastuvat eli tietoa yhdistämällä kehittyvät myös yhteinen ongelmanratkaisukyky, yhteiset työskentelytavat ja rutiinit.

Mitkä toimintatavat tukevat urapolkujen toimivuutta?

Vastuu urapoluista on kaksijakoinen. Toisaalta jokainen itse on aktiivinen uuden, asiantuntijuuteen olennaisen tiedon hakemisessa ja oman osaamisen kehittämässä. Mutta organisaation täytyy myös tarjota urapolkuja tukevia mahdollisuuksia kehittymiseen. On myös olennaista, että esimiehet ovat kartalla siitä mitä osaamista urapoluilla edellytetään nyt ja tulevaisuudessa.

Monet työpajaosallistujat vastasivat urapolkuväittämiin korostamalla esimiehen roolia. Esimiehestä riippuen urapolkuja tukevat päätökset ja askeleet olivat joko näkymättömissä tai selkeitä – useimmiten jotain siltä väliltä. Lisäksi he toivat esiin järjestelmällisen tehtävien luokittelun ja niiden vaatimusten määrittelyn, tehtäväkierrot ja sisäiset haut esimerkkeinä toimintatavoista, jotka tukivat henkilöstön hakeutumista eri urapoluille.

Kun organisaation tavoitteena ovat osaamisen kehittymistä tukevat ja uskottavat urapolut, tulisi henkilöstökoulutus, työssä oppiminen ja muut osaamisen kehittämisen väylät suunnitella ja toteuttaa urapolkuja tukevana. Myös kehityskeskusteluissa voi peilata työntekijän kehittymistä ja kehittymistarpeita työn tarpeiden lisäksi urapolkumalleihin. Osaamisen kehittymistä edesauttavat selkeät – mutta ei joustamattomat – tavoitteet. Lisäksi avoin viestintä ja säännöllinen keskustelu urapoluista osana tiimien ja työryhmien toimintatapoja tukee nii-



den toimivuutta.

Mutta sopivatko urapolut kaikkiin organisaatioihin? Mittavat ja toistuvat muutokset toiminnan suuntaamisessa muuttavat myös organisaatiossa avautuvia työuramahdollisuuksia. Muutosvaiheet edellyttävätkin urapolkujen todennäköistä päivittämistä.

Urapolkujen järjestelmällisempi suunnittelu ja toteuttaminen ovat mahdollisia väyliä ydinvoima-alan osaamisen jatkuvuuden varmistamiseksi - toimivatko ne sinun työpaikallasi?

Kirjoittajat:

TkT Eerikki Mäki

tutkija

Aalto-yliopisto

eerikki.maki@aalto.fi

Valt.tiet.lis Krista Pahkin

tutkija

Työterveyslaitos

krista.pahkin@ttl.fi

KM Anna-Leena Kurki

tutkija

Työterveyslaitos

anna-leena.kurki@ttl.fi

VTM Sara Lindström

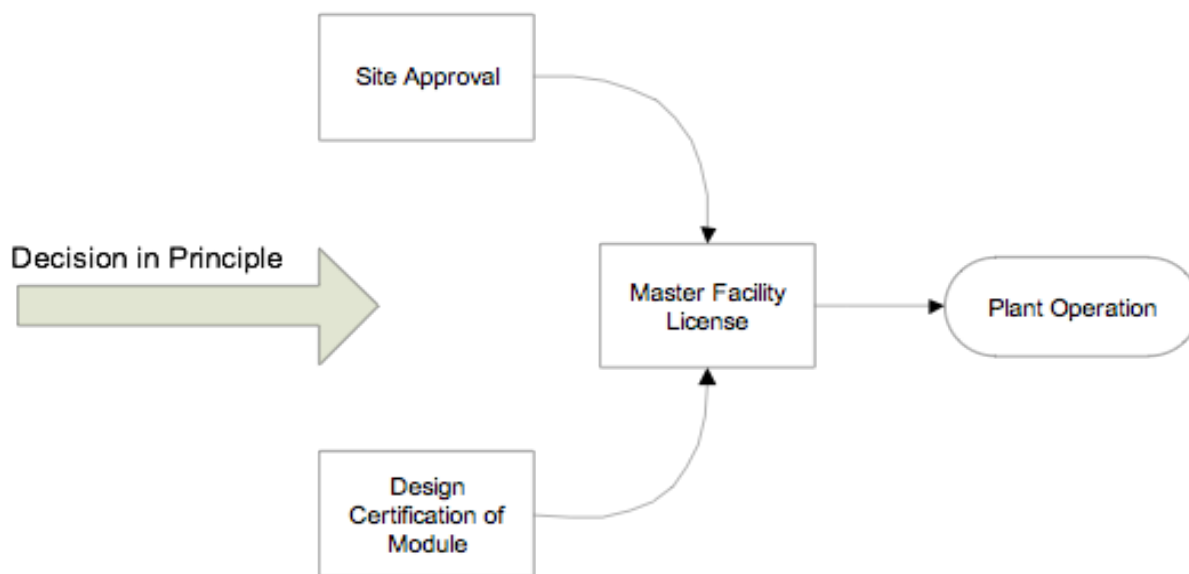
tutkija

Työterveyslaitos

sara.lindstrom@ttl.fi

Licensing Process Development for Small Modular Reactors SMRs - Focusing on the Finnish Regulatory Framework

Lisensiointiprosessin kehitys pienille modulaarisille reaktoreille - painopiste suomalaisessa viranomaisympäristössä



Periaatteellinen lisensiointimalli pienille modulaarisille reaktoreille

Pienet modulaariset reaktorit ovat nousseet viime aikoina suurempaan rooliin julkisuudessa. Suurten ydinvoimalaitosprojektien haasteet ovat ohjanneet huomion pienempiin reaktoriyksiköihin. Lisensiointi on yksi ydinvoimalaitosprojektien tärkeimmistä osa-alueista vaikuttaen sekä laatu- ja aikatauluihin, että projektin kustannuksiin ja aikatauluihin. Tutkimuksen tulokset luovat uudentyyppisen, paremmin pienille modulaarisille reaktoreille soveltuvan lisensiointiprosessin.

Pienet modulaariset reaktorit ovat nykyisiä laitoksia pienempiä ydinvoimalaitoksia ja niiden turvallisuus perustuu yksinkertaisuuteen ja passiivisiin ominaisuuksiin. Tällä perusteella myös turvallisuustason osoittaminen lisensioinnin kautta voidaan olettaa olevan helpompaa kuin suurilla laitostyöyksiköillä. Lisensiointiprosessi kuitenkin vaatii kehitystä ja optimointia.

Ydinvoimalaitosten lisensiointiprosessi on erilainen lähes jokaisessa maassa. Tämä eroavaisuus näkyy niin lisensioinnin vaiheissa, kuin myös lähestymistavassa jota lisensioinnista vastaava viranomainen prosessiin käyttää. Lisäksi eri lisensiointiin osallistuvat organisaatiot ja roolit eroavat maittain. Näiden erilaisuuksien vuoksi on lisensiointiprosesseja eri maissa vaikea vertailla keskenään.

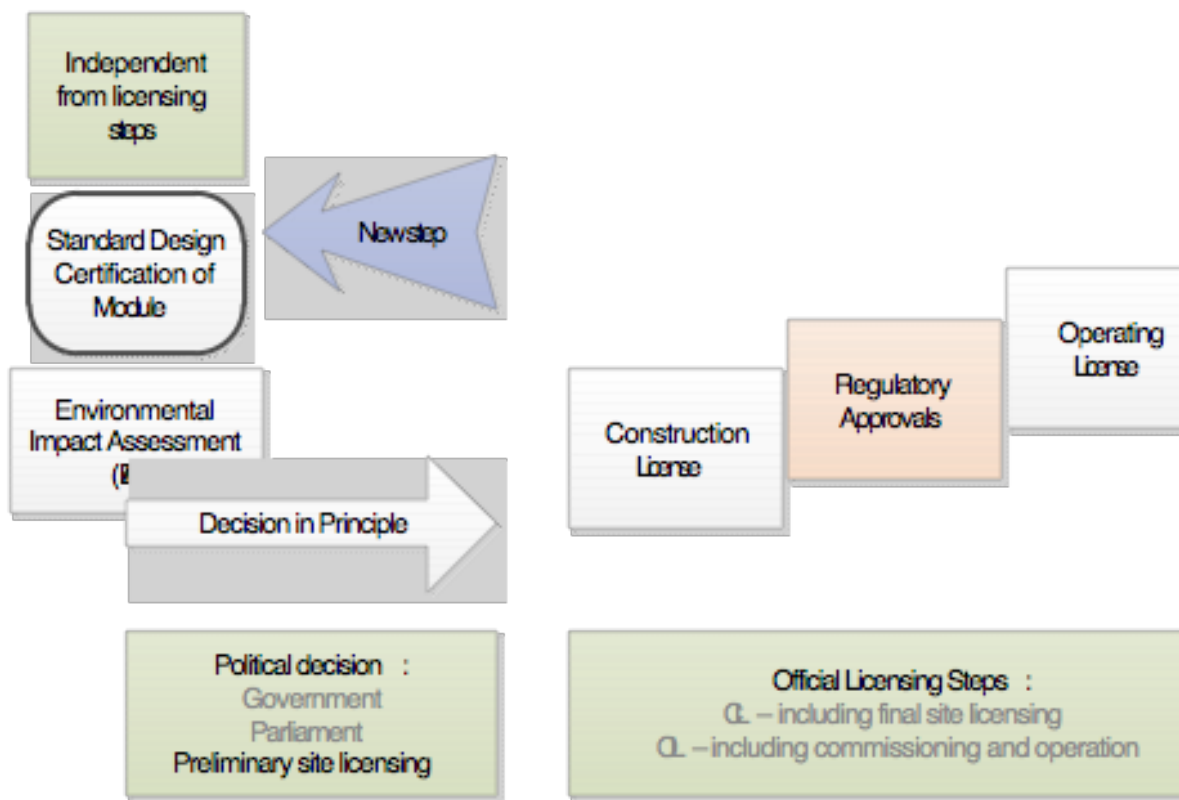
Lisensiointiprosessi voidaan karkeasti ottaen jakaa kahteen ryhmään: kaksivaiheiseen lisensiointiin ja yksivaihe-

seen lisensiointiin. Lisensioinnissa käytettävä lähestymistapa voidaan myös jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään: goal setting -lähestymistapa (asettaa vain korkean tason toiminnalliset turvallisuustavoitteet) ja preskriptiivinen lähestymistapa (asettaa ydinvoimalaitokselle detaljit turvallisuusvaatimukset).

Lisensiointiprosessin tärkeys on havaittu selvästi myös uusissa laitosprojekteissa, joten tämä osa-alue on myös kansainvälisellä saralla otettu tarkastelun kohteeksi ja useat kansainväliset organisaatiot ovat keskittyneet tutkimaan ja kehittämään monia lisensioinnin eri osa-alueita.

Tässä tutkimuksessa vertaillaan lisensiointiprosesseja eri maissa. Tutkimuksen pohjaksi valitut maat ovat USA, Kanada, Iso-Britannia, Ranska ja Suomi. Näiden maiden ydinenergia-alan lisensioinnin lisäksi tutkimukseen on otettu mukaan lentoteollisuuden ja raideteollisuuden lisensiointiprosessit. Dokumentaatiota ja erityisesti vertailua eri lisensiointiprosessien välillä on vain vähän saatavilla, joten tutkimuksessa on käytetty laajasti asiantuntijoiden haastatteluja sekä kyselylomaketta datan kartoittamiseen. Pieniä modulaarisia reaktoreita ei ole vielä rakennettu, joten tutkimuksen aihe on varsin relevantti ja ajankohtainen. Lisensiointiaktiviteetit eri maissa ovat eri vaiheissa ja etenevätkin kukin omaa polkuaan.

Tutkimus ehdottaa uuden tyyppistä lisensiointiprosessia



Ehdotettu lisensointiprosessi Suomeen, soveltuena pienille modulaarisille reaktoreille

pienille modulaarisille reaktoreille. Päätulos on sertifiointi reaktorimoduulille ja sen primäärisille turvallisuusjärjestelmille. Tämä uusi malli pyrkii ottamaan pienten modulaaristen reaktoreiden erityispiirteet huomioon ja käyttämään niiden tuomia ominaisuuksia lisensoinnin helpottamiseen (kuva1). Näitä erityispiirteitä ovat erityisesti modulaarinen rakenne, eli yhdessä laitoksessa on useita reaktorimoduuleja. Reaktorimoduuli käsittää integroidun paineastiakokonaisuuden, jossa reaktori ja primääripiirin komponentit ovat paineastian sisällä sekä primääriset turvallisuusjärjestelmät. Lisäksi näitä pieniä modulaarisia reaktoreita on suunniteltu rakennettavaksi sarjoina useita laitoksia peräkkäin ja pitkälti tehdasvalmisteisesti (pienentää laitospaikalla tehtävän työn määrää).

Uusi lisensointimalli on periaatteellinen ja voisi soveltuva uuden ydinvoimamaan lähtökohdaksi, jos käytössä ei vielä ole lisensointiprosessia. Kuitenkin ydinvoimaa käyttävissä maissa on jo käytössä lisensointiprosessi, jota ei välttämättä kannata täysin lähteä muuttamaan. Tämän vuoksi pääkohdat ehdotetusta pienten modulaaristen reaktoreiden lisensointimallista on sisällytetty Suomessa käytettävään lisensointiprosessiin mahdollisimman pienillä muutoksilla (kuva2). Tämän Suomen lisensointiprosessin muokkauksen kohdalla on käyty läpi ydinenergialakiin tarvittavat muutokset ja kuvattu kaksi eri tapaa asian toteuttamiseen lakimielessä.

Uusi lisensointiprosessi pyrkii pienentämään poliittista riskiä uusissa ydinvoimalaitosprojekteissa. Lisäksi malli antaa mahdollisuuden hyväksyttävä osa prosessista kansainvälisesti ja näin ollen edistää kansainvälistä ydinvoiman lisen-

sointia, jota on pitkään pyritty helpottamaan siinä kuitenkaan onnistumatta.

Uuden lisensointiprosessin sovellus esitetään käyttäen arkkitehtuurinhallinnan (Systems Engineering), vaatimusten hallinnan, sekä projektin johtamisen käytäntöjä ja työkaluja. Ydinvoimalaitoksen lisensointi käsittää hyvin suuren määrän tietoa ja dokumentaatiota, jota tulee hallinnoida soveltuvin käytännön koko projektin ajan, sekä projektin jälkeen koko ydinvoimalaitoksen käyttöä ja käytöstä poiston ajan. Tässä työssä esitetyt prosessit muodostavat osan ydinvoimalaitoksen johtamiskäytännöistä. Jotta sujuva lisensointi voitaisiin mahdollistaa ja näin ollen antaa pohja myös koko ydinvoimalaitosprojektin onnistumiselle, ovat johtamiskäytännöt tärkeässä asemassa.

*TkT Kristiina Söderholm
Head of Nuclear R&D
Fortum*

kristiina.soderholm@fortum.com



SECURE naftaliinista

Niin, kyllä se käytännössä toimii – mutta entä teoriassa?



Ågestan ydinvoimalaitoksen valvomo vuosina 1965–1966 Huddingessa. Lähde: Wikimedia Commons, Tekniska museet

Keilaniemessä saatiin loppuvuodesta 2008 kuningasidea: Fortum rakentaisi Loviisa 3:n CHP-laitoksena ja toimittaisi siitä 1000 MW lämpöä Helsinkiin. Periaatepäätöshakemusvaltiksi kaavailtu kaukolämpökortti osoittautui kuitenkin Mustaksi Pekaksi, kun kiireessä unohtui sopia toimituksesta asiakkaan kanssa. Helsingin Energia tyrmäsi ehdotuksen joulukuussa 2009.

Helsingin yllätyksetön reaktio oli viimeinen niitti rämpimisessä jälleen kerran kohti pettymystä, joita Fortum/Imatran Voima on tyrityillä ydinvoimasuunnitelmillaan Loviisan talousalueelle tarjonnut vuosikymmenestä toiseen. On muuten hassu juttu, että valtio ei ole vielä kertaakaan hyväksynyt ydinvoimahankeä, jossa sen itsensä omistama yhtiö on ollut mukana.

Kaukolämpö ei kylmennyt turvallisuuspeleista – vaikka toki on niin, että tähän pohdintaan ei kunnolla edes päästy tällä kertaa. Mielenkiintoinen kysymys

onkin, jos poliitikoilla ja kuluttajilla ei olisi mitään periaatteellista ydinkaukolämpöä vastaan, niin voisiko se toimia sekä teoriassa että käytännössä?

Suomessa ydinkaukolämpöä puuhattiin tosissaan 1970-luvun puolestavälistä 80-luvun alkuun. Innostuksen taustalla oli öljykriisi ja tehdyt selvitykset mm. kaukolämpöputken rakentamisesta Inkoon Kopparnäsiin suunnitellusta ydinvoimalaitoksesta pääkaupunkiseudulle. Ydin-CHP oli tuolloin kuitenkin vain teoriaa, kaukana toteuttamiskelpoisuudesta.

Ydinlämpölaite on sen sijaan toiminut myös käytännössä: Ruotsissa Ågestan R3-reaktoria Tukholman esikaupungissa Huddingessa käytettiin menestyksellä kaukolämmitykseen vuosina 1964–1974. VTT ja Finntom osallistuvatkin 1976–77 Asea-Atomien lämmitysreaktoritutkimukseen, ns. SECURE-projektiin (Safe and Environmentally Clean Urban Reactor). SECURE:n suunnitte-

lua vietiin niin pitkälle, että Asea-Atom ja Finntom pystyivät antamaan Helsingin Seudun Lämpövoima Oy:lle vuonna 1979 budjettitarjouksen Helsingin Malmille suunnitellun 2x400 MW:n laitoksen päälaitteista.

Suomi oli tuolloin uuden ydinteknologian kehittämisen eturintamassa. ATS järjesti elokuussa 1977 kansainvälisen Low Temperature Nuclear Heat -konferenssin, jossa yli 300 asiantuntijaa 23 maasta pohti matalan lämpötilan ydinlämmöntuotannon teknologiaa ja taloudellisuutta. Yhteispohjoismaisen kaupallisen ydinlämpölaitoksen toteuttaminen kompastui viimeistään Ruotsin ydinvoimakansanäänestykseen ja Salmisaari B -kivihiilivoimalaitosten rakentamiseen.

SECURE:n tutkimukset ja suunnitelmat ovat yhä olemassa. Kompaktien, modulaaristen ydinlämpölaitosten perusteet ovat tänään vähintään yhtä valideja kuin vuonna 1976. Kuluneen yli 30 vuoden aikana harva asia on itse asiassa muuttunut



Ågestaverketin reaktorihalli joskus 1960-luvulla (lähde: Wikimedia Commons / Vattenfallsstyrelsen). Lähisijoitusta tutkittiin laajasti Ruotsissa 1970-luvun alussa kansallisessa komitearaportissa Närförläggning av kärnkraftverk, koska Tukholman Värtanille rakennettavalle ydin-CHP-laitokselle oli haettu lupaa 1968.

suuntaan, joka olisi SECURE:n kaltaisten reaktorien järkevyyttä vastaan. Isoin kysymysmerkki lienee yhä siinä, että hyväksytäänkö atomien halkaisemista automarkettien etäisyydellä asutuksesta.

Mitään tavatonta lähiöydinreaktorissa ei toki ole, onhan meillä Suomessakin, Espoon Otaniemessä sykkinyt ydinreaktori jo vuodesta 1962. Siis lähes yhtä kauan kuin kilometrin päässä Tapiolasassa kaukolämpö on virrannut Asunto Oy Viisikkoon, josta jouluna 1953 tuli Suomen ensimmäinen nykyaikaisesti kaukolämmitetty taloyhtiö. Espoon kaukolämmöthän tuottaa pääosin kivihiehellä

ja maakaasulla kaupungissa pääkonttoriin pitävä ydinvoimayhtiö Fortum, joka on itse asiassa maailman viidenneksi suurin lämpöyhtiö. Olisikohan yhtiössä aika käynnistää SECURE RELOADED -projekti?

Yes-huudot raikuivat, kun TEM kertoi keväällä ydinenergia-alan tutkimuksen kansallisesta strategiasta vuoteen 2030. Varsinaista strategiapaperia mielenkiintoisempia ovat eri työryhmien taustaselvitykset, niissä kun esitetään pääraporttia värikkäämpää pohdiskelua.

Niistä silmään sattui konkreettisuudessaan erinomaisen raikas ja rohkea suositus: Suomeen pitää rakentaa vuoteen 2030 mennessä oleellisesti suomalaiseseen tutkimukseen perustuva koereaktori. Turvallisuusinsinöörin ehdotus kokeellisen reaktorin tyyppiä ja hankkeen pääsponsoriksi taisikin käydä ilmi jo edellä. Ja ATS voisi alkaa suunnitella elokuussa 2017 pidettävää, järjestyksessään toista Low Temperature Nuclear Heat -konferenssia.



ATS

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA -
ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND r.y.
FINNISH NUCLEAR SOCIETY

Johtokunta

Puheenjohtaja Chairperson	TkT Liisa Heikinheimo Teollisuuden Voima Oy Puhelin + 358 (0)2 83 811 puheenjohtaja@ats-fns.fi
Varapuheenjohtaja Vice-chairperson	DI Tapani Raunio Fortum Power and Heat Oy tapani.e.raunio@fortum.com
Sihteeri Secretary	DI Anna Nieminen VTT sihteeri@ats-fns.fi p. +358 40 159 1156
Rahastonhoitaja Treasurer	TkT Arto Ylönen Lappeenrannan teknillinen yliopisto rahastonhoitaja@ats-fns.fi
Jäsenet Board Members	DI Essi Ahonen STUK essi.ahonen@stuk.fi
	DI Ilkka Männistö Fennovoima ilkka.mannisto@fennovoima.fi
	DI Juhani Palmu Posiva juhani.palmu@posiva.fi
	TkT Filip Tuomisto Aalto-yliopisto filip.tuomisto@aalto.fi
	TkT Timo Vanttola VTT timo.vanttola@vtt.fi

Toimihenkilöt

ATS Young Generation	DI Ville Kakkonen Platom Oy ville.kakkonen@platom.fi
Kv-asioiden sihteeri International affairs	TkT Jari Tuunanen Fortum jari.tuunanen@fortum.com
Energiakanava Energy Channel WiN Finland	DI, FM Anna-Maria Länsimies, Fortum anna-maria.lansimies@ fortum.com
Ekskursios sihteeri	DI Juhani Palmu Posiva Oy juhani.palmu@posiva.fi
Www-vastaava	DI Heikki Suikkanen Lappeenrannan teknillinen yliopisto webmaster@ats-fns.fi
ATS-Info	TkT Seppo Vuori seppo.vuori@welho.com
ATS Seniorit	Tekn. lis. Eero Patrakka eero.patrakka@kolumbus.fi

Toimitus ja yhteystiedot

Julkaisija:

Suomen Atomiteknillinen Seura ry
PL 78, 02151 Espoo
www.ats-fns.fi

Lehti ilmestyy neljä kertaa
vuodessa.

ISSN-0356-0473

Miktor

Vuoden 2014 lehtien teemat:

1/2014

ATS YG -ekskursio, tutkimus

2/2014

Ympäristöasiat

3/2014

ATS Työryhmät

4/2014

Ekskursio

Päätoimittaja, Editor in Chief:

DI, FM Anna-Maria Länsimies
ATS Ydintekniikka
c/o Kymen Ydinviestintä
PL 39, 48101 Kotka
anna-maria@lansimies.com
p. +358 50 561 5176

Taitto: Kymen Ydinviestintä

Yhteydenotot yleisissä asioissa,
jäsenhakemuksissa, osoitteen
ja sähköpostin muutoksissa
seuran sihteeriin:
Anna Nieminen
sihteeri@ats-fns.fi
p. +358 40 159 1156

Erikoistoimittajat:

DI Risto Vanhanen
risto.vanhanen@aalto.fi
DI Eveliina Takasuo
eveliina.takasuo@vtt.fi
FM Johanna Hansen
johanna.hansen@posiva.fi
DI Riku Mattila
riku.mattila@stuk.fi
DI Pekka Nuutinen
pekka.nuutinen@fortum.com
DI Niina Miettinen
niina.miettinen@fennovoima.fi
YTK Pasi Tuohimaa
pasi.tuohimaa@tvo.fi
Haastattelutoimittaja:
DI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@welho.com





**ATS:n
uudet jäsenet**

Varsinaiset jäsenet:

Marko Marjamäki, Fortum
Jaakko Kuopanportti, Fortum
Mika Kuronen, Fennovoima
Terttaliisa Lind, PSI

Opiskelijajäsen:

Petri Koivunen, LUT

Palautusosoite:
Suomen Atomiteknillinen Seura
PL 78
02151 ESPOO

Kannatusjäsenet:

Alstom Finland Oy

B+Tech Oy

Fennovoima Oy

FinNuclear ry

Fortum Power and Heat Oy

Mirion Technologies (RADOS) Oy

Platom Oy

Pohjoismainen Ydinvakuutuspooli

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PrizzTech Oy

Saanio & Riekkola Oy

Siemens Osakeyhtiö

Teknologian tutkimuskeskus VTT

Teollisuuden Voima Oyj

TVO Nuclear Services Oy

Voimaosakeyhtiö SF Oy

Wärtsilä Finland Oy