

ATS

1|2024

Vol. 53

YDINTEKNIikka

SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA – ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND

Norjassa perustettiin ATS:n sisarseura

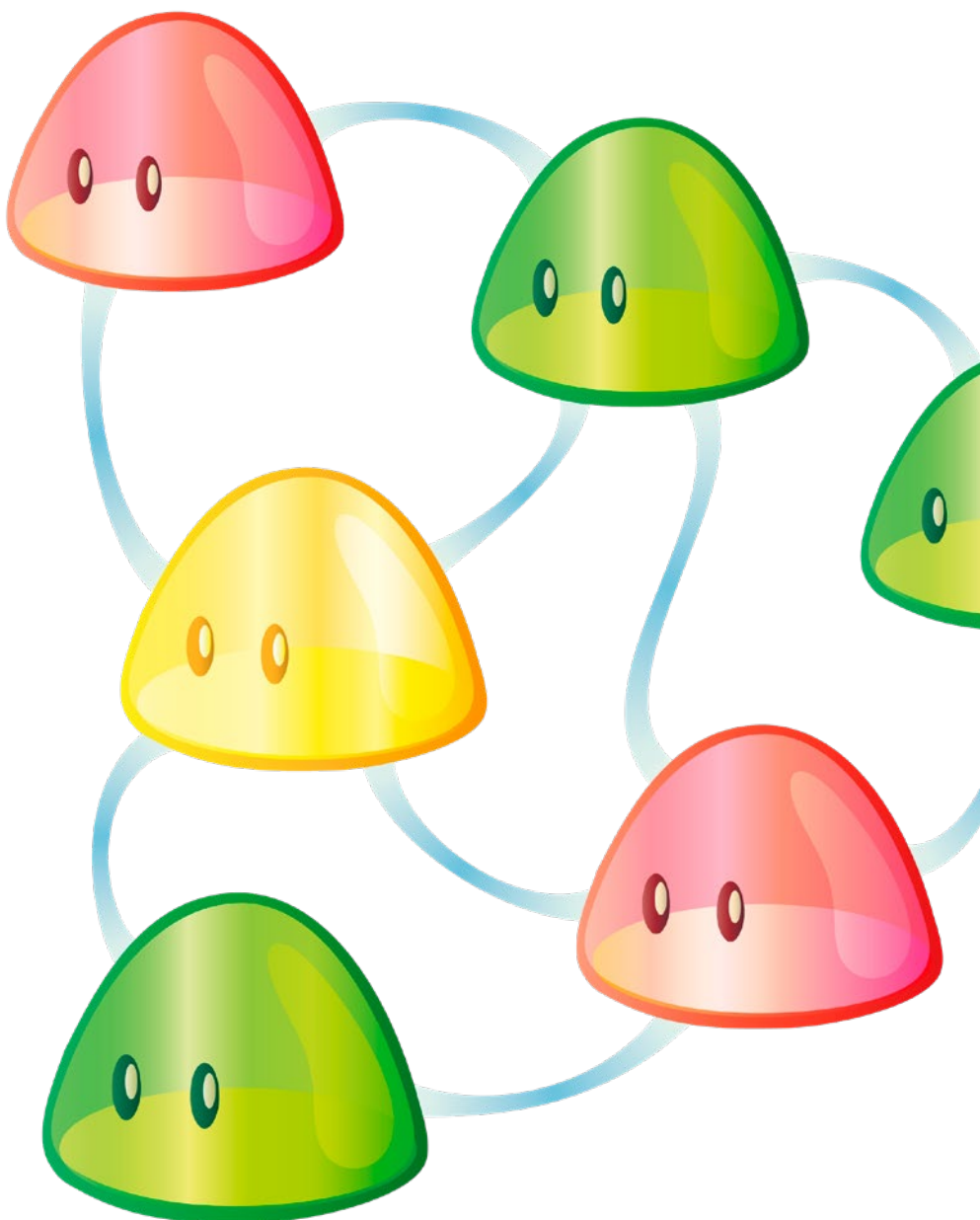
Norjalla on pitkät perinteet ydintekniikan alalla, mutta vasta nyt aika oli kypsä alan ammattilaiset ja organisaatiot yhdistävän NNA-seuran perustamiselle.

Uudenlaista viran- omaisyhteistyötä

STUK osallistui yhdessä Ranskan ja Tšekin viranomaisten kanssa NUWARD-pienreaktorin turvallisuusarviointiin. Arviointi jatkuu ja yhteistyö laajenee tänä vuonna.

Ydinvoima ja asenteet

Asennemallilla voidaan perustella, miten Suomessa ydinvoiman kannatus on historiallisen korkealla tasolla, kun taas Saksassa kannustustilanne on johtanut ydinvoiman ennenaikaiseen alasajoon.



Julkaisija / Publisher

Suomen Atomiteknillinen Seura – Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

www.ats-fns.fi

Johtokunta / Board**Puheenjohtaja / President**Tkt Markus Airila
puheenjohtaja@ats-fns.fi**Varapuheenjohtaja / Vice President**DI Hanna Tynys
hanna.tynys@fortum.com**Sihteeri / Secretary General**FM Jussi Peltonen
sihteeri@ats-fns.fi**Rahastonhoitaja / Treasurer**DI Elina Syrjälähti
rahastonhoitaja@ats-fns.fi**Jäsenet / Board Members**DI Olli Nevander
olli480@hotmail.comProf., Tkt Samuli Siltanen
samuli.siltanen@helsinki.fiTkt Antti Snicker
antti.snicker@aalto.fi**Toimihenkilöt / Functionaries****ATS Young Generation**Ins (AMK) Juuso Soikkeli
juuso.soikkeli@konecranes.com**Kansainvälisten asioiden sihteeri /
International Affairs**MSc Ana Jambrina
ana.jambrina@vtt.fi**Women in Nuclear Finland**FM Jenna Levo
jenna.levo@tvo.fi**www.vastaava / Webmaster**DI Juha-Pekka Hyvärinen
webmaster@ats-fns.fi**ATS-Seniorit / ATS-Seniors**TkL Eero Patrakka
eero.patrakka@kolumbus.fi**Toimitus / Editors****Vastaava päätoimittaja / Editor-in-Chief**Tkt Jarmo Ala-Heikkilä
jarmo.ala-heikkila@aalto.fi**Tieteellinen päätoimittaja /
Scientific Chief Editor**FT Antti Rätty
antti.ratty@vtt.fi**Ajankohtaispäätoimittaja /
Topical Chief Editor**DI Tapani Raunio
tapani.e.raunio@fortum.com**Ulkoasu ja taitto / Layout**Katariina Korhonen
Creatus
katariina@creatus.fi**Toimitus / Editorial Staff**FM Sophie Haapalehto
sophie.haapalehto@posiva.fiDI Klaus Kilpi
klaus.kilpi@gmail.comTkt Henri Loukusa
henri.loukusa@gmail.comDI Aleksi Savolainen
aleksi.savolainen@tvo.fiFT Mervi Söderlund
mervi.soderlund@fortum.com**Toimituksen yhteystiedot****ATS Ydintekniikka**c/o Jarmo Ala-Heikkilä
PL 15100
00076 Aalto
p. 050 433 1198**Painopaikka**Hämeen Kirjapaino Oy, Espoo
ISSN-0356-0473

Vuonna 1966 perustetun Suomen Atomiteknillisen Seuran (ATS) tarkoituksena on edistää ydintekniikan alan tuntemusta ja kehitystä Suomessa, toimia yhdyssiteenä jäsentensä kesken kokemusten vaihtamiseksi ja ammattitaidon syventämiseksi sekä vaihtaa tietoja ja kokemuksia kansainvälisellä tasolla. ATS on Tieteellisten seurain valtuuskunnan jäsenseura.

ATS Ydintekniikka on ATS:n julkaisema, neljästi vuodessa ilmestyvä aikakautinen julkaisu. ATS:n tavoitteena on, että ATS Ydintekniikka on johtava teknistieteellinen ammattijulkaisu Suomessa.

ATS ei vastaa julkaistuissa artikkeleissa ja kirjoituksissa olevista tiedoista ja näkökannoista. Toimitus pidättää itsellään oikeuden lyhentää, tiivistää ja muokata julkaistavaksi tarkoitettuja artikkeleja ja kirjoituksia.

Elämän kiertokulkua

ELÄMÄLLÄ ON TUNNETUSTI KIERTOKulkunsa, mutta tässä rajoitun yhdistyselämän kiertokulkuun, ja vieläpä vain tämän yhteisen yhdistyksemme kiertokulkuun. Aihe on ATS:lle ajankohtainen alkuvuodesta, kun seuran säännöt määräävät pitämään vuosikokouksen helmi-maaliskuussa.

Tällä kertaa ATS-vuosikokouksessa oli kolme johtokunnan jäsentä erovuorossa. Säännöissä määrätään peräkkäisten toimintakausien maksimimääräksi kolme, mikä rajoite on ollut voimassa jo ATS:n perustamisesta lähtien. Se on tuonut tervettä henkilökiertoa johtokuntaan, mikä on osaltaan pitänyt toiminnan vireänä.

Myös henkilökohtaisesta näkökulmasta katsottuna on paljon helpompi lupautua maksimissaan kolmen vuoden projektiin kuin pestiin, jonka lopusta ei ole tietoa. Kontrasti taloyhtiöiden ikuisiin hallitusjäsenyyksiin on huomattava.

ATS:n uusi johtokunta esitellään lehden ai-kataulun takia kakkosnumerossa. Tässä vai-heessa voin seuran jäsenten ja itseni puoles-ta kiittää erovuorossa olleita seuran puolesta tehdystä työstä aikana, jolloin koronarajoitus-ten kaudesta pyrittiin palaamaan normaalitoi-mintaan: kiitos Markus, Jussi ja Olli! Samalla toivotamme onnea ja menestystä uudelle joh-tokunnalle.

Juhlavuonna 2016 ilmestyneestä ATS:n 50-vuotishistoriikista voidaan nähdä, että seuran jäsenlehden päätoimittajat ovat olleet toi-messaan enintään viisi vuotta. Seuran säännöt eivät määrää toimihenkilöiden toimikausista, mutta puoli vuosikymmentä on käytännössä osoittautunut oikein sopivaksi päätoimittaja-kauden maksimipituudeksi lehden kiertoku-lun kannalta.

Koska minulla on menossa tässä päätoimit-tajan pestissä viides vuosi, seuraajan etsintä on syytä aloittaa. Jos Pohjoismaiden ainoan



ja parhaan ydintekniikan aikakauslehden toi-mittaminen ja kehittäminen kiinnostaa, niin suosittelen liittymään mukaan toimitukseen tämän vuoden aikana. Tällä tavalla pääsee tu-tustumaan toimintaan, ennen kuin sitoutuu lähtemään vetovastuuseen. Jos asia edes hiuk-kasen kiinnostaa, niin otapa yhteyttä: yhteys-tietoni löytyvät tuttuun tapaan kakkossivulta.

Jarmo Ala-Heikkilä
Vastaava päätoimittaja

SISÄLTÖ

Vakiopalstat

Päätoimittajalta: Elämän kiertokulkua.....	3
Pääkirjoitus: Brysselin koneeseen kannattaa astua.....	4
Editorial: It is worth hopping on a plane to Brussels.....	5
Pakina: Viiveen vaikutuksesta turvallisuuteen.....	30

Tapahutumat

Norjassa atomitekniillisten seurojen iloinen perhetapahtuma.....	6
---	---

Ajankohtaista

Towards multifunctional nuclear materials for industrial and medical applications via international collaboration.....	9
Women in Nuclear -toiminta on koonnut rivejään.....	12
Turvallisuuskulttuurikoulutusta pelillistettynä.....	14
Uusi muoto ydinturvallisuusviran- omaisten yhteistyölle: NUWARD SMR:n arviointi.....	16

Tiede ja tekniikka

Asenteissa ero: Suomi Saksaa pragmaattisempi ydinvoimassa.....	18
<i>Risto Valkeapää</i>	
Väitöskirja: Materiaaleja selektiiviseen radioaktiivisen jodin erotukseen.....	24
<i>Valtteri Suorsa</i>	

Brysselin koneeseen kannattaa astua

YDINENERGIAA TUOTETAAN HYVISTÄ syistä. Kylmimmät talvikelit vuosikymmeniin nostivat tammikuun alkupäivinä sähkönkulutuksen maassamme enimmillään 15 gigawattiin, joka on suurin noteeraus lähes vuosikymmeneen. Ydinenergialla tuotulle sähkölle oli todellakin kysyntää. Aiempaa haastavampi energiamarkkinatilanne on lisännyt ymmärrystä ydinenergian käytölle ympäri Eurooppaa.

Euroopan Unionin eräänlaisen perustuslain eli Euroopan Unionin toiminnasta tehdyn sopimuksen (SEUT) 194 artiklan perusteella kukin EU:n jäsenvaltio saa valita energianlähteiden hyödyntämistapansa itse. Samainen artikla määrittää erityisiksi edistämiskohteiksi energiatehokkuuden, energiansäästön ja uusiutuvan energian.

Ydinenergian edistämisestä linjataan erikseen Euroopan atomienergiayhteisön (Euratom) perustamissopimuksessa. Eri puhtaiden energiantuotantotapojen edistäminen on siis kirjattu kahteen eri sopimukseen. Käytännössä EU:n perussopimuksen kirjauksia on edistetty viime vuosikymmeninä huomattavasti innokkaammin kuin Euratomin.

Vaikka jäsenvaltioilla onkin sinänsä oikeus valita itse energiapalettinsa, on Brysselissä kuitenkin valtuudet tehdä päätöksiä esimerkiksi energiamarkkinoihin sekä ilmasto-, ympäristö- ja rahoitusmarkkinapolitiikkaan liittyen. Brysselistä löytyy kasapäin työkaluja niin vauhdin antamiseen kuin tien hiekoittamiseen. Missä suhteessa näitä tarjotaan ja kenelle, riippuu poliittisista valinnoista.

Komission lainsäädäntöehdotuksia edeltää usein komission tiedonanto, joka on ikään kuin julkinen vihjaisu siitä, mitä on edessä. Komissio antoi tämän vuoden helmikuussa vuoden 2040 ilmastotavoitetta koskevan tiedonannon, jossa se suosittaa EU:lle 90 prosentin nettopäästövähennystavoitetta vuodelle 2040. Suomi laati oman ennakkovaikuttamismuistionsa syksyllä koskien kyseistä kokonaisuutta. Suomi painotti muun muassa teknologianeutraalisuuden, eli ydinenergian tasapuolisen huomioonmuiden ilmastotoimien rinnalla, tärkeyttä ilmastotavoitteiden saavuttamisessa.

Tiedonanto on monella tavalla linjassa Suomen kantojen kanssa. Tiedonannossa todetaan, että kaikki ilmastoneutraaliut- ta edistävät teknologiat tarvitaan käyttöön. Ydinenergialla nähdään uusiutuvaa energiaa täydentävä rooli.

Kyseinen tiedonanto on erityisen tärkeä siksi, että se ikään kuin käynnistää uuden ilmasto- ja energiapolitiittisen lainsäädäntösyklin EU:ssa. Seuraavien vuosien aikana, EU-vaalien jälkeen valittavan uuden komission antamien aloitteiden pohjalta, neuvotellaan ilmasto- ja energiatavoitteista vuonna 2040 ja annetaan niiden toimeenpanon kannalta keskeiset lainsäädäntöehdotukset. Suomi on laatinut hallitusohjelman pohjalta ennakkovaikuttamiskannat myös teknologianeutraalin energiapolitiikan edistämisestä, joten nyt meillä on hyvät työkalut vaikuttaa koko hallituskauden ajan 2040-kehikon muotoutumiseen.

Suomi ei yksinään EU:n suuntaa reivaa. Suomelle tärkeä viiteriöryhmä onkin niin sanottu Nuclear Alliance. Tämä on samankaltaisesti ydinenergian roolista ajattelevien selvästi yli kymmenen EU-maan ryhmä, jonka toimintaa johtaa Ranska. Viime aikoina kokouksiin on

tarvittu lisää tuoleja, kun lukuisat maat ovat viillanneet ajatteluaan ydinenergialle myönteisempään suuntaan.

Suomen prioriteetit kuuluvat parhaiten EU:ssa, kun toimimme Team Finland -hengessä. Lukuisat suomalaiset ydinenergia-alan toimijat ovat jo aktiivisia EU-kuvioissa: etujärjestöt, yritykset, tutkimustahot ja niin edelleen. Tämä on tärkeää, sillä vaikuttaakseen laajassa yhteisössä mukaan tarvitaan monien näkemykset. Oma käsitykseni on, että valtion viralliset viestit ja alan toimijoiden viestit ovat Brysselin pöydissä pääpiirteissään samansuuntaiset.

Kannustankin suomalaisia kauttaaltaan aktiivisuuteen EU:n suuntaan. Brysselin koneeseen kannattaa astua.

Juho Korteniemi

Teollisuusneuvos

Työ- ja elinkeinoministeriö

juho.korteniemi@gov.fi



It is worth hopping on a plane to Brussels

NUCLEAR ENERGY IS PRODUCED FOR good reasons. In the early days of January, the coldest winter conditions for decades raised electricity consumption in Finland to a maximum of 15 gigawatts, which is the biggest quantity for nearly a decade. There was indeed demand for electricity produced with nuclear energy. The more challenging energy market situation has increased support for the use of nuclear energy across Europe.

Under the so-called Constitution of the European Union, namely Article 194 of the Treaty on the Functioning of the European Union (TFEU), each EU Member State may choose its own way of exploiting energy sources. The same Article identifies energy efficiency, energy savings and renewable energy as specific areas of promotion.

The promotion of nuclear energy is specified separately in the Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom). Thus, the promotion of different clean energy production methods has been recorded in two different agreements. In practice, the priorities of TFEU have been promoted much more eagerly in recent decades than those of Euratom.

Although the Member States have the right to choose their own energy mix, Brussels nevertheless has the power to take decisions on, for example, the energy market, climate, environmental and financial market policies. The EU has a toolbox to accelerate or slow down the momentum. How the tools are being used depends on political choices.

The Commission's legislative proposals are often preceded by a Commission communication, which is kind of a public insinuation of what lies ahead. In February this year, the Commission issued a communication on the 2040 climate target, in which it recommended an EU-wide net emission reduction target of 90% by 2040. Last autumn, Finland prepared its own position in advance on this theme. Finland emphasized, among other things, the importance of technology neutrality, meaning equal consideration of nuclear energy alongside other climate measures, in achieving climate objectives.

The communication is in many ways in line with Finland's positions. The communication states that all technologies that promote climate neutrality are needed. Nuclear energy is seen to complement renewable energy.

This communication is particularly important because it is launching a new climate and energy policy legislative cycle in the EU. In the next few years, based on the proposals given by the new Commission to be elected after the EU elections, climate and energy targets for 2040 will be negotiated and key legislative proposals will be submitted for their implementation. Based on the Government Programme, Finland has also prepared positions on the promotion of technology-neutral energy policy. We have good tools to influence the formation of the 2040 framework throughout the Government's term of office.

Finland alone does not lead the way in the EU. An important reference group for Finland is the so-called Nuclear Alliance. This is a group of clearly over ten EU Member States with similar views on the role of nuclear energy, led by France. Recently, more chairs have been needed for meetings, as many countries have edited their views towards nuclear energy in a more positive direction.

Finland's priorities are best taken into account in the EU when we act as Team Finland. Many Finnish actors in the nuclear energy sector are already active in the EU tables: associations, companies, research institutes and universities, etc. This is important because many voices are needed to make an impact in a large community. According to my understanding, the official messages of the state and the messages of the actors in the sector are essentially similar at the Brussels tables.

I encourage all Finns to be active towards the EU. It is worth hopping on a plane to Brussels.

Juho Kortenieniemi

Deputy Director General
Ministry of Economic Affairs and Employment
juho.kortenieniemi@gov.fi



Norjassa atomi- teknillisten seurojen iloinen perhetapahtuma

Norwegian Nuclear Association (NNA) perustettiin Haldenissa 13.2.2024. Uusi yhdistys tulee liittymään ATS:n sisarseuraksi European Nuclear Societyyn (ENS), minkä jälkeen jäsenyhdistyksiä on 23. Tiivistetysti sanottuna NNA:n toiminnan tarkoituksena on edistää jäsentensä välistä yhteistyötä, tukea jäsentensä osaamisen kehittämistä ja näkyväksi tekemistä kansallisesti ja kansainvälisesti, laatia yhteisiä lausuntoja ja tutkimuksia sekä toimia yhdyssiteenä muihin yhdistyksiin ja organisaatioihin. Osallistuin perustamistilaisuuteen edustaen ATS:ää seuran puheenjohtajan ominaisuudessa.

Teksti ja kuvat: Markus Airila



Markus Airila

ATS:n puheenjohtaja –19.3.2024
markus.airila@vtt.fi

YHDISTYKSEN PERUSTAMISKIRJAN allekirjoittivat Haldenin kaupunginjohtaja Fredrik Holm, useassa kansainvälisessä roolissa toimiva Institute for Energy Technologyn (IFE) tutkimuspäällikkö István Szőke ja Oslon yliopiston edustaja Dag Øistein Eriksen. He muodostavat myös yhdistyksen väliaikaisen hallituksen yhdistyksen ensimmäiseen varsinaiseen kokoukseen saakka, joka järjestetään mahdollisimman pian kevään aikana.

Uuden yhdistyksen säännöt voivat muovautua

Kaupunginjohtaja Holm oli silminnähden ylpeä Haldenin pitkästä teollisesta perinteestä ja erityisasemasta ydintekniikan keskuksena

Norjassa. Hän pohdiskeli rehellisesti Norjan tarvetta laajentaa alan osaamista, joka on joillakin osa-alueilla huippuluokkaa, mutta osajien määrä on vähäinen. Osaajatarpeet ovat kasvussa niin mahdollisten ydinenergiահankkeiden ansiosta kuin myös tutkimusreaktorien käytöstä poistamisen ja ydinjätehuollon ohjelman vuoksi.

István Szőke esitteli NNA:n säännöt siinä muodossa, jossa ne astuivat perustettaessa voimaan ja korosti, että alkuvaiheessa on tarpeen pohtia tarkkaan, mitä toimintamuotoja yhdistyksessä halutaan edistää. Tämän vuoksi perustajat ovatkin tunnustaneet, että heillä ja ensimmäisillä hallituksilla on oltava valmius ottaa käsiteltäväksi mahdollisia sääntömuutoksia jo ensimmäisissä kokouksissa.

Haldenin talvet ovat pääsääntöisesti mustia, mutta seremoniapäivänä maassa oli uusi hohtava lumipeite. Korkealla kalliolla sijaitseva linnake valvoo satamaa. Reaktori sijaitsee toisella puolella kaupunkia kallion sisällä.

Jo perustamiskokouksen päätteeksi pidettiin keskustelutilaisuus toiminnan painopisteiden tunnistamiseksi.

Kokouksessa jaettiin jäsenhakemuslomakkeita, jollaisen otin myös mukaani, mutta en vielä jättänyt sitä allekirjoitettuna hallitukselle. Ensimmäisinä liittyvien jäsenten toivotaan tuovan lisävahvuutta ja näkemyksiään myös kevään aikana valittavaan seuraavaan hallitukseen. Ensimmäinen täysimittainen yhdistyksen kokous on puolestaan tarkoitus järjestää marraskuussa, jolloin on tavoitteena myös valita täysikokoinen 7–9 jäsenen hallitus ensimmäiseksi kokonaiseksi kaksivuotiskaudeksi.

Szóke oli hyvin kiitollinen tuesta ja opastuksesta, jota perustajat saivat myös ATS:ltä aivan perustamishankkeen alkuvaiheista lähtien. NNA:n säännöissä on yhdistelty osia muiden seurojen säännöistä sillä tavoin, kuin perustajat ovat katsoneet Norjan tarpeisiin parhaiten sopivan. Esimerkkinä yhdistelystä voidaan mainita, että NNA ottaa jäseniksi sekä henkilöitä että organisaatioita.

Iloinen perhetapahtuma

Lienee selvää, että NNA tullaan pian hyväksymään ENS:n 23. jäsenyhdistykseksi, ja ENS:n tuore presidentti Stefano Monti olikin paikalla toivottamassa NNA:n tervetulleeksi. Hän kehui puheessaan ENS:n toimeliasta ja tehokasta operatiivista organisaatiota ja kehotti myös norjalaisia verkottumaan aktiivisesti ENS:n kautta sekä hyödyntämään emoseuran kansallisille yhdistyksille tarjoamia toimintamuotoja ja palveluita.

Tilaisuuden muut puheenvuorot kuultiin IAEA:n Vladimir Michaliilta etäyhteydellä sekä Oslon yliopiston, NTNU- ja NMBU-yliopistojen, Norsk Kjernekraftin, käytöstäpoisto-organisaatio NND:n, IFE:n ja Bayerin edustajilta. Viimeksi mainittu korosti uuden yhdistyksen laaja-alaista lähestymistapaa ydintekniikan ja säteilyn käyttöön, tässä yhteytenä radiofarmasia.

Neuvonamme tieteellisen seuran puolueettomuus

Vein ATS:n puheenjohtajana Suomesta kolminkertaiset terveiset perustamiskokouksen: ensinnäkin ilahtuneena sisarseuran edustajana, toisekseen VTT:n työntekijänä, ja kolmantena välitin myös FinNuclear ry:n tervehdyksen.

Tutkimuspäällikkö István Szóke esitteli Norwegian Nuclear Associationin voimaan astuvat säännöt.





*Yhdistyksen perustamiskirjan allekirjoittivat Haldenin kaupunginjohtaja Fredrik Holm (kuvas-
sa vasemmalla), useassa kansainvälisessä roolis-
sa toimiva IFE:n tutkimuspäällikkö István Szőke
ja Oslon yliopiston edustaja Dag Øistein Eriksen.*



*ATS:n puheenjohtaja Markus Airila onnitteli
uutta yhdistystä luovuttamalla seuran vii-
rin István Szőkelle. Vasemmalla ENS:n pre-
sidentti Stefano Monti (kuva: Réka Szőke,
IFE).*

ATS:n puolesta puhuessani kerroin seuran toimintamuodoista ja korostin erityisesti sitä, miten tärkeää meidän toiminnallemme on pysyä sääntöihimme kirjatulla tavalla puolueet-
tomana tieteellisenä seuranä. Onhan yksi vah-
vuuksistamme se, että kaikkien alalla toimivien
organisaatioiden työntekijöillä on mahdollisuus
osallistua toimintaan sopivaksi katsomallaan ta-
valla pelkäämättä työssään edellytettävän puo-
lueettomuuden vaarantuvan. Kuulijat ottivat
tämän viestin erittäin hyvin vastaan, ja siihen
viitattiin useasti päivän muissa puheenvuorois-
sa ja loppukeskustelussa.

Iloisen perhetapahtuman hengessä kehoitin
"rakasta pikkuveljeämme" seuraamaan sydäntään oman toimintatapansa löytämisessä, mutta samalla kuuntelemaan "iskän" (ENS:n) viisaita sanoja ja myös vanhempien sisarus-
tensa kuten naapurimaiden atomiteknillisten seurojen neuvoja.

Yhteyksiä myös päivätyössä

Oma työnantajani VTT on toiminut Norjassa pitkään tiiviissä yhteistyössä erityisesti IFE:n ja sittemmin myös nuoremman käytöstäpois-
to-organisaation NND:n ja muiden Norjan ydinalan toimijoiden kanssa. Tästä lähtökoh-
dasta oli tervehdyspuheessani luontevaa vii-
tata siihenkin, että esimerkiksi Haldenin reak-
toriprojektin myötä on syntynyt pitkäaikaisia
yhteistyö- ja ystävyysuhteita, ja Haldenilla
paikkana on erityisasema monen suomalais-
senkin tutkijan sydämessä.

Samoin IFE ja VTT ovat samassa venees-
sä kummankin omien tutkimusreaktoreiden
purkamisen ollessa ajankohtaista. Uteliaina
tutkimuslaitoksina olemme ottaneet tilanteen
mahdollisuutena kehittää ja demonstroida uu-
sia teknologioita työn tekemiseksi nykyaikaisia
teknologioita hyödyntämällä – turvallisemmin,
tehokkaammin ja vähemmän resurssein. Tämä
yhteinen tapa toimia on tuonut meidät yhteen
useissa Euratomin projekteissa ja tehnyt mo-
lemmista tutkimuslaitoksista DigiDECOM-
yhteisön kantavia jäseniä. Toivomme, että sa-
manlainen yhteistyön henki tulee vallitsemaan
myös NNA:ssa.



Towards multifunctional nuclear materials for industrial and medical applications via international collaboration

Collaboration in the frame of the NOMATEN Centre of Excellence

In order to tackle two major challenges, namely maintaining Europe's long-term competitiveness in nuclear technologies and bringing knowledge from the nuclear sector to other industries and healthcare, the NOMATEN Centre of Excellence (CoE) in Multifunctional Materials for Industrial and Medical Applications was formed as a result of the European Union Teaming for Excellence project. Founded in September 2018, the NOMATEN CoE is a partnership between the National Centre for Nuclear Research (NCBJ) in Poland, the French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA), and the Technical Research Centre of Finland Ltd (VTT). The main goal of the NOMATEN CoE is to conduct advanced research that will result in the development of modern heat-, corrosion- and radiation-resistant materials for industrial applications, as well as new advanced solutions in the field of radiopharmaceuticals for medical therapies. International collaboration, knowledge exchange, and dissemination are all essential parts of this action.

Text: NOMATEN CoE **Figures:** Copyrights of all figures are owned by the NCBJ



The NOMATEN CoE (Centre of Excellence) is supported by the EU project called NOMATEN Teaming Phase 2. The project is a partnership between the National Centre for Nuclear Research in Poland (NCBJ), the French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA) and VTT Technical Research Centre of Finland Ltd (VTT).

Contacts: jenna.jarvenpaa@vtt.fi and lukasz.kurpaska@ncbj.gov.pl

THE NOMATEN CENTRE OF EXCELLENCE was created to answer Europe's demand to close the gap between nuclear and non-nuclear applications, maintain Europe's long-term competitiveness in nuclear technologies, and, importantly, transfer cutting-edge knowledge from the nuclear sector to provide results important for general industry and healthcare.

Inspired by this motivation, two internationally leading institutions with established reputations and outstanding scientific and innovation expertise, CEA and VTT, decided to sign a trilateral Framework Agreement with NCBJ that demonstrates the clear and strong intention of all partners to operate the NOMATEN CoE and provide their research capacity and infrastructure for the purposes of the CoE.

Activities of the CoE in nuclear materials research

The NOMATEN Centre of Excellence uses a unique infrastructure of research and measurement facilities, including nuclear facilities.

The scientific work at the NOMATEN CoE is carried out in five research groups to develop novel scientific innovations and support industrial needs.

The Complexity in Materials Research Group focuses mainly on modeling and studying materials for extreme service conditions. The research in this group is concentrated on obtaining precise correlation of mechanical properties with simulations, and applying machine learning and Big Data methods to create and then use experimental and simulation databases for manufacturing and predicting the durability of modern structural materials.

The research group of Functional Properties specializes in multiscale methods of measuring mechanical properties and correlating them to a material's microstructure. The materials studied are largely intended for use in new-generation nuclear power plants. Scientists from this group use ion bombardment as a substitute for neutron irradiation to simulate the operating conditions of materials in reactor conditions.

The Materials Characterization research group conducts advanced characterization

The first NOMRad conference will be arranged this June in Warsaw, Poland.

of new multifunctional materials at the atomic level using state-of-the-art scanning and transmission electron microscopes. Researchers focus mostly on observing and analyzing the effects of high temperatures, oxidizing atmospheres, and radiation on materials' structural and microstructural properties.

The Materials, Structure, and Function Informatics research group is pursuing research tracks on modeling nanoindentation, simulating materials using advanced machine learning strategies, developing machine learning-based interatomic potentials (MLIP) for multiscale modeling applications, designing materials using machine learning methods (especially for new alloys implementation and applications), and developing web-based applications and software for materials informatics, targeting researchers and scientists in materials engineering, surface engineering, and solid-state physicochemistry.

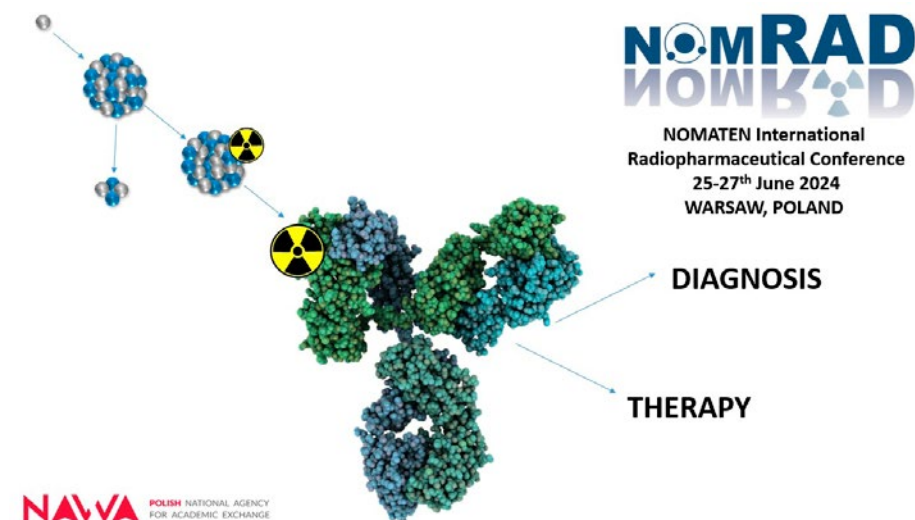
Focus on future innovations in radiopharmaceuticals

The research group Novel Radiopharmaceuticals for Medical Purposes is focused on the design and synthesis of theranostic molecular radiopharmaceuticals for targeted, personalized medicine. Additionally, the group is developing novel production routes for medically-useful radionuclides. This is possible due to the unique research infrastructure at NCBJ that includes the research reactor (MARIA) and an IBA Cyclone XP 30 cyclotron recently installed at NCBJ (CERAD center).

The NOMATEN CoE is organizing its first International Radiopharmaceutical Conference, NOMRad, which will be held in Warsaw from June 25 – 27, 2024. (The registration is open until 30.04.2024 via the link <https://events.ncbj.gov.pl/event/322>). Interested parties are welcome to present and discuss discoveries in the field of radionuclide production, development of novel diagnostic and therapeutic radiopharmaceuticals, and their pre-and clinical evaluation.

The NOMATEN CoE vision

Since its establishment, the NOMATEN CoE has been growing, and aims to become a world-class international Center of Excellence in multifunctional materials for industrial and



medical applications. Our focal point is collaboration between the research community, industry, and government.

The NOMATEN CoE is a place where a multinational, multidisciplinary, and versatile team of scientists performs advanced research, creates innovations, and enjoys academic freedom. Via collaboration with world-leading partners, we have access to world-class research infrastructure, while in the host institution, NCBJ, we are supported by technical, management, and business professionals.

Our mission is to serve the imperative needs of the Polish and European economies and society for innovative multifunctional materials for industrial and medical applications via the generation, application, and dissemination of breakthrough research and innovation outputs, as well as training the next generation of experts in the field. Thanks to a focus on domains with high societal expectations and impact, the CoE is creating long-term opportunities for societal improvement in Poland and the EU.

Examples of collaboration with industrial partners in mechanical testing, chemical composition analysis, structural characterization of materials, and assessment of the causes of component failure are found in projects carried out for, e.g., Mercedes Benz Manufacturing Poland and for Tomex Brakes.

The NOMATEN CoE also supports domestic and international companies in their changing market environment. For example, some companies might be wishing to enter the power sector supply chain (including nuclear), or specific industrial sectors may be coping with rapidly changing operating conditions associ-

ated with economic changes in Europe (such as disrupted supply chains due to the pandemic or conflict in Ukraine), or companies may be going through the transformation associated with the departure from coal and fossil fuels combustion.

The implementation of the Polish Nuclear Energy Programme should also stimulate companies to evolve. The NOMATEN CoE is prepared to advise companies in changes and technological adaptations and offers opportunities to collaborate in conducting research, acquiring R&D projects, and forming new technology consortia can enhance the investments in research and development.

The transformation of the energy market in Poland, and the transition from conventional to nuclear energy will set new standards and requirements in the R&D sphere, which the NOMATEN CoE will be able to meet and implement by supporting national and international companies in their R&D activities.

Concept of the NOMATEN CoE

Advanced multifunctional materials are considered by the EC to be one of the Key Enabling Technologies (KET). They are essential for many industrial sectors to enable advanced processes in harsh environments (e.g., high temperature and pressure, corrosion, oxidation, radiation, etc.), without suffering adverse effects on their production process efficiency, product purity, energy consumption, and infrastructure maintenance costs.

Advanced multifunctional materials can also help meet specific requirements like light weight, wear resistance, photostability,

recyclability, biodegradability, etc. Advanced materials are also needed in modern medical technologies – e.g., new solutions for cancer early-stage diagnosis and therapy – to meet objectives for the improvement of health and well-being, and to position the EU as a global leader in the health area.

The NOMATEN consortium selected three industrial sectors: power, petrochemical, and nuclear pharmaceuticals. These sectors are the focal points of the NOMATEN CoE activities, and the primary end-users for its research and innovation outcomes. The NOMATEN team has also formulated two strategic research and innovation topics which are implemented at the heart of the CoE's ambitious and cutting-edge Research and Innovation Agenda: firstly, novel materials resistant to high temperature, corrosion, and radiation for industrial applications, and secondly, novel radiopharmaceutical materials for medical applications.

As of today, we are approximately fifty young, eager, highly motivated researchers capable of accepting and taking a creative risk. We represent a team of people who commit themselves to the development of new materials and medicines, ready to collaborate with different industrial partners and research organizations.

NOMATEN is a Scientific Centre of Excellence that brings together the research community, industry, and public institutions. It provides an environment where a multinational, multidisciplinary, and versatile team of scientists and engineers can conduct advanced research and innovative work. We welcome

you if you share any of our research interests. Please visit us at <https://nomaten.ncbj.gov.pl>.

VTT's role in the NOMATEN CoE

As one of the three founding organizations, VTT brings to the consortium their decades of experience in industrial research and innovation, as well as a variety of complementary research infrastructures for experimental work in support of cooperation within the NOMATEN CoE. On the one hand, VTT brings their top-notch facilities for both irradiated and non-irradiated materials testing and characterization, and on the other hand, the research facilities for antibody development, which can be applied for pre-clinical research in the development of novel radioimmunotheranostics.

The VTT Centre for Nuclear Safety is Finland's recent infrastructure to ensure safety and efficiency in nuclear power generation and radiation management, including experimental and computational R&D services. Its experimental facilities include a unique set of sophisticated infrastructures like modern hot cells, analytical electron microscopes, and a plethora of radiochemistry analytical devices. The experimental infrastructure and modeling software can be used to cover research topics like new-built projects, operation and maintenance, decommissioning, and waste management.

VTT's comprehensive collection of technologies for antibody development includes phage display technology to isolate novel antibody binders against targets of interest, cost-efficient microbial host production of

recombinant antibody fragments, up-to-date equipment for protein purification as well as excellent facilities for characterization of antibody binding properties. There is also expertise in novel synthesis methods, including electrochemical and microwave synthesis of nano-materials and post-synthesis modification of MOFs, and wide capabilities in nano-materials characterization. These technologies can be applied in the development of novel radioimmunotheranostics.

In addition, together with NOMATEN consortium partners, VTT participates in organizing training and scientific conferences to enhance technology development, collaboration, and knowledge transfer within the advanced energy materials and radiopharma fields. The international partnership between NCBJ, CEA, and VTT, together with the continuous management of the strategic research and innovation agenda, is the key to the NOMATEN CoE's impact on the Polish and European economy and society.

The NCBJ, CEA, and VTT cooperation in NOMATEN CoE also offers Finnish companies the opportunity to form partnerships with Polish and French companies, particularly with the emerging Polish nuclear energy market in mind. A joint research and development platform makes it easier to start international research and development projects and offers wider research services for companies to use.



The joyful NOMATEN Team during the Winter School organized at NCBJ in November 2023.



Platomin tuore toimitusjohtaja Kirsi Hassinen (oikealla) saapui Raumalle kertomaan urastaan. Jenna Levo vastaanotti odotetun vieraan.

Women in Nuclear -toiminta on koonnut rivejään

Pandemia ja sen jälkeinen aika olivat poikkeuksellisia ja haastavia vuosia Suomen Women in Nuclear -toiminnalle, joka jähmettyi horrostilaan. Vuonna 2023 toimintaa on herätelty pala palalta ja vuodelle 2024 suunnitelmat ovat jo kunnianhimoisemmat.

Teksti: Jenna Levo, Inkeri Kotisalo **Kuvat:** Inkeri Kotisalo



FM Jenna Levo
Puheenjohtaja
Women in Nuclear Finland
jenna.levo@tvo.fi



DI Inkeri Kotisalo
Varapuheenjohtaja
Women in Nuclear Finland
inkeri.kotisalo@tvo.fi

VUODEN 2022 LÄHENNELLESSÄ loppuaan oli WiN:in tilanne murheellinen. Kolmeen vuoteen WiN ei ollut järjestänyt ainoatakaan tapahtumaa eikä toiminnalla ollut vetäjää. Suomalaisen Ydintekniikan Päivillä järjestetyn kahvitilaisuuden myötä toiminta potkaistiin takaisin käyntiin.

Perustukset kuntoon

Jo ennen pandemiaa WiN:in puheenjohtajan apuna oli toiminut ydinalan toimijoista koostuva koordinoitiryhmä. Vuosi 2023 aloitettiin koordinoitiryhmän kokoonpanon katselmoinnilla. Pandemiaa edeltäneen kokoonpanon jäsenet kontaktoitiin ja jatkamisaiket kartoitettiin. Uusia jäseniä rekrytoitiin. Tavoitteena oli luoda kokoonpano, joka edustaisi kattavasti alan toimijoita.

Näkökulmia haluttiin sekä alan konkareilta että kasvavalta sukupolvelta. Lisäksi WiN:in vetäminen vastuutettiin kahdelle henkilölle yhden sijaan. Vuoden loputtua oli päädytty seuraavaan koordinoitiryhmän kokoonpanoon: Jenna Levo (pj), Inkeri Kotisalo (vpj), Kätke Sarparanta, Riitta Kyrki-Rajamäki, Liisa Heikinheimo, Taina Kurki-Suonio, Jaana Isotalo, Maria Lindholm, Hanna Nokkonen, Suvi Lamminmäki ja Noora Pakkanen.

Seuraavaksi oli aika kääntää katseet jäsenten suuntaan. Olemassa oleva WiN:in sähköpostilista oli vanhentunut. Ensimmäinen ratkaistava ongelma oli se, miten jäsenistö tavoitettaisiin.

ATS:n verkkosivujen uudistus ja Yhdistys-avaimen siirtyminen osui WiN:in toiminnan kannalta oivalliseen kohtaan. Uudistuksen myötä kukin jäsen voi itse hallinnoida sitä, onko hän osa WiN:in postituslistaa vai ei. Vuoden 2023 lopulla WiN:in sähköpostilista oli valmis, ja toiminnan piirissä laskettiin olevan 149 jäsentä.

ATS:n verkkosivujen uusinta oli luonnollinen kohta katselmoida myös WiN:in visio ja tavoitteet. Nämä kirjattiin toimintaryhmän omaan osioon seuran verkkosivuille. WiN Finlandin

tavoitteena on edistää tosiasioihin ja tieteellisesti tutkittuun tietoon perustuvan tiedon leviättämistä energia-asioista, säteilyn käytöstä ja radioaktiivisuudesta.

WiN-FIN järjestää omille jäsenilleen koulutusseminaareja ja verkostoitumistapahtumia sekä osallistuu erilaisille kohderyhmille järjestettäviin tiedotus- ja keskustelutilaisuuksiin. WiN:in tavoitteena on tuoda alan naisasiantuntijoita näkyvämmiin esille eri medioiden edustajille.

Kansallista tapahtumatoimintaa herätellään

Ensiaskleet WiN:in kansalliseen tapahtumatoimintaan otettiin huhtikuussa. Aloitettiin varovaisesti webinaarin muodossa, aiheena ”Huomioita ja ajatuksia EU:n vihreästä siirtymästä ja ydinenergiasta” ja luennoitsijana TEM:in silloinen teollisuusneuvos Liisa Heikinheimo. Ajankohtainen aihe herätti kiinnostusta yli sukupuolirajojen ja keräsi kiitosta myös jälkikäteen. Erityisesti onnettomuussietoista polttoaineista ja niiden määritelmästä EU-tasolla käytiin vilkasta keskustelua.

Tapahtumatoimintaa jatkettiin Satakunnassa. Platomien vastavalittu toimitusjohtaja Kirsi Hassinen saapui Raumalle järjestettyyn after work -tilaisuuteen kertomaan urastaan ja elämästään. Tilaisuus oli intiimi ja rehellinen, eikä Kirsi peitellyt haluaan jakaa oppia muille.

Myös pääkaupunkiseudulla järjestettiin joulun tienoilla after work -tilaisuus, jossa verkostoitumisen lomassa nautittiin joulun tunnelmasta glögin ja hyvän musiikin kera. Tilaisuudessa luotiin WiN:iläisten välille uusia kontakteja, jotka poikinevat uutta tapahtumatoimintaa myös vuodelle 2024.

Ensiaskleet kansainvälisillä areenoilla

WiN-FIN ja sen edeltäjä ATS Energiakanava on aina ollut kansainvälisen ydinalan naisten



Miss America 2023, Grace Stanke, opiskelee ydintekniikkaa ja hän osallistui IAEA:n yleiskokouksen sivutapahtumiin aktiivisesti. Stanken kanssa yhteiskuvassa Suomen delegaation edustajat (vasemmalta lukien) Inkeri Kotisalo, Ville Tulkki, Tommi Kokkala, Erika Holt ja Matti Paljakka.

muodostaman Women in Nuclear Global:in jäsen. Toki ATS Energiakanava on perustettu jo ennen kansainvälistä kattojärjestöään, joka otti mallia suomalaisten naisaktiivien luomasta tavasta järjestäytyä ja toimia.

Kesällä 2023 WiN Global julkisti hakevansa ehdokkaita oman Honorary Award -palkintonsa saajaksi. Suomen WiN-koordinoitiryhmä näki tässä tilaisuuden hakea tunnustusta hiljattain eläköityneelle Liisa Heikinheimolle. Suomen hakemus oli menestyksenkäs ja Liisan ansiot ansaitsivat paikan top-3-listalla, jonka ehdokkaista kunkin kansallisen WiN-järjestön puheenjohtajat äänestivät voittajan. Voitto meni tällä kertaa Japaniin, mutta Liisa toi heittäytymisellään näkyvyyttä meille täällä Pohjolassa.

Syyskuussa järjestettiin järjestyksessään 67. IAEA:n yleiskokous Wienissä, Itävallassa. Yleiskokouksen yhteydessä järjestettiin sivutapahtumina tiedefoorumi sekä näyttely, jossa Suomikin toimi näytteilleasettajana. WiN-FIN:in edustajana Inkeri Kotisalo osallistui sekä Suomen että WiN Global:in messuasastojen toimintaan.

Kolmen päivän aikana Inkeri tutustui muiden kansallisten WiN-jaosten edustajiin ja kävi useita mielenkiintoisia keskusteluja muiden alalla työskentelevien naisten kanssa. Yleisesti vastaanotto oli lämmin muutamien vuosien hiljaiselon jälkeen. Inkeri oli tyytyväinen huo-

matessaan, miten kiinnostuneita maailmalla ollaan Suomen kuulumisista – liittyi se sitten WiN:in toimintaan tai muihin ydinalan polttaviin puheenaiheisiin.

Katse kuluvasa vuodessa

Johto on kasassa. Jäsenet ovat tavoitettavissa. Ensimmäiset kokemukset tapahtumista sekä kansallisesti että kansainvälisesti on hankittu. Suomi kulkee aallonharjalla monessa alan hankkeessa. Nyt Women in Nuclear Finlandin toimintaa pyritään kehittämään suuntaan, joka parhaiten palvelee omaa jäsenkuntaamme ja visiotamme, unohtamatta toimintaryhmämme historiaa.

Jäsenistön mielipiteitä toivotuista tapahtumamuodoista ja aiheista on kerätty alkuvuodesta 2024. Jäsenistölle järjestettävän tapahtumatoiminnan ulkopuolella WiN-koordinoitiryhmän tärkein tavoite vuodelle 2024 on naisasiantuntijoista koostuvan puhujapankin kokoaminen. Aiheista kuten ydinvoimalaitokset ja niiden turvallisuus, ydinjätehuolto, ydinvoima energiantuotannossa, säteilysuojelu sekä säteily ja radioaktiivisuus lääketieteessä on löydettävissä naispuhujia. Me WiN:issä aiomme löytää nämä asiantuntijat ja tuoda alan naisasiantuntijoita näkyvämmiin esille eri medioiden edustajille.

Turvallisuuskulttuurikoulutusta pelillistettynä

Fortumilla testattiin syksyllä turvallisuuskulttuurikoulutuksen järjestämistä pakopeliformaatissa. Koulutus oli suunnattu Fortumin pääkonttorin ydinvoimatoiminnoille, ja sen suorittaneet pitivät erilaista formaattia virkistävänä.

Teksti: Hanna Tynys **Kuvat:** Antti-Jussi Vesa ja Hanna Tynys, Fortum

FORTUMIN LOVIISAN VOIMALAITOKSEL-
LA on jo pidemmän aikaa järjestetty osallistavampia mock-up-koulutuksia laitoksen henkilöstölle. Näitä on pidetty onnistuneina ja siksi myös Fortumin pääkonttorin ydinvoimatoiminnoissa päätettiin vuodelle 2023 ottaa kokeiluun pelillisempi koulutusformaatti.

Erilaisen koulutusformaatin hyödyntämisen ajateltiin tukevan käytössä olevia luokkahuonekoulutuksia ja verkossa tehtäviä eLearning-koulutuksia. Ensimmäisen pelillistetyn koulutuksen aiheeksi valikoitui turvallisuuskulttuuri ja formaatiksi pakohuone.

Pakohuoneista inspiraatiota

Tyypillisessä pakohuoneessa osallistujat lukevat huoneeseen, jossa erilaisia tehtäviä ratkomalla etsitään ulospääsyä huoneesta. Tehtävät sisältävät pulmapelin kaltaisia ratkottavia on-

gelmia, numerokodeja, magneettilukkoja, avaimia ja piilotettuja asioita. Kaupalliset pakohuoneet koostuvat usein monista huoneista, jotka on sisustettu teeman mukaisesti ja jotka sisältävät magneeteilla aukeavia ovia ja lattiasta avautuvia luokkuja.

Fortumin pakohuoneista inspiraatiota otanut koulutus järjestettiin ammattimaisia pakopelejä vaatimattomammin puittein tavallisessa kokoushuoneessa. Koulutuksessa ei myöskään paettu huoneesta, vaan ovi pysyi koko ajan lukitsematta ja tehtävissä edettiin kohti viimeistä tehtävää ja arvoituksen ratkaisua. Pelimekaniikassa hyödynnettiin erilaisia muun muassa numerokoodilla aukeavia lukkoja, magneettilukkoa, tietokonetta sekä uv-valoa.

Tehtävien sisällöt rakennettiin Fortumin turvallisuuskulttuurimateriaaleista, kuten ohjeista ydinvoima-alan ammattilaisen toiminnalle, kehitysehdotusprosessista, suunnittelupoikeamaprosessista ja työkaluista inhimillisten tekijöiden hallinnalle (kuten HuP-työkalut, vaarojen tunnistus).

Tehtävämekaniikat rakennettiin koulutettavien aineistojen pohjalta siten, että ryhmän piti esimerkiksi valita oikeita väittämiä, rakentaa palapeliä ja tutkailla aloitejärjestelmää tietokoneella.

Yhteistyönä ja itsepalveluna

Koulutus suoritettiin noin kolmen hengen ryhmässä, jotta sisällöt herättäisivät keskustelua ja tehtävien ratkominen sujuisi helpommin. Osa tehtävistä olisi ollut haasteellista suorittaa yksin, mutta liian suurella ryhmäkoolla kaikille ei olisi kuitenkaan riittänyt tehtävää.

Kaupalliset pakohuonekoulutukset sisältävät usein ohjaajan, joka valvoo kameroiden

välityksellä suoritusta, antaa vihjeitä ryhmän jäädessä jumiin tehtäviin ja palauttaa huoneen pelikuntoon taas uudelle ryhmälle. Fortumin koulutus toteutettiin kuitenkin ilman ohjaajaa. Tämä käytännössä tarkoitti sitä, että huoneessa oli erilliset lisävihjeet kullekin tehtävälle jumiin jäämisen varalta. Suorittajat saivat itse arvioida, milloin kokivat pätkäilleensä tehtävää tarpeeksi ja halusivat tarttua lisävihjeeseen edetäkseen.

Huoneen jatkuvan käytön mahdollistamiseksi kukin ryhmä myös itse siivosi suorituksen jälkeen huoneen takaisin alkutilaan. Ennakoon pelityöryhmää arvelutti siivouksen sujuminen, mutta ongelmilta vältyttiin ja kaikki vihjeet päätyivät suorittajilla takaisin paikoilleen.

Koulutuksen rakentaminen vie aikaa ja vaatii näppäryyttä

Koulutusta kehittämässä oli neljä asiantuntijaa eri puolilta ydinvoimaorganisaatiota, ja pakohuonetyötä tehtiin oman työn ohella. Työtunteja kului ja kalenteriajassakin suunnitteluvaihe testiryhmineen ja niiden perusteella tehtyine korjauksineen ja muutoksineen vei tammikuusta kesäkuuhun.

Työaikaa kului niin tarinan ja osatehtävien laadintaan, laatikkojen ja pulmien komponenttien rakenteluun kuin tehtävien testaamiseenkin. Lopullisen pelihuoneen kuntoon saattaminenkin vaati useamman päivän tulostelua, laminointia, teippaamista ja lukkojen viritteilyä.

Pakohuoneen rakentamiseen ryhtyvän kannattaa siis varata runsaasti aikaa etenkin tehtävien monipuoliseen testaamiseen ja ongelmien korjaamiseen. Kullakin testiryhmällä



DI Hanna Tynys

Expert
Fortum

hanna.tynys@fortum.com



Pakopelihuoneen ovea avaamassa koulutuksen omistaja Päivi Mäkinen Fortumin CNO Officesta. Pakopeliä oli kehittämässä joukko Fortumin asiantuntijoita, vasemmalta oikealle Lauri Nousiainen, Teppo Vitie, Hanna Tynys ja Maiju Ylikauppila (kuva: Antti-Jussi Vesa).

Koulutuksessa edettiin ratkomalla turvallisuus-kulttuuriin liittyviin aineistoihin piilotettuja arvoituksia. Kunkin tehtävän ratkaisemalla pääsi käsiksi seuraavaan arvoitukseen (kuvat: Hanna Tynys).

oli erilaisia haasteita ja tehtäviä voi ajatella todella eri tavoilla.

Erilainen formaatti jäi mieleen

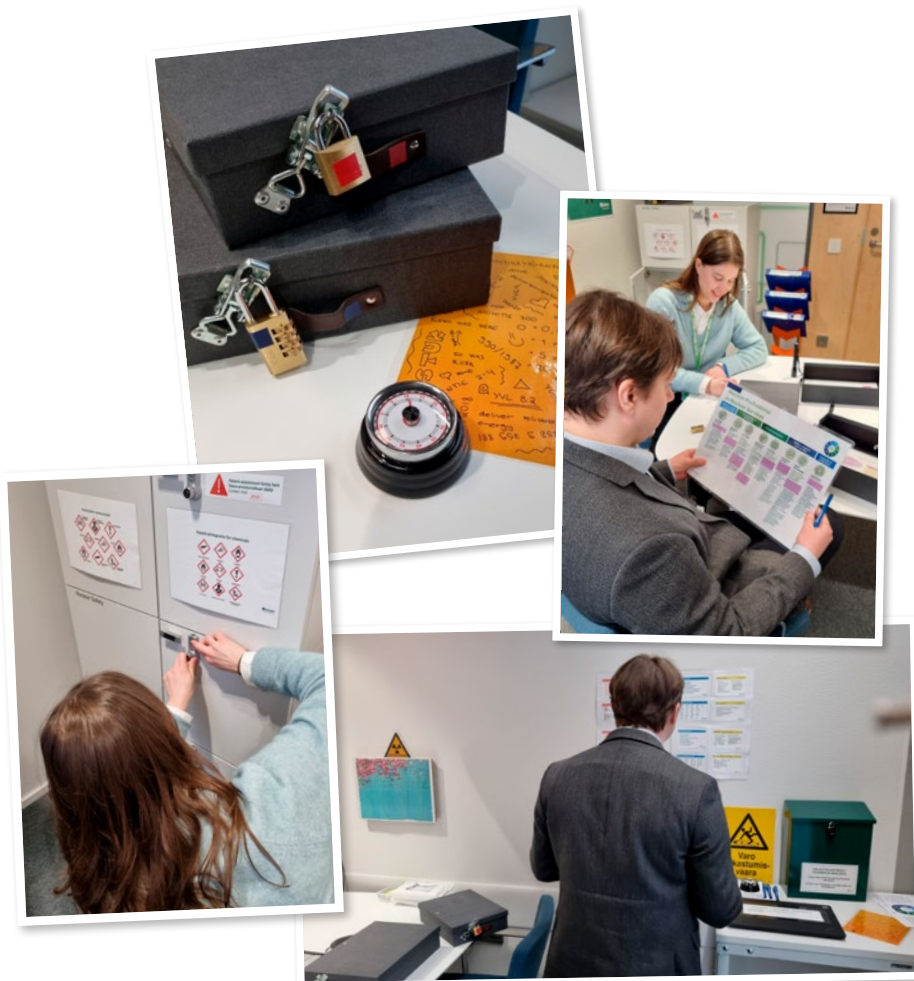
Koulutus oli auki syyskuusta marraskuuhun. Peli aikana koulutuksessa kävi noin 140 henkilöä, mihin sisältyi 60 % pääkonttorin ydinvoimapuolen henkilöstöstä. Suoritus vaati noin 1,5 tuntia aikaa ja luonnollisesti nykyisestä etäsuoritusideaalista poiketen myös fyysistä läsnäoloa toimistolla.

Kiinnostusta formaattiin on herännyt myös ydinvoiman ulkopuolella, ja suorittajien kokonaismäärässä on myös koulutukseen tutustujia Fortumin muiden toimintojen puolelta.

Koulutuksen lopussa kerättiin palautetta ja erityisen kiiteltä oli erilainen uusi formaatti. Moni osallistuja piti ongelmien ratkomista hauskana ja nautti tiimityöstä ryhmän kanssa.

Kritiikkiä puolestaan keräsi lähinnä sisällön hukkuminen innokkaan ongelmanratkaisun jalkoihin. Toteutuksen haasteena on nimenomaan sisällön omaksuminen. Pelillinen formaatti toimiikin parhaiten nimenomaan lisäämään tietoisuutta prosessien ja ohjeiden olemassaolosta niiden sisällön tarkan opetelmisen sijaan.

Koulutuksen saaman hyvän palautteen takia ydinvoimatoiminnoissa on tarkoitus myös jatkossa hyödyntää erilaisia oppimisformaatteja perinteisten luokahuone- ja verkkokoulutusten tukena.



Uusi muoto ydinturvallisuusviranomaisten yhteistyölle: NUWARD SMR:n arviointi

Säteilyturvakeskus arvioi yhdessä kahden muun ydinturvallisuusviranomaisen kanssa ranskalaisen NUWARD SMR -laitoksen suunnittelua. Tavoitteena oli saada kokemuksia tällaisesta yhteistyömuodosta ja sen mahdollisuuksista. Samalla päästiin tutustumaan laitoksen suunnitteluratkaisuihin.

Teksti: Eero Virtanen

NUWARD SMR -LAITOKSEN suunnittelijan (EDF, myöhemmin NUWARD SAS) aloitteesta kolmen maan ydinturvallisuusviranomaiset alkoivat vuonna 2022 arvioimaan laitoksen suunnittelua.



DI Eero Virtanen
Johtava asiantuntija
Säteilyturvakeskus
eero.virtanen@stuk.fi

Ranskan ydinturvallisuusviranomaisen (ASN) vetämään ryhmään osallistuivat Suomen Säteilyturvakeskus (STUK) ja Tšekin ydinturvallisuusviranomainen (SÚJB) sekä tekniset tukioorganisaatiot Ranskasta (IRSN) ja Tšekistä (SURO). Arvioinnin ensimmäinen vaihe päättyi kesällä 2023 ja loppuraportti julkaistiin syyskuussa 2023 [1].

Ydinturvallisuusviranomaisten yhdessä tekemä saman laitoksen turvallisuusarviointi on nähty yhtenä mahdollisuutena nopeuttaa kansallisia luvitusprosesseja. Asia on ollut esillä eri kansainvälisissä yhteyksissä niin IAEA:ssa kuin muuallakin.

Taustalla on ajatus siitä, että samaa suunnittelua olevaa laitosta voitaisiin sijoittaa ja rakentaa useisiin maihin ilman suuria kansallisia vaatimuksista johtuvia muutoksia. Tämä tavoite voidaan saavuttaa kahdella tavalla: joko yhtenäistämällä vaatimuksia tai pyrkimällä otamaan huomioon erilaiset kansalliset vaatimukset mahdollisimman kattavasti laitoksen suunnittelussa.

Tavoitteita ja aiheita

ASN:n, STUK:n ja SÚJB:n yhdessä tekemän arvioinnin tavoitteina oli lisätä viranomaisien tietämystä tästä laitostyyppistä, antaa viranomaisille mahdollisuus arvioida nykyisten säännösten vaatimusten soveltuvuutta SMR-laitokselle, lisätä viranomaisten keskinäistä tiedonvaihtoa vaatimuksista ja niiden soveltamisesta sekä antaa laitoksen suunnittelijalle palautetta mahdollisista haasteista säännösten näkökulmasta. Arvioinnin lähtökohtana oli, että se ei korvaa mitään kansallisesti olemassa olevaa luvitusvaihetta ja että viranomaisten ilmaisemat näkemykset eivät sido niitä laitoksen mahdollisessa luvittamisessa.

Arvioinnissa ei myöskään pyritty saavuttamaan viranomaisten kesken yhteistä näkemystä siitä, täyttääkö laitoksen suunnitellu vaatimukset riittävästi. Nämä kaksi asiaa mahdollistivat varsin avoimen keskustelun niin viranomaisten kesken kuin myös laitoksen suunnittelijan suuntaan.

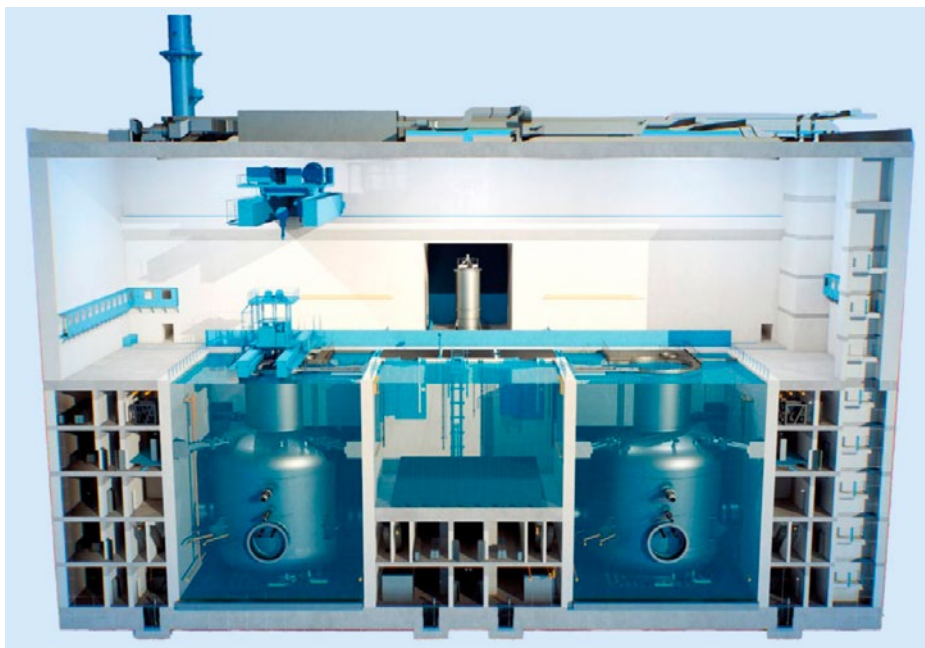
Arvioinnissa käsitellyt aiheet valikoituivat sen mukaan, kuinka merkittävä aihe on laitoksen turvallisuuden kannalta, onko aihe erityinen SMR-laitoksille tai onko kyseessä NUWARD SMR:n ominaisuus, jonka muuttaminen aiheuttaisi merkittäviä muutoksia laitoksen suunnitteluun tai turvallisuusvaatimusten täyttymisen osoittamiseen. Lisäksi valinnassa otettiin huomioon laitoksen suunnittelijan aiheeseen liittyvän dokumentaation valmiusaste.

Arvioinnin ensimmäisessä vaiheessa käsitellyt aiheet olivat: turvallisuustavoitteiden määrittäminen, suunnitteluperusteiden tunnistaminen, passiivisten jäähdytysjärjestelmien käyttö, simulointiohjelmien kehittäminen, kahden reaktorin integrointi yhteen ja todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi.

Kustakin aiheesta laitoksen suunnittelija antoi arviointiryhmän käyttöön dokumentaatiota, johon pohjautuen ryhmä teki arviointia ja muodosti näkemyksensä. Ryhmä kirjoitti kustakin aiheesta laitoksen suunnittelijalle annetun johtopäätösraportin, jossa tuotiin esiin myös mahdollisia eri maiden välisissä vaatimuksissa olevia eroja. Ensimmäisen vaiheen lopuksi ryhmä kirjoitti loppuraportin, jossa keskityttiin tällaisen yhteistyömuodon menettelyihin, toimivuuteen ja saatuihin kokemuksiin.

Tuloksia ja kokemuksia

Viranomaisten kesken käydyissä keskusteluissa sai lisää tietoa kansallisten vaatimusten taustoista ja historiasta, kuinka yksityiskohdaisia vaatimukset ovat ja millä säännösten tasolla (asetus, määräys, ohje) vaatimuksia on



Luonnos Nuward-reaktorikonseptista, jossa kaksi erillistä 170 MWe reaktoria samassa reaktori-rakennuksessa (kuva: Nuward, nuward.com).

esitetty. Yksi etu tällaisessa yhdessä samaa laitosta arvioitaessa on, että siinä saa paremman kuvan eri maiden viranomaisten käytännön toiminnasta ja vaatimusten soveltamisesta. Tällaista tietoa ei saa pelkästään vaatimustekstejä vertailemalla.

Arviointiin lähdetessä oli tiedossa, että NUWARD SMR -laitoksen perussuunnittelu ei ollut vielä valmis. Tämä oli toisaalta myös etu, koska laitoksen suunnittelijan kannalta on hyödyllistä saada viranomaisilta alustavia näkemyksiä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta niitä voidaan vielä ottaa suunnittelussa huomioon. Toisaalta suunnittelun keskeneräisyys on arvioinnin kannalta haitta, koska oli tiedossa, että arvioitava suunnittelu saattaa muuttua arvioinnin aikana.

Arvioinnin loppuraportissa on mainittu joitain näkemyksiä NUWARD SMR:stä. Johtopäätöksissä todetaan muun muassa, että NUWARDin pitäisi hyödyntää laitoksen suunnittelun mahdollisuuksia ja asettaa korkeammat turvallisuustavoitteet kuin nykyisille laitoksille on asetettu. Johtopäätöksissä on myös nostettu esiin muutamia eri maiden vaatimuksissa olevia eroavaisuuksia esimerkiksi

suunnittelussa käytettyjen alkutapahtumien luokittelussa ja sallituissa säteilyannoksissa.

Yleisesti ottaen tästä yhteisarvioinnista jäi positiivinen tuntuma: paitsi että arvioinnin aikana pääsi tutustumaan NUWARD SMR -laitoksen suunnitteluun, myös muiden ydinturvallisuusviranomaisten toiminta ja tavat tulivat tutummiksi.

Tiettyjä oppeja tuli myös yhteisarvioinnin toteuttamiseen: jotta arvioinnista on hyötyä molemmille osapuolille, arvioinnin aiheet ja laajuus pitää osata valita siten, että laitoksen suunnittelu on näiltä osin riittävän valmista. Aiheiden määrä kannattaa pitää rajallisena, jos arviointi halutaan tehdä kohtuullisessa ajassa. Arviointiin osallistuvilla viranomaisilla kannattaisi olla olemassa valmis säännöstö ja jonkinlainen kokemus ydinvoimalaitoksen luvittamisesta ja turvallisuuden arvioimisesta. Arviointiryhmän koko vaikuttaa paljon siihen, kuinka paljon aikaa tarvitaan ryhmän johtopäätösten muodostamiseen.

Jatkoa seuraa

NUWARD SMR -laitoksen arviointia on päätetty jatkaa vuonna 2024 toisella vaiheella ja uusilla aiheilla: oletettujen onnettomuuksien laajenuksien hallinta, suojarakennus ja radiologisten seurausten arviointi, kriittisyysturvallisuuden hallinta sekä sähkö- ja I&C-järjestelmien arkkitehtuuri. Laitoksen suunnittelija haluaa myös palata tiettyihin kohtiin ensimmäisessä vaiheessa käsitellyistä aiheista. Toiseen vaiheeseen arviointiryhmään tulee myös uusia jäseniä: Alankomaat (ANVS), Puola (PAA) ja Ruotsi (SSM).



1 NUWARD SMR Joint Early Review: Pilot Phase Closure Report. www.julkari.fi/handle/10024/147325



Kuva 1. Sininen hetki Loviisan ydinvoimalaitoksella (kuva: Risto Valkeapää).

Asenteissa ero: Suomi Saksaa pragmaattisempi ydinvoimassa

Risto Valkeapää

Olen journalistina tutkinut ja seurannut vuosikymmeniä ydinvoimaan kohdistuvaa asenneajattelua sekä Suomessa että kansainvälisesti. Kyseessä on ollut erittäin haastava ja aikaa vievä tutkimuskohde.

As a journalist, I have analyzed and followed public attitudes towards nuclear energy in Finland and internationally for several decades. It has been a challenging and time-consuming research subject.

Analysoin 1996 Tampereen yliopiston tiedotusopille tekemässäni gradututkielmassani Suomen Eduskunnassa vuoden 1993 ydinvoimakäsittelyssä pidettyjä puheita. Kävin läpi kaikki tuolloin käsittelyssä pidetyt puheet välihuutoineen. Työ vei noin kolme kuukautta. Pyrin selvittämään kansanedustajien asennemaailmaa.

Minulle jäi käsitys, että poliittinen valtapeli ja lobbaus vääristivät tuolloin asennerakennelmaa. Käsittelytulokseen yritettiin siis vaikuttaa myös eduskunnan ulkopuolelta. Ydinvoima-asian seuraavissa merkittävässä käsittelyissä pyrittiin estämään ulkoa tulevat häiriötekijät. Suomen eduskunta on tällä hetkellä ydinvoimamyönteisempi kuin vuonna 1993.

Aivan viime vuosina olen havainnut Suomessa asenneilmastossa vakiintumista yleensäkin ydinvoimamyönteiseksi. Kutsun viime vaihetta pragmatisoitumiseksi; asia on tullut kansalle tutuksi, se on miltei arkipäiväistynyt.

Ydinvoima alkaa tulla suomalaisille kokemuseräisesti tutuksi ja hyväksyttäväksi energian tuotantomuodoksi. Tilanne on toinen Saksassa, jossa ydinvoimaa ajetaan alas ja fossiilisten polttoaineiden käyttö jatkuu massiivisena haitallisista ympäristövaikutuksista huolimatta.

Vertailen tässä kirjoituksessa ydinvoiman kannatustilannetta Suomessa ja Saksassa. Saksa on ollut yleensäkin historiallisen tärkeä tekijä suomalaisen energiateknologian kehitykselle.

Asenne ja tieto

Tarkastellaan sitten asenteita: asenneajattelu alkaa, kun tieto loppuu. Asennepohjainen ajattelu on pelkojen ja hyötyjen välistä punnintaa, kauhu ja ahneus ääripäinä.

Tein syksyllä 2023 Tampereen yliopiston historian laitokselle ydinvoima-asenteisiin liittyvän esseen osana yhteiskuntatieteiden maisterin tutkintoani. Tämä kirjoitus perustuu kyseiseen esseeseen.

Käsittelen esseessä muun muassa Joachim Radkaun ”Nature and Power”-kirjaa [1] ja Markku Kuisman historiasta ”Metsäteollisuuden maa” [2]. Pidän teoksia olennaisina osina kirjoitustani. Ne kuvaavat sekä suomalaista että kansainvälistä kontekstia, joiden puitteisiin pyrin sijoittamaan tarkasteluni.

Saksalainen ympäristöhistorioitsija Radkau kuvaa kirjassaan valtaa ja luontoa keskieuropalaisen mahtimaan tiedemiehen näkökulmasta. Taloushistorioitsija Kuisma puolestaan tuntee kotimaansa Suomen, joka on metsä- ja energiavarojen hyödyntämisessä kokoaan merkittävämpi tekijä.

Metsä ja metsäluonto ovat myös Radkaulle tärkeitä tekijöitä [1]. Radkauta painaa huoli saksalaisen yhteiskunnan säilymisestä demokraattisena. Häntä huolestuttaa Saksan teknologiaeliitin mahdollinen valtaantulo. Pelkojen juuret johtavat tulkintani mukaan natsihallintoon ja sen aiheuttamaan häpeälliseen historialliseen muistoon. Uutiset Saksasta kertovat, että fasismin pelko on levinnyt yleisemminkin maan väestöön.

Kuisman teos on katsaus suomalaisen metsäteollisuuden historiaan [2]. Se kertoo Suomen metsäklusterin synnystä ja kehityksestä kansainvälisesti merkittäväksi tekijäksi. Metsäteollisuus on ollut Suomessa valtakijä, sillä siihen on kytkeytynyt myös suomalainen julkinen sana. Sanomalehdistö on metsäteollisuudesta muodostuneen klusterin jatke ja poliittisen vallan väline. Lehdistö on ollut sitä vuosikymmeniä. Se on myös edistänyt kansakunnan itsenäisyyttä, ja vaikuttanut myös kylmän sodan aikana politiikassa. Digitalisointi on tällä hetkellä horjuttamassa painetun median valta-asemaa.

Kuisman kirjasta ilmenee suomalaisen metsäteollisuuden ja myös insinöörikunnan tarvelähtöinen ajattelu. Sitä voidaan luonnehtia pragmaattiseksi eli käytännön läheiseksi. Sama pragmaattisuus on nähtävissä laajemmin suomalaisen yhteiskunnan päätöksenteossa. Näen ydinvoimamyönteisen asennoitumisen merkinä suomalaisten yleisestä käytännön läheisestä ajattelusta.

Suomessa ei ole valtaa, mitä kumota

Merkittävä tekijä suomalaiselle yhteiskunnalle on ollut kansainvälisen vallan puute. Matti Klinge totesi Valtiosymposiumissa 1989, että Suomessa ei ole ollut valtaa, mitä kumota. Ruotsissa on ollut valtaa ja Venäjällä on ollut valtaa, mutta Suomessa sitä ei ole ollut. ”Kun Ruotsissa ja Venäjällä tehdään vallankumous, me olemme ne, jotka jäävät ylläpitämään vanhaa järjestelmää”, professori Klinge totesi [3, s. 71].

Tämä on lähtökohta, kun ajattelee Suomen kansainvälistä asemaa. STUKin edesmenntyn pääjohtaja Antti Vuorinen totesi kerran minulle, että ”aina kun olemme tekemisissä ydinvoiman kanssa, olemme tekemisissä suurvaltapolitiikan kanssa”.

Suomella ei ole ollut kansainvälistä valtaa ydinvoima-asiassa. Ydinvoimapäätökset ovat olleet itsenäisten suomalaisten omassa käsissä. Se on yksinkertaistanut päätöksentekoa. On toki myönnettävä, että Neuvostoliitto pyrki aikanaan vahvaan vaikuttamiseen, mutta esimerkiksi Loviisan voimalaitosprojektissa suomalaiset sanoivat viimeisen sanan keskeisissä laatuun ja reaktoriturvallisuuteen liittyvissä kysymyksissä.

Teollisuus tarvitsi kehittyvää energiaosaamista

Suomen teknologiahistorian kannalta merkittävä hetki oli, kun suuriruhtinaskunnan insinöörikunta järjestäytyi vuoden 1911 alussa Höyrykattilayhdistykseksi. Yhdistyksen nimi muuttui vuoden 1918 alussa ”Voima- ja polttoainetaloudelliseksi yhdistykseksi – Föreningen för kraft- och bränsle-ekonomi”. Ruvettiin puhumaan ”Ekonosta” [4].

Tälle perustalle rakentui suomalaisen insinöörikunnan järjestäytymisen. Turvallisuuden parantaminen oli tärkeää kuten myös energiatehokkuuden kehittäminen. Turvallisuus ja energiatehokkuus ovat keskeisiä tekijöitä edelleen tänä päivänä suomalaisessa energiakulttuurissa.

Suomalaisen energiakulttuurin ominaispiirteenä on ollut asiantuntijoiden yhteistyö. Yhtenä yhdistävänä tekijänä on ollut myös se, että asiantuntijoista ei ole juurikaan noussut merkittäviä ydinvoimaa vastustavia henkilöitä. Ydinvoimatekniikan kehittäminen on ollut osa yhteistä edistystä.

Merkittävänä asiantuntijoina toimivat historian eri vaiheissa muun muassa Ekonon Bernhard Wuolle ja Harald Frilund sekä heidän jälkeensä jälkeen parivaljakko Erkki Laurila ja Pekka Jauho, jotka Teknillisessä korkeakoulussa kouluttivat seuraavan insinöörisukupolven atomiaikaan.

Ydinvoimakulttuuriin siirtymisen historiallisena lähtökohtana Suomessa oli Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten rakentaminen ja käyttöönotto. Loviisan ja Olkiluodon projekteissa syntyi ja vakiintui myös suomalainen ydinturvallisuuskulttuuri. Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimaloiden rakentaminen ja käyttö sekä jätehuollon järjestäminen lainsäädäntöä myöten vakiinnutti ydinvoiman osaksi suomalaista demokraattista yhteiskuntaa. Olkiluodon kolmannen yksikön valmistuminen on sientöinyt ydinvoiman merkittävän roolin osana suomalaista yhteiskuntaa.

Energiaosaamisen kehitys keskeinen tekijä

Nykytilanteeseen on tultu pitkän ja vaativan kehitysprosessin kautta. Suomen oli ensimmäisen maailmansodan jälkeen löydettävä uudet kytkennät valta- ja taloussuhteita määrittäviin voimakkeuksiin. Tässä prosessissa teolliset, taloudelliset, sotilaalliset ja poliittiset elementit yhdistyivät kiinteäksi kokonaisuudeksi.

Kehitysprosessissa teknistaloudellinen metsäteollisuuden painopiste alkoi siirtyä sahateollisuudesta prosessiteollisuudeksi. Energiaosaamista alkoi kehittyä koko ajan yhä enemmän.

Vesivoima oli jo alkuun energiantuotannon perusvoimaa, mutta myös höyryvoimaa rakennettiin runsaasti. Koska vesivoima ei ajan mittaan riittänyt, suomalaiset joutuivat hakemaan voimaa kaikkialta, missä sitä oli kokonaishyötysuhdetta kohottamalla otettavissa. Vastapainevoimasta muodostui merkittävä tekijä Suomen sellu- ja paperitehtailla. Käytännössä se tarkoittaa sähkön ja lämmön yhteistuotantoa, jossa korkeapaineinen höyry johdetaan turbiinin läpi lämpöenergiaa käyttävään prosessiin. Vastapainevoimaa käytetään myös kaupunkien sähkö- ja lämpölaitoksissa, jossa päästään sen ansiosta korkeaan hyötysuhteeseen.

Helsinki on saanut kansainvälistä mainetta kaupunkina, jossa vastapainevoimaa on tehokkaasti hyödynnetty. Suomen energiaosaamisessa kuntasektori on metsäteollisuuden ja valtion ohella merkittävä energian tuottaja ja jakelija. Nämä kolme keskeistä energiatoimijaa valtio, teollisuus ja kunnat ovat myös osanneet toimia yhteistyössä, mitä ei ehkä ole yleisesti tiedostettu.

Järkevä toiminta perustuu tarpeeseen

Olen nostonut tarveajattelun kärkitekijäksi ja päätösten selittäjäksi esityksessäni; perustuhan meidän kaikkien järkevä toiminta tarveharkin-

taan. Meille syntyy sosiaalisia, taloudellisia, aatteellisia, kulttuurillisia ja myös valttarpeita.

Tarpeiden tyydyttämässä on Suomessa ikaikoja hyödynnetty luontoa. Suomalaisille metsä on ollut historian sivu se, missä ja mistä elämisen tarpeiden tyydytys on haettu.

Tarpeet, valta, usko, tieto, viha, rakkaus, pelko ovat osatekijöitä ihmisten asenteissa. Ne nousevat esille suurissa kysymyksissä, joita kohtaan ei ole tarkkaa kattavaa tietoa. Niihin kuten esimerkiksi ydinvoimaan suhtaudutaan asenteiden pohjalta. Kun kohde on riittävän merkittävä, siitä muodostuu psykologinen asenneobjekti. Ydinvoimasta kehittyi sellainen.

Otwayn ja Fishbeinin psykologinen asenneobjektimalli

Olen pohdiskellut ydinvoimaan liittyviä asenneasioita paljon vuosikymmenten mittaan. Asenteet selittävät mielestäni kattavasti ihmisten ajattelua kautta maailman. Kysymys on koko ihmiskuntaa koskettavasta asiasta. Tuota ihmiskuntaa ja myös sen luontokytkeä yhdistävää "general human mind" -asiaa ovat pohtineet filosofit.

Minulle on vahvistunut myös käsitys, että pelkojen ja hyötyjen välinen ajattelu ei rajoitu pelkästään ihmiseen, vaan sitä harrastavat myös muut aivoilla varustetut luontokappaleet. Perusteelliseen esitykseen asenteista en tämän esseen puitteissa ryhdy, mutta mainitsen muutamia keskeisiä tekijöitä. Erityisen tärkeää on ollut Wienissä 1970-luvulla aloitettu tutkimustyö.

Psykologista asenneobjektia tutkineet Harry J. Otway ja Martin Fishbein julkistivat vuonna 1977 kansainvälisen atomienergiäjärjestön IAEA:n ja sovelletun systeemanalyysin tutkimuslaitoksen IIASA:n rahoittaman tutkimuksen (kuva 2), jossa psykologisen asenneobjektina oli ydinvoima [5].

Tutkimukseen liittyi myös symboliarvoulottuvuus. Ydinvoimalle oli Yhdysvaltain Japaniin pudottamien pommien vaikutuksesta kehittynyt suuren tuhon mielikuvaan perustuva voimakas symboliarvolataus. Sotaisasta symbolista on poliittisesti yritetty muokata rauhanomainen. Atoms for Peace -julistus muistetaan pyrkimyksenä pehmentää ydinvoiman sotaisaa mainetta.

Tutustuin Wienin miesten aineistoon 1980-luvun alussa. Olen yrittänyt ymmärtää, mistä heidän tutkimuksissaan oikein on kysymys. Otway&Fishbein ottivat työllään vastaan ja heittivät eteenpäin melkoisen haasteen. Ydinvoima on heidän tutkimuksissaan psykologinen asenneobjekti.

Kohtasin heidän työnsä yli 40 vuotta sitten, mutta niiden sisältö tuntuu edelleen ajankohtaiselta. Lähdin mukaan Tampereen yliopiston maisteriohjelman vuonna 1979. Tarkoituksenani oli selvittää ydinvoima-asiaa journalistin näkökulmasta. Siitä tuli pitkä tie.

Asennoidumme elämänpiirimme puitteissa

Ajattelumme luonnollisena lähtökohtana on elämänpiirimme, kontekstimme. Asenneasiasia voidaan siten käsitellä kontekstien puitteissa. Uudet kokemusperäisestä arkiymmärryksestä poikkeavat asiat haastavat asenteita.

Otway&Fishbeinin mukaan belief-tekijällä eli uskolla on asennera-kenteissa merkittävä rooli [5]. Uskomusten epätieteellisyys koettu varjo lankeaa ehkä tästä syystä haastavasti rationaalisen tutkimustoi-minnan ylle. Mutta onhan teologiakin tiedettä (mutta tätä aihetta en käsittele).

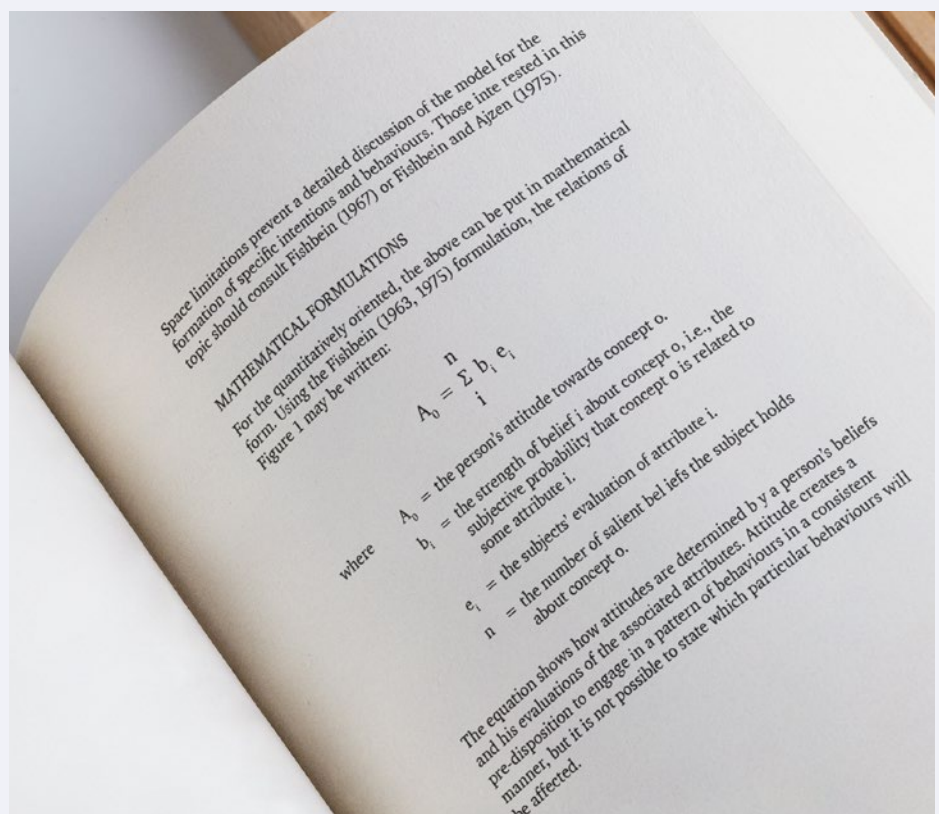
Tieto asennemallissa esiintyvistä attribuuteista ja belief-tekijöis-tä edustaa kuitenkin kognitiivisuutta, jota mallin tieteellinen käsittely hioo. Tarpeen tyydyttäminen edellyttää tietoa. Se miksi uskoa johon-kin, vaatii siis tietoa.

Asennemalliin on sisäänrakennettu myös tiedostuksen arvo-osuus eli kokemusperäisen ja kognitiivisen "tiedon" sivussa tulleet eri vahvui-set uskomukset ja jopa asenneharhat. Otwayn väittämä on myös, että ydinvoima-asenteissa rakennemalli belief-tekijöineen toimi samalla tapaa niin maallikoilla kuin asiantuntijoilla. Kaikki asiantuntijat eivät ole tätä tietoa voineet omalta osaltaan hyväksyä.

Otway&Fishbein mainitsee belief-tekijän attribuuttien linkittäjä-nä. Näen uskotekijän liimana, jota esiintyy ihmisen asenneajattelua koossapitävänä voimana erilaisilla vahvuuksilla. Heikoilla liimauksilla tai linkityksillä varustetuista attribuuteista ja sen osasista voidaan luo-pua. Todella vahvat kytkennät saattavat johtaa fundamentalistiseen ajatteluun.

Asenteen muodostuminen on dialektinen prosessi, jossa ensimmäi-sellä attribuutilla ja sen varauksella on yleiselle mielipiteelle ratkaiseva merkitys. Attribuutteihin sisältyy negatiivisia tai positiivisia arvovarauk-sia, joiden kokonaismäärä Otway&Fishbeinin esittämässä seitsemän attribuutin mallissa johtaa joko myönteiseen tai kielteiseen yleisasen-teeseen (kuva 3).

Ajan mittaan kognitiivisen sisällön määrän kehittyessä asennera-kenne voi neutralisoitua. Esimerkiksi Loviisassa ja Eurajoella tuttuu-



Kuva 2. Otway&Fishbein-asennemallin matemaattinen formulointi.

della on ilmeistä merkitystä paikallisen väestön asenteiden neutralisoimisessa. Fossiilisten polttoaineiden ilmasto-vaikutukset voivat myös pehmentää ydinvoiman vastustajien asenteita ydinvoimalle hyväksyttävämpään suuntaan.

Käytännössä neutralisoituminen tapahtuu kielteisten attribuuttien muuttumisena myönteiseksi. Tiedon karttussa positiivisten attribuuttien kokonaismäärä voi myös kasvaa. Attribuuttimäärä ei mielestäni välttämättä ole sidoksissa seitsemään, vaan se voi olla enemmänkin. Käsittääkseni tätä esiintyy joukossa, jolla ei ole selvää ydinvoimaa vastustavaa tai kannattavaa asennetta.

Asennemuutos voi tapahtua myös hyvin nopeasti. Suomen kansan asenne Nato-puolustusliittoon liittymisestä muuttui hetkessä Venäjän hyökättyä Ukrainaan.

Ihmisjoukkojen suhde ydinvoimaan on tekijä, jossa näkyy selvimmin arvovarausten jakaumat. Yksinkertaisin jako on puolesta ja vastaan. Mikään muu energiamuoto ei Otwayn ja Fishbeinin tutkimuksien mukaan saa aikaan vastaavanlaista kahtiajakoa.

Eikä siinä kaikki: väliin jää vielä kolmasosa, joka ei ole selvästi puolesta eikä vastaan. Itse kuulun kyseiseen kolmannekseen.

Tämä kolmasosa, kolmasosa ja kolmasosa jakauma pätee kaikkialla maailmassa. Voidaan jopa väittää, että asenneajattelu on tekijä, joka yhdistää koko ihmiskuntaa. Mielestäni Radkaun kirjoituksissaan pohtima ihmiskuntaa yhdistävä "nature prima" ilmenee ihmisten asennerakenteiden samankaltaisuudessa.

Saksan väestötiheys vaikutti ydinvoimasta luopumiseen

Radkau on kirjoituksissaan ottanut esille sen, että Saksan ydinvoimasta luopumisen yksi keskeinen tekijä oli maan suuri väestötiheys. Kun Radkaun Saksasta kirjoittama ydinvoimakirja käännettiin japanin kielelle, hän sai kutsun Japanin pääministerin Naoto Kanin luo. Kan kertoi tapaamisessa, että Fukushima on onnettomuuden aikaan harkittiin jopa Tokion evakuointia. Miljoonien ihmisten siirtäminen oli mahdottomuus. Radkaun mielestä ydinvoimalaitosten sijoittaminen tiheään asutulle alueelle ei siten ole hyväksyttävää. Tällä logiikalla ydinvoima käyttö ei siten ole hyväksyttävää tiheään asutussa Saksassa.

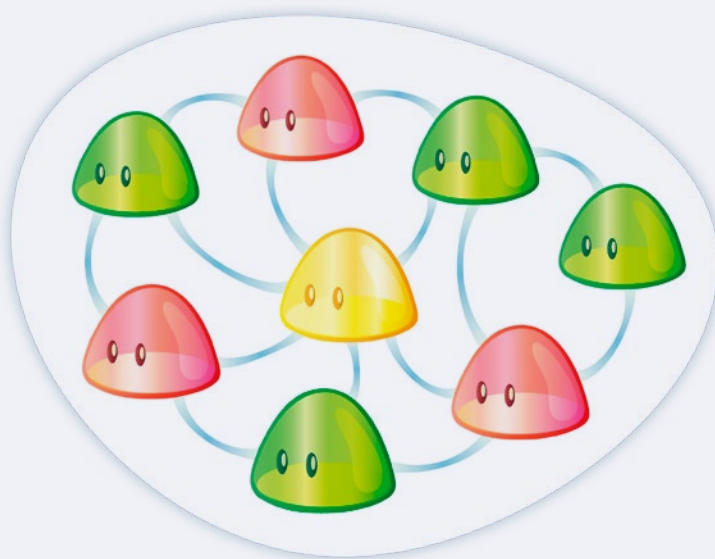
Merkittävä tekijä ydinvoiman vastustamisessa Saksassa on ollut ydinvoimaeliitin valtaansa uhka. Ydinvoiman vastaisten mielenosoitusten väkivaltainen lopettaminen poliisivoimien avulla sai Radkaun varpaille. Hän toteaa, että poliisivoimissa on Saksassa ollut kansallissosialistisia aineksia.

Natsisympatioistaan tunnettu filosofi Martin Heidegger oli myös merkittävä ydinvoiman vastustaja Saksassa. Radkau mainitsee fenomenologi Heideggerin vain kerran ja lyhyesti "Nature and Power" kirjassaan natsien hengenheimolaisena [1].

Intian ydinkoe 1974 käynnisti laajan ydinvoiman vastuksen

Pommiplutoniumin valmistukseen oli olemassa käytännössä vain yksi tie: käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely. Intian ydinpommikoe vuonna 1974 oli shokki Yhdysvalloille, jonka tuoma tietämys oli ollut perustana Intian jälleenkäsittelyosaamiselle.

Jälleenkäsittely oli ydinvoiman sotilaallisen käytön ja rauhaomaisen ydinvoiman soveltamisen yhdistävä tekijä. Ydinvoiman vastustajat Yhdysvalloissa ja myös Saksassa tarttuivat käytetyn ydinpolttoaineen



Kuva 3. Asennemallin havainnollistus: positiivisen asenneobjektin attribuutteja kontekstirajojen sisällä.

jälleenkäsittelykysymykseen. Siitä muodostui keskeinen tekijä Saksan ydinvoiman vastustukselle.

Jimmy Carterin presidenttikautena vuonna 1977 Yhdysvallat luopui jälleenkäsittelystä ja siirtyi suosimaan käytetyn ydinpolttoaineen suoraa loppusijoitusta.

Radkau on todennut ydinvoiman vastaisen liikkeen tulleen Saksaan Yhdysvalloista. Saksan ensimmäiset ydinvoimalaitokset olivat myös yhdysvaltalaisista teknologiaa. Saksassa ydinturvallisuuskysymykset nousivat myös entistä voimakkaammin esiin.

Pohjoismaista Ruotsi oli ollut jälleenkäsittelyn linjalla, mutta Yhdysvaltain esimerkin mukaisesti se kuten myös Suomi päätyivät suoran loppusijoituksen strategiaan. Neuvostoliiton kanssa oli myös sovittu Loviisan ydinvoimalan käytetyn ydinpolttoaineen kuljettamisesta sen jälleenkäsittelylaitokseen. Suomessa ei siten tuossa vaiheessa käyty juurikaan keskustelua jälleenkäsittelystä. Teollisuuden Voiman käytetyn polttoaineen ratkaisu odotti vielä vuoroaan. Odotettavissa oli Ruotsin mallin mukainen ratkaisu.

Suomessa akateemikko Erkki Laurila piti tasavallan presidentti Urho Kekkosta tilanteen tasalla käytetyn ydinpolttoaineen jälleenkäsittelyn osalta. Laurila oli Atomienegianeuvottelukunnan puheenjohtaja.

Laurila kirjoitti tammikuussa 1975 Kekkoselle luottamuksellisesti. Jakelulistalla olivat myös pääministeri Kalevi Sorsa ja ministeri Gestrin. "Rikastuspalvelujen osto Neuvostoliitosta on tietysti meille erittäin sopivaa ja jos vielä, kuten Loviisan tapauksessa käytetyt elementit voidaan palauttaa alkuperämaahan, selviämme jättekysymyksestä jopa sopimatoman helposti. Idänkauppaa ajatellen on valmiiden polttoaine-elementtien hankkimista Neuvostoliitosta pidettävä edullisena, mutta Olkiluodon laitosten kohdalla tämä tuskin tulee kysymykseen. Siinä mittakaavassa kuin Suomen atomienegiaa tuotetaan, eivät jättekysymykset muodostu kuitenkaan ylivoimaisen vaikeiksi. Lähinnä on kysymys organisatooristen ja hallinnollisten kysymysten ratkaisusta. fyysisesti on asia kyllä hoidettavissa meillä, kun käytettävissämme on tilaa." (UKK:n arkisto)

Laurilan mielestä Atomienegianeuvottelukunnan tulisi nimenomaan olla turvallisuus- ja luotettavuuskysymyksissä todellinen asiantuntija-

elin. Suomeen kehittyikin kansallinen ydinturvallisuuskulttuuri, jossa valvova viranomainen, nykyisin STUK sai merkittävän kansallisen uskottavuusroolin.

Suomalainen ydinvoiman vastustus jakautunutta

Japanilainen tutkija Nagako Sato on vertaillut Saksan ja Suomen ydinvoiman vastustusta [6]. Kun Saksaan ja muualle Eurooppaan kehittyi kylmän sodan aikana vahva ydinvoiman vastainen liike, Suomeen ei sellaista syntynyt, koska maassa oli kylmän sodan aikaan sekä itäistä että läntistä ydinvoimaa ja vastustus jakaantunutta. Se oli yksi syy, miksi Suomi ensimmäisenä maailmassa päätti loppusijoitusohjelmasta (suorasta loppusijoituksesta).

Ydinvoiman vastustaja Olli Tammilehto kertoo Energiapoliittisen yhdistyksen EVY:n historiikissa [7], että kansanedustaja Matti Vanhanen oli ydinvoiman vastustajien kokouksissa lähinnä huolehtimassa, ettei toiminnasta tullut neuvostovastaista. Vanhanen onnistui kuitenkin vuonna 1993 ponnellaan torjumaan joksikin aikaa ydinvoiman jatkorakentamisen ydinvoiman vastustajien riemuksi.

Saksassa asiat mutkikkaita

Radkaun mukaan Saksan ydinvoiman vastainen mielenosoitus 1970-luvulla, josta tuli koko ympäristöliikkeen katalysaattori, piti aluksi pommiasiaa lähinnä häiriötekijänä. ”Vasta vuoden 1980 tienoilla, ydinasevarustelun uudelleen aloittamista vastustavan protestiliikkeen vanavedessä, siviili- ja sotilasydinteknologian välisestä yhteydestä tuli Saksan vastustuksen kohde. Ei ole sattumaa, että Länsi-Saksassa, jossa ydinvoiman vastainen liike oli vahvempi kuin missään muualla, syntyi Euroopan suurin ja parhaiten rahoitettu vihreä puolue.”

Mielenkiintoinen kontrasti Saksaan on Suomi, jossa käytetyn ydinpolttoaineen politiikan kehitys on ollut voimakkaasti sidoksissa konsensusorientoituneeseen poliittiseen kulttuuriin. Suomessa ei puuttunut uuden ydinvoiman rakentamisen vastaisia yleisiä protesteja, mutta pragmatismien aste on ollut paljon suurempi kuin Saksassa niin, että loppujen lopuksi Vihreät äänestivät ydinvoimayhtiöiden suosiman suoran loppusijoituksen hyväksymisen puolesta. Parlamentti äänesti periaatepäätöksestä, joka alusti tien suoran loppusijoituksen strategialle; vain kolme kansanedustajaa äänesti suoran loppusijoituksen strategiaa vastaan ja 162 puolesta [8].

Jälleenkäsittelystä ydinvoiman vastustajien ase

Eisenhower julisti ydinvoiman rauhanomaista käyttöä. Ydinvoimaloita ruvettiin rakentamaan eri puolille maailmaa. Vuonna 1974 Intia suoritti ydinkokeen. Pommikokeella oli shokkivaikutus kaikkialla maailmassa. Yhdysvalloissa järkytys oli erityisen suuri, sillä Intian pommitietämys perustui amerikkalaiseen osaamiseen.

Pommiplutoniumia voidaan valmistaa käytännössä vain käytetyn ydinpolttoaineen jälleenkäsittelyssä. Ydinvoiman vastustajat totesivat jälleenkäsittelyssä olevan yhteys rauhanomaisen ydinvoiman käytön ja pommiyhteyden välillä.

Pommiplutoniumin erottaminen ei siinä prosessissa vaatinut massiivisia tiloja eikä korkean teknologian osaamista. Jälleenkäsittelyn kautta apokalyptisen pommin valmistaminen oli myös epävakaiden demokratioiden ja diktatuurivaltioiden ulottuvilla.

Yhdysvalloissa ruvettiin käymään kiivasta julkista keskustelua jälleenkäsittelystä ja ydinaseyhteydestä. Radkaun mukaan ydinvoiman vastustus tuli Saksaan Yhdysvalloista. Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelystä muodostui Saksan ydinvoiman vastustajien mielipidetäis-

telussa asennerakenteen johtava ja ratkaiseva attribuutti.

Vuonna 1977 Yhdysvaltain presidentti Jimmy Carter siirsi siviilipuolella käytetyn ydinpolttoaineen strategian sivuun ja painopiste siirrettiin polttoaineriippuvien suoraan loppusijoitukseen. Suoraan loppusijoitukseen päätyivät myös käytetyn ydinpolttoaineen käsittelystrategioissaan Suomi ja myös Ruotsi. Ruotsi pyrki myös ratkaisemaan ongelmaa ulkoistamalla sen Englantiin ja Ranskaan, jotka myivät edelleen jälleenkäsittelypalveluita.

Yhteenvedo

Olen ottanut tässä esityksessä yhdeksi lähtökohdaksi suomalaisten tarpeet ja niiden tyydyttämisen. Tärkein suomalaisten tarpeiden tyydyttämisen lähde on ollut luonto ja metsä. Ajan mittaan niistä on tullut myös vallan välineitä ympäristöpolitiikkaan asti.

Tässä esityksessä pyrin tuomaan esiin suomalaisten erityisvahvuuden, kansanluonteen, joka on käytännön lähtöinen ongelmien ratkaisussa. Pragmaattisella otteellaan suomalaiset ovat hoitaneet tarpeitensa tyydyttämisen ihmiselämän monilla tasoilla älykkäästi kulttuurista korkeaan teknologiaan.

Radkau siteeraa usein Max Weberiä [9] ja tuo esiin, että laillisen auktoriteetin perustana ja sille luonteenomaista on rationaalisuus. Uskotaan rationaaliseen lakiin, johon perustuvilla säännöillä auktoriteetille annetaan oikeus antaa käskyjä. Rationaalisuustekijä yhdistää Suomea ja Saksaa, mutta tällä hetkellä maiden päättäjien asenteet eroavat ydinvoima-asiassa jyrkästi toisistaan.

Etsin eron syytä ydinpolttoaineen käsittelyn historiasta. Saksassa on esiintynyt vahvana tekijä, joka ei ole Suomessa vaikuttanut asenneilmastoon: käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely, jolla on ollut suuri merkitys Saksan ydinvoiman vastustajien argumentoinnissa.

Suomi oli kylmän sodan rintamalinjojen välissä. Meillä käytettiin sekä läntistä että itäistä ydinvoimaa. Yhtenä tekijänä oli Neuvostoliiton kanssa tehty sopimus, jonka perusteella Loviisan käytetty polttoaine palautettiin pitkään Neuvostoliittoon. Olkiluodon käytetyn polttoaineen loppusijoituksesta syntyi kuin luonnostaan päätös sen suorasta loppusijoituksesta paikalliseen ydinhautaan.

Valtajännitteet ja kysymys jälleenkäsittelystä

Saksa on ollut kautta aikojen suomalaisille jonkinlainen ”emämaa”, jonka teknologiaa ja osaamista on hyödynnetty sekä metsäteollisuudessa että energiateknologiassa. Toisen maailmansodan jälkeen Länsi-Saksa jäi kylmän sodan rintamalinjojen väliin. Ydinvoiman vastustus tuli Saksaan Yhdysvalloista.

Keskeinen tekijä asenneilmastolle oli jälleenkäsittelykysymys, josta käytiin laajaa keskustelua. Jälleenkäsittelykysymys jätti syvän jäljen saksalaiseen ydinvoiman hyväksyttävyyteen. Suomessa toisin kuin Saksassa vastaavaa keskustelua ei käyty [6].

Japanilaistutkija Nagano Sato on tutkinut rinnan Suomen ja Saksan ydinvoimakeskustelua. Hänen mielestään kylmän sodan aikaiset valtajännitteet näkyivät Saksassa, jonne ydinvoimateknologia ja myös ydinvoiman vastustus tulivat 1970-luvulla Yhdysvalloista. Itä-Saksassa oli neuvostoliittolaista ydinvoimaa, joka Saksan yhdistyessä ajettiin alas. Suomessa vastaavia valtajännitteitä kuin Saksassa ei ole ollut näkyvillä.

Saksassa ydinvoima on poliittisilla päätöksillä pyritty ajamaan kokonaan alas. Ukrainan sodan seurauksena maakaasun ja hiilen tuonti Venäjältä on pysähtynyt. Pohjois-Saksan tuulivoima ja hiilen poltto tyydyttävät energiantarvetta, joka on teollisuuden keskeinen tarve.

Ydinvoimatilaus Ranskasta ja Saksasta

Tarveasia energiasektorilla tuli kirkkaana esiin vuosituhannen vaihteessa, kun Suomeen kaavailtiin viidettä ydinreaktoria. Suomalaisen teollisuuden sähköntarve oli tuolloin 2000 megawattia. Päätöksenteon aikaan Teollisuuden Voima Oy:n (TVO) osakasyhtiöiden vahvistama sähköntarve oli 2400 megawattia [10].

Vuonna 2003 TVO tilasi saksalaisrunkalaiselta konsortiolta (AREVA GmbH, AREVA NP SAS ja Siemens AG) European Pressurized Reactor (EPR) -tyyppisen ydinvoimalaitoksen. Laitoksen turvallisuussuunnittelua ja rakenteita muutettiin vuosien 2002–2004 aikana merkittävästi omistajan toiveiden ja viranomaisvaatimusten perusteella [11, s. 6].

Digitaalisen automaation suunnittelu- ja hyväksymisprosessin vaikeudet ja tämän prosessin yhteensopimattomuus hankkeen muiden osa-alueiden suunnittelu- ja toteutusaikatauluun oli yksi suurimpia syitä Olkiluoto 3 -hankkeen viivästymiseen [11, s. 8].

Koko laitos käynnistyi virallisesti 12.3.2022, kun se kytkettiin ensimmäistä kertaa tuottamaan sähköä valtakunnan verkkoon.

Pohjolan Voima Oy:n (PVO) toimitusjohtaja Timo Rajala oli osavastuussa sekä PVO:n että TVO:n ratkaisusta Olkiluoto 3 -projektissa. Rajalan mukaan Arevan uskottiin olleen koko 2000-luvun alun tietoinen mahdollisesta tilauksesta. Areva ei kuitenkaan ryhtynyt ajoissa tarvittaviin suunnittelutoimiin, mikä vaikutti projektin käynnistymisen hitauteen.

Arevan pääjohtaja Anne Lauvergeon kertoi minulle kahdenkeskisessä keskustelussa peruskiven muuraustilaisuudessa vuonna 2005 tilauspäätöksen tulleen hänelle yllätyksenä [10]. Hän kysyi, miten oli mahdollista, että suomalaiset pystyivät tekemään tilauspäätöksen niin nopeasti vuonna 2003. Kerroin teollisuuden sähkön tarpeesta, suomalaisen yhteiskunnan valmiudesta ydinvoimaan sopeutumiseen ja suomalaisten insinöörien pragmaattisuudesta.

Suomi on maailman kärkimaana valmistautunut myös käytetyn ydinpolttoaineen suoraan loppusijoitukseen Posiva Oy:n Onkaloloppusijoitustilaan. Suomen eduskunta vahvisti periaatepäätöksen Onkalon rakentamisesta toukokuussa 2001, ja rakennustyöt aloitettiin kesäkuussa 2004.

Viitteet

- [1] Radkau Joachim, *Nature and Power: A Global history of the environment*, Cambridge University Press 2008.
- [2] Kuisma Markku, *Metsäteollisuuden maa, Suomi, metsät ja kansainvälinen järjestelmä 1620-1920*, Suomalaisen kirjallisuuden seura, Helsinki 2006.
- [3] Valkeapää Risto, "Porvoon valtiopäivät -symposium 1989"-julkaisu, Uusimaa Oy 1989.
- [4] Myllyntaus Timo, *Electrifying Finland, The transfer of a New Technology into a Late Industrialising Economy*, Billing & Sons Ltd, Worcester 1991.
- [5] Otway H.J., Fishbein M., *The Determinants of Attitude Formation: An Application to Nuclear Power*. RM-76-80, IIASA Laxenburg 1976.
- [6] Sato Nagako, *Historical Background of Nuclear Waste Policy Formation in Finland and Comparison with (West) Germany*, *Asian Journal of Peacebuilding* Vol. 7 No. 1 (2019), 73-87, Special Issue – Research Note, doi: 10.18588/201905.00a075.
- [7] Tammilehto Olli, *Ydinvoiman vastaisen liikkeen historiaa*, Tammilehdon kotisivut.
- [8] Högselius Per, *Spent nuclear fuel policies in historical perspective: An international comparison*, *Energy policy* 37 (2009), 254-263.
- [9] Weber Max, *Protestanttinen etiikka ja kapitalismin henki*, WSOY, 2004.
- [10] Risto Valkeapään haastatteluja: Lauvergeon Anne, Radkau Joachim, Sato Nagano, Rajala Timo.
- [11] Suksi Seija, Nevander Olli, Rätty Antti, *ATS:n ekskursio Olkiluotoon*, *ATS Ydintekniikka* 3/2023 Vol. 52, s. 6-11.

Kirjoittaja



Risto Valkeapää

YTM, journalistiikka, Tampereen yliopisto (valmistui 24.1.2024)

Journalisti ja tietokirjailija
risto.valkeapaa@gmail.com

Väitöskirja: Materiaaleja selektiiviseen radioaktiivisen jodin erotukseen

Valtteri Suorsa
Helsingin yliopisto, Kemian osasto, Radiokemian yksikkö

Radioaktiiviset jodin isotoopit aiheuttavat merkittävän säteilyannoksen päästessään ihmiskehoon, minkä takia tarvitaan selektiivisiä puhdistusmenetelmiä pitkäikäistä radioaktiivista jodia (^{129}I) sisältäville jäteliuoksille. Väitöskirjatyössä tutkittiin radioaktiivisen jodin hapettuneen muodon jodaatin erottamista zirkoniumoksidimateriaaleilla. Väitöskirja käsittelee jodin kemiaa sen selektiivisen erotuksen näkökulmasta, esittelee yksinkertaisen analyysimenetelmän jodin eri muotojen määrittämiseksi radioaktiivisissa liuoksissa ja kokoa tulokset jodaatin erotuksesta erilaisilla zirkoniumoksideilla erilaisissa olosuhteissa. Lisäksi esitellään jodaatin erotuksen molekyyli-tason mekanisme perustuen laboratoriokokeisiin ja röntgenabsorptiospektrometriaan.

The radioactive isotopes of iodine are a significant radiation dose source when absorbed in a human body. For this reason, effective and selective removal methods are required for the waste solutions containing radioactive iodine with a long half-life (^{129}I). The published thesis summarizes the research of selective iodate removal with zirconium oxides. The thesis concerns iodine chemistry regarding its selective removal, demonstrates a simple method for quantification of different iodine species in radioactive solutions, and represents the iodate separation performance of zirconium oxides in different conditions. In addition, a molecular level adsorption mechanism is proposed based on the combination of laboratory experiments and x-ray absorption spectroscopy.

Jodi on merkittävä alkuaine kaikessa laajamittaisessa toiminnassa, jossa hyödynnetään fissioreaktiota, kuten ydinvoimaloissa tapahtuvassa energiantuotannossa ja fissioon perustuvissa ydinaseissa. Jodin merkityksellisyydelle on useita syitä.

Jodin biologinen merkitys ja sen eri isotoopit

Ensimmäiseksi, johtuen jodin biokemiasta se rikastuu nisäkkäissä suhteelliseen pienelle alueelle yksittäiseen elimen eli kilpirauhaseen, jossa jodia sisältävät hormonit muodostuvat. Tämä koskee kaikkia jodin isotooppeja eli stabiilia ^{127}I :a ja radioaktiivisia isotooppeja eri massaluvuilla, sillä niiden kemia on lähtökohtaisesti täysin samanlaista. Jodin erilaisten isotooppien ominaisuuksia on esitelty taulukossa 1.

Toiseksi, jodin eri radioaktiivisten isotooppien, eli radionuklidien, fissiotuotto on suhteellisen korkea. Näin ollen niitä muodostuu fissio-

reaktiossa merkittäviä määriä. Parhaiten tunnetut jodin radionuklidit ovat lyhytikäisiä ($^{131-135}\text{I}$), ja niillä on kriittinen merkitys akuutissa onnettomuus- tai päästötilanteessa.

Kyseisiä tilanteita varten väestölle annetaan uhkatilanteessa joditabletteja, jotka sisältävät ei-radioaktiivista, stabiilia ^{127}I -isotooppia. Joditablettien nauttimisella tavoitellaan kilpirauhasen kyllästämistä jodilla ennen radioaktiiviselle jodille altistumista. Tällöin yksilöön kohdistuva säteilyaltistus pienenee, kun radioaktiiviset jodin radionuklidit poistuvat aineenvaihdunnan mukana, eivätkä päädy kilpirauhaseen. Jodin metabolian takia joditablettien ottamisen ajoitus on tärkeää, jotta jodipillerien hyödyt saadaan maksimoitua.

Lyhyiden puoliintumisaikojen takia isotoopit $^{131-135}\text{I}$ eivät kuitenkaan ole merkittäviä pidemmällä aikajänteellä. Radioaktiivisen jätteen käsittelyn näkökulmasta kiinnostavin jodin radionuklidi onkin pitkäikäinen ^{129}I (puoliintumisaika noin 16 miljoonaa vuotta). Sitä muodostuu ma-

Taulukko 1. Jodin isotooppien ominaisuuksia.

Jodin isotooppi	Fissiotuotto (^{235}U) [†] [%]	Puoliintumisaika ^{††}	Hajoamiseen liittyvä säteily ^{††}
^{125}I	-	59 päivää	EC: γ (35 keV) + röntgensäteily
^{127}I	0,1	Stabiili	-
^{129}I	0,6	16 miljoonaa vuotta	β^- : γ (40 keV) + röntgensäteily
^{131}I	3,3	8 päivää	β^- : γ (284, 365 keV)
^{133}I	6,7	20,8 tuntia	β^- : γ (529, 875 keV)
^{135}I	6,4	6,6 tuntia	β^- : γ (1132, 1260 keV)

[†] Lähde: IAEA, 2006, www-nds.iaea.org/sgnucdat/c3.htm

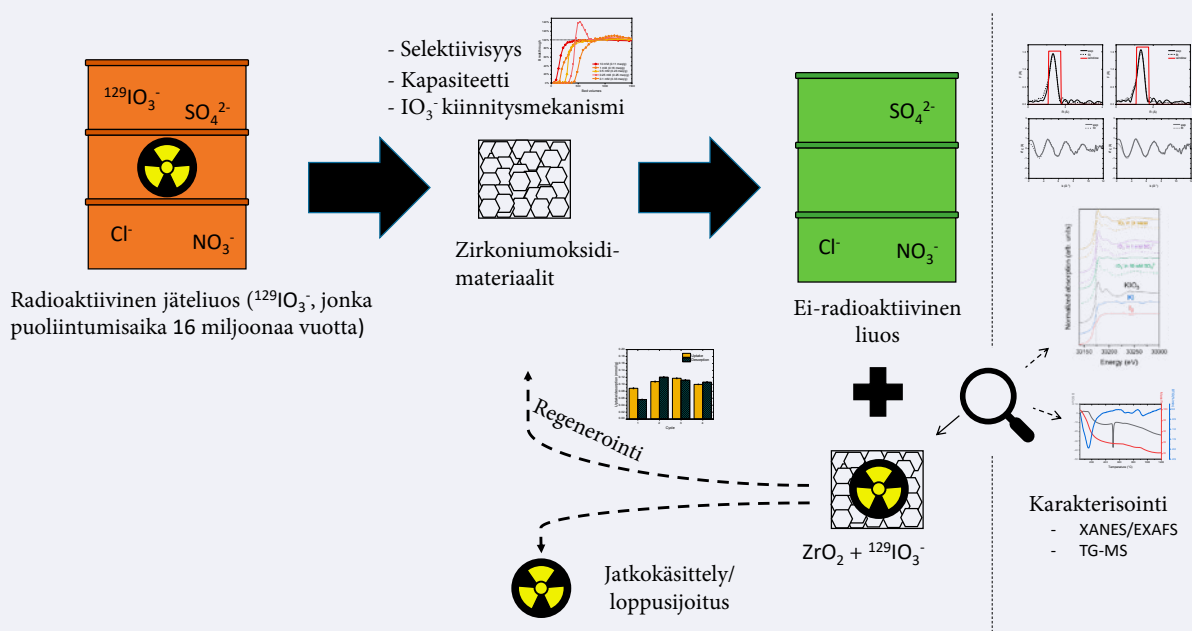
^{††} Lähde: The Lund/LBNL Nuclear Data Search: <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi>

talammalla fissiotuotolla kuin lyhytikäisiä jodin radionuklideja, mutta pitkäikäisyyden takia se on merkittävä pitkän aikavälin turvallisuuden kannalta.

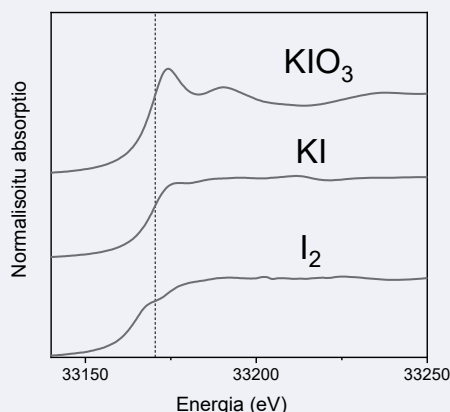
Maaialmanlaajuisesti tärkeimpiä lähteitä ^{129}I :lle ovat olleet käytetyn ydinpolttoaineen jälleenkäsittelylaitokset Sellafieldissa Iso-Britanniassa ja La Haguessa Ranskassa [1], joista vapautuneet päästöt ovat laimentuneet meressä tehokkaasti. Merkittäviä paikallisia ^{129}I -päästöjä on vapautunut ydinaselaituksen plutoniumin tuotantolaitoksilta esimerkiksi Hanfordissa Yhdysvalloissa ja Mayakissa Venäjällä. Edellä mainittuihin

päästöihin verrattuna vain pieniä määriä ^{129}I -radionuklidia vapautui ympäristöön Tšernobyliässä nykyisessä Ukrainassa ja Fukushimaissa Japanissa tapahtuneissa ydinvoimalaonnettomuuksissa.

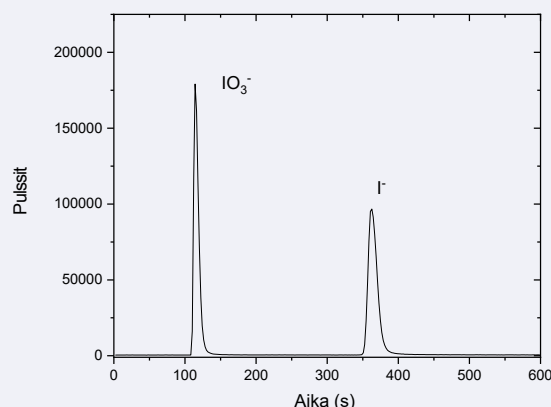
Tieteellinen ja tekninen kiinnostus ^{129}I :ta kohtaan on suurta. Tutkimusartikkeleja ja väitöskirjoja on julkaistu niin jodin ympäristögeokemian [2] kuin erilaisten erotusmenetelmien [3, 4] näkökulmasta. Huomattavaa on, että kansainväliset vaatimukset esimerkiksi juomavedelle ovat hyvin tiukkoja juuri tämän radionuklidin osalta [5–6]. Tämän takia tarve toimiville puhdistusmenetelmille on merkittävä.



Kuva 1. Väitöskirjatutkimuksen perusajatus: jodaattimuotoista ^{129}I -radionuklidia sisältävä liuos käsitellään zirkoniumoksidimateriaalilla, jolloin lopputuloksena saadaan materiaaliin pidähtynyt ^{129}I ja puhdas liuos. Materiaalia regeneroimalla materiaali palautetaan uudestaan käyttöön ja ^{129}I loppusijoitetaan tai jälleenkäsitellään sopivaan muotoon.



Kuva 2. Röntgenabsorptiospektri jodin eri muodoille. Spektristä havaitaan jodaatin erottuva spektrinmuoto, jonka avulla se voidaan havaita näytteestä.



Kuva 3. HPLC-kromatogrammi jodin eri muodoille. Jodaatti pidättyy analyyttisessä anioninvaihtokolonissa jodidia heikommin, jolloin se saavuttaa ilmaisimen nopeammin (n. 120 sekunnin kohdalla) mahdollista näiden kahden eri jodin muodon määrittämiseksi. Tässä tapauksessa itse määrittäminen tehtiin ICP-MS:llä (induktiivisesti kytketty plasmamassaspektrometri).

Jodin monipuolinen kemia

Juoma- tai prosessivesien puhdistus jodista ei kuitenkaan ole isossa mittakaavassa yksinkertaista johtuen sen monimuotoisesta kemiasta. Jodin pääasialliset kemialliset muodot ovat epäorgaaninen jodidi (I^-) ja jodaatti (IO_3^-). Pelkistävässä olosuhteissa jodi esiintyy jodidina, mutta hapellisissa olosuhteissa jodi hapettuu jodaatiksi.

Näiden kahden eri muodon kemiallinen käyttäytyminen maa- ja kallioperässä, erityisesti mineraalipinnoilla tai eri erotusmateriaalien kanssa, on hyvin erilaista. Esimerkiksi mineraalipinnoille jodidi ei pidäyttyä käytännössä lainkaan, kun taas jodaatti pidättyy jonkin verran. Hopeaa sisältävät materiaalit pidättävät taas tehokkaasti jodidia, mutta eivät juurikaan jodaattia. Huomioitavaa on, että näiden kemiallisten muotojen välinen tasapaino muuttuu helposti, eikä jodi välttämättä pysy alkuperäisessä tai edes vain yhdessä muodossa. Onkin mahdollista, että molempia muotoja esiintyy samaan aikaan, mikä entisestään monimutkaistaa jodin käyttäytymistä.

Tämän lisäksi jodi muodostaa orgaanisen aineksen kanssa moninaisen kirjon erilaisia yhdisteitä, joilla orgaanisesta lähtömolekyylillä riippuen voi olla hyvinkin monimuotoinen kemiallinen käyttäytyminen. Lisäksi happamissa olosuhteissa jodin molekulaarinen muoto I_2 on stabiili. Tälle muodolle ominaista on sen esiintyminen kaasumaisena aineena.

Meriympäristössä jodi esiintyy molemmissa epäorgaanisissa muodoissaan: hapellisissa valtamerten pintavedessä pääasiassa jodaattina ja toisaalta hapettomissa merissä, kuten Itämeressä, jodidina. Edellä mainittujen kemiallisten muotojen välinen tasapaino on myös erilaisista riippuen esimerkiksi rannikon läheisyydestä, vedensyvyydestä tai leveyspiiristä. Jodin kemiallinen muoto on myös hyvin riippuvainen biologisesta aktiivisuudesta. Vaikka jodaatti olisikin stabiilein muoto jossain vallitsevissa olosuhteissa, bakteerit ja levät voivat pelkistää sen kuitenkin jodidiksi.

Jodin analytiikka

Kemistin näkökulmasta katsottuna jodin monimuotoinen kemia on jo sinänsä mielenkiintoista, mutta toisaalta se asettaa tiettyjä vaatimuksia

jodin analytiikalle. Usein kokonaisjodin määrittäminen ei ole riittävää, vaan tulee tuntea lisäksi jodin eri kemiallisten muotojen, eli spesiesten, suhteelliset osuudet.

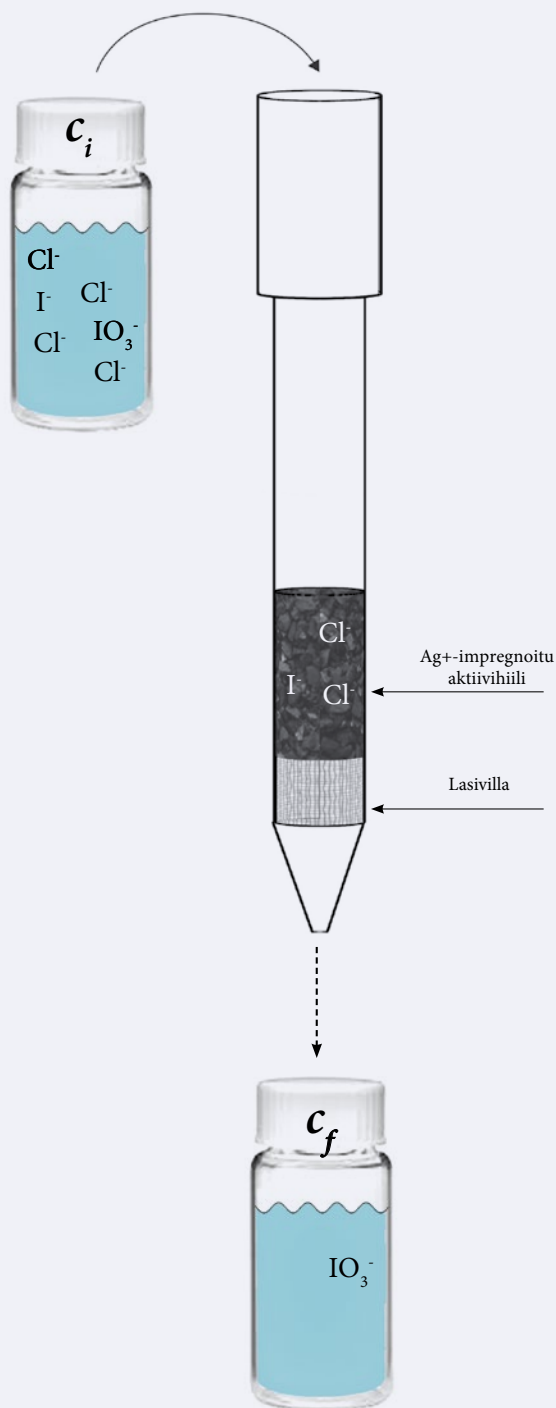
Kuten jodin kemiaa käsittelevässä osiossa tuotiin esille, yksin jo jodin tärkeimpien epäorgaanisten spesiesten, jodidin ja jodaatin, kemia eroaa toisistaan huomattavasti. Näin ollen ei ole samantekevää, missä muodossa jodi on. Asiaa monimutkaistaa entisestään se, että vaikka jodi olisi lähtökohtaisesti jodidina, voi se muuttua esimerkiksi laboratoriokokeiden aikana osittain tai kokonaan jodaatiksi tai päinvastoin. Tällöin saadut tulokset voivat olla voimakkaasti vinoutuneita ja johtopäätökset yksiselitteisesti vääriä. Jodin muotojen luotettava analysointi on siis kriittinen vaihe kaikessa jodiin liittyvässä kokeellisessa tutkimuksessa.

Jodin eri kemiallisia muotoja voidaan määrittää erilaisilla tavoilla riippuen siitä, onko tutkittava näyte kiinteässä muodossa vai liuosmuodossa. Kiinteiden muotojen määrittämiseen väitöskirjassa käytettiin röntgenabsorptiospektrometriä (XAS). Menetelmä perustuu siihen, että saman alkuaineen eri hapetustilojen elektronirakenne on erilainen, mikä vaikuttaa aineen ja röntgensäteilyn vuorovaikutukseen. Näin saadaan erilaiset spektrit, joista voidaan erottaa eri muodot, kuten kuvassa 2 nähdään jodin tapauksessa. XAS-määrittämiä voidaan tehdä isoilla synkrotroneilla, mutta nykypäivänä myös laboratoriomittakaavan laitteita on saatavilla [7].

Liuosmuodossa jodin kemialliset muodot voidaan erottaa esimerkiksi kromatografisin keinoin. Tiivistetysti jodin eri muodot vuorovaikuttavat eri voimakkuuksilla kromatografiain materiaalin kanssa, jolloin ne eluotuvat eri aikaan erotuskolonista, kuten kuvasta 3 nähdään. Väitöskirjassa käytettiin molempia menetelmiä, mutta kehitettiin myös analyyttinen erotusmenetelmä, joka perustuu jodin eri muotojen hyvin erilaiseen reaktioon hopean kanssa [8].

Jodin erotusmenetelmät

Jodin tärkeimmistä kemiallisista muodoista jodidille on olemassa erilaisia toimivaksi osoitettuja erotusmenetelmiä, jotka perustuvat usein hopeaan. Hopea voidaan lisätä johonkin stabiiliin matriisiin, kuten esimerkiksi zeoliitteihin, aktiivihieileen tai metallioksidiin. Nämä mate-



Kuva 4. Jodaatin ja jodidin erottelu hopeaimpregnoidulla aktiivihiilellä. Jodidin ja hopean voimakkaan kemiallisen affiniteetin takia jodidi pidätty kolonnissa, kun taas jodaatti ei. Mittaamalla lähtöliuoksen (c_i) ja loppuliuoksen (c_f) kokonaisjodipitoisuus esimerkiksi gammasppektrometrialla saadaan jodidi- ja jodaattipitoisuudet määritettyä.

riaalit eivät kuitenkaan erota käytännössä lainkaan jodaattia, eikä sille ole vielä löydetty vastaavalla tavalla tehokkaita erotusmateriaaleja.

E erityisen tärkeä ominaisuus erotusmateriaaleissa on niiden selektiivisyys. Usein radioaktiivisen jodin pitoisuudet voivat olla hyvinkin pieniä, vaikka radioaktiivisuus olisikin yli asetettujen raja-arvojen. Esimerkiksi Maailman terveysjärjestö WHO:n raja ^{129}I -pitoisuudelle (1 Bq/L) juomavedessä vastaa konsentraatiota 1,2 nmol/L. Jos tätä verrataan esimerkiksi meriveden kloridipitoisuuteen (noin 600 mmol/L), tulee jodi erottaa 500-miljoonakertaisesta kloridiylimäärästä, jotta päästäisiin alle raja-arvon. Ilman selektiivisyyttä minkään materiaalien kapasiteetti ei yksinkertaisesti riitä aikaansaamaan vaadittua erotustehokkuutta.

Väitöskirjatutkimuksessa tutkittiin zirkoniumoksidipohjaisten erotusmateriaalien käyttöä jodaatin selektiivisessä erotuksessa. Zirkoniumoksidit ovat keraamisia materiaaleja, joilla on monia hyödyllisiä ominaisuuksia radioaktiivisten jätteiden jälleenkäsittelyn kannalta: ne ovat esimerkiksi stabiileja monenlaisissa liuosolosuhteissa (pH), ne ovat kovia (niistä saadaan sopivan kokoisia ja tarpeeksi kestäviä rakeita teollisiin sovelluksiin), ne kestävät säteilyä ja ne pidättävät tehokkaasti happea sisältäviä anioneja kuten esimerkiksi jodaattia.

Väitöskirjan tavoitteet ja tärkeimmät tutkimustulokset

Väitöskirja voidaan jakaa kolmeen osaan, joista jokaisesta julkaistiin yksi vertaisarvioitu artikkeli:

1. Yksinkertaisen analyysimenetelmän kehitys ja validointi jodin epäorgaanisten muotojen erottamiselle, vaatimuksena soveltuvuus rutiinityöskentelyyn sekä radioaktiivisen että stabiilin jodin kanssa. Tässä osassa kehitettyä menetelmää käytettiin jodin muodon varmistamiseen myöhemmissä kokeissa. [8]
2. Zirkoniumoksidipohjaisten materiaalien synteesi ja erotuskoeket jodaatille. Kokeissa tutkittiin erilaisten liuosmuuttujien kuten esimerkiksi liuosmatriisin kilpailevien ionien pitoisuuden ja laadun, liuoksen pH:n sekä kontaktiajan vaikutusta jodaatin erotuksen tehokkuuteen. [9]
3. Jodaatin erotuksen mekanismien tarkastelu hyödyntäen kehittyneitä röntgenabsorptiotekniikoita ja syventäviä laboratoriokeiteita. Lisäksi tutkittiin materiaalien erotuskyvyn palauttamista (regenerointia) erilaisilla käsittelyillä. [10]

Jodidin ja jodaatin erottamiselle kehitettiin ja validoitiin toimiva erotusmenetelmä hyödyntäen hopeaimpregnoitua aktiivihiiltä. Validoinnin perusteella menetelmä soveltuu erinomaisesti jodaatin ja jodidin pitoisuuksien määrittämiseen laajalla olosuhdealueella. Tiivistelmä menetelmästä on esitetty kuvassa 4.

Zirkoniumoksidien havaittiin erottavan tehokkaasti jodaattia. Optimiolosuhteissa ilman kilpailevia anioneja maksimikapasiteetin jodaatille havaittiin olevan erittäin korkea, jopa 4,7 mmol/g. Realistisessa olosuhteissa, joissa jodaatin kanssa liuoksissa oli esimerkiksi ylimäärä erilaisia kilpailevia anioneja, kapasiteetit olivat matalampia, mutta silti edelleen korkealla tasolla riippuen liuoksen kemiallisesta koostumuksesta.

Tärkeimmät erotusta häiritsevät tekijät olivat liuoksen korkea pH sekä korkea sulfaattipitoisuus. Sitä vastoin muiden yleisten kilpailevien anionien, kuten kloridin tai nitraatin, korkeakaan pitoisuus ei häirinnyt erotusta. Esimerkiksi kloridipitoisuudella 100 mmol/L ja jodaattipitoisuudella 10^{-13} mol/L (eli biljoonakertaisella kloridiylimäärällä) materiaaleilla havaittiin korkea selektiivisyys jodaatille (jakaantumiskertoimet jopa 50 000 mL/g).

Jodaatin tärkeimmäksi kiinnittymismekanismiksi zirkoniumoksideihin määritettiin kidepinnoilla tapahtuva ioninvaihto. Materiaaleille

löydettiin soveltuva regenerointimenetelmä, jonka avulla materiaalien erotuskyky saatiin palautettua alkuperäiselle tasolle useita kertoja ilman havaittua heikkenemistä. Näin ollen materiaalien jatkuva uusio-käyttö on mahdollista.

Väitöskirja "Selective iodate removal using zirconium oxides" osana Report Series in Radiochemistry -julkaisusarjaa hyväksyttiin

Helsingin yliopiston Luonnontieteellisessä tiedekunnassa 12.12.2023. Elektroninen versio on saatavissa internet-osoitteesta: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-9963-8>.

Väitöskirja ei olisi ollut mahdollinen ilman Helsingin yliopiston CHEMS-tohtoriohjelman myöntämää rahoitusta. Lisäksi rahallinen tuki Roy G. Postin säätiöltä (USA) ja Emil Aaltosen säätiöltä auttoivat merkittävästi väitöskirjatyön aikana.

Viitteet

- [1] Aldahan, A., V. Alfimov, and G. Possnert, ¹²⁹I anthropogenic budget: Major sources and sinks. Halogens and Their Isotopes in Marine and Terrestrial Systems, 2007. 22(3): p. 606-618 DOI: 10.1016/j.apgeochem.2006.12.006.
- [2] Söderlund, M. Sorption and speciation of radionuclides in boreal forest soil. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, 2016. ISBN: ISBN 978-951-51-2512-5 (sähköinen). Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-2512-5>.
- [3] Riley, B.J., J.D. Vienna, D.M. Strachan, J.S. McCloy, and J.L. Jerden Jr, Materials and processes for the effective capture and immobilization of radioiodine: A review. Journal of Nuclear Materials, 2016. 470: p. 307-326 DOI: 10.1016/j.jnucmat.2015.11.038.
- [4] Moore, R.C., C.I. Pearce, J.W. Morad, S. Chatterjee, T.G. Levitskaia, R.M. Asmussen, A.R. Lawter, J.J. Neeway, N.P. Qafoku, M.J. Rigali, S.A. Saslow, J.E. Szecsody, P.K. Thallapally, G. Wang, and V.L. Freedman, Iodine immobilization by materials through sorption and redox-driven processes: A literature review. Science of The Total Environment, 2020. 716: p. 132820 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.166.
- [5] WHO. Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the fourth edition. 2017.
- [6] Kaplan, D.I., M.E. Denham, S. Zhang, C. Yeager, C. Xu, K.A. Schwehr, H.-P. Li, Y.-F. Ho, D. Wellman, and P.H. Santschi, Radioiodine biogeochemistry and prevalence in groundwater. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2014. 44(20): p. 2287-2335 DOI: 10.1080/10643389.2013.828273.
- [7] Honkanen, A.-P., Ollikkala, S., Ahopelto, T., Kallio, A.-J., Blomberg, M., and Huotari, S. Johann-type laboratory-scale x-ray absorption spectrometer with versatile detection modes. Review of Scientific Instruments, 2019. 90(3): p. 033107 DOI: 10.1063/1.5084049.
- [8] Suorsa, V., Otaki, M., Zhang, W., Virkanen, J., & Koivula, R. (2020). A simple method for quantifying iodate and iodide fractions in solution using Ag⁺-impregnated activated carbon. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 324(1), 135-142. DOI: 10.1007/s10967-020-07061-4.
- [9] Suorsa, V., Otaki, M., Virkanen, J., & Koivula, R. (2022). Pure and Sb-doped ZrO₂ for removal of IO₃⁻ from radioactive waste solutions. International Journal of Environmental Science and Technology, 19(6), 5155-5166. DOI: 10.1007/s13762-021-03487-9.
- [10] Suorsa, V., Otaki, M., Suominen, T., Virkanen, J., Reijola, H., Bes, R., & Koivula, R. (2023) Anion exchange on hydrous zirconium oxide materials: application for selective iodate removal. RSC Advances, 13, 948-962. DOI: 10.1039/d2ra06489h.

Kirjoittaja



FT Valtteri Suorsa

Väitöskirjatutkija

Helsingin yliopisto, Kemian osasto – Radiokemia
Ion exchange for nuclear waste treatment and recycling
valtteri.suorsa@kolumbus.fi
(kuva: Samu Inkinen)

Nykyisin kirjoittaja työskentelee ylitarkastajana
Säteilyturvakeskuksessa radiokemiallisten
määritysten ja ICP-MS -analytiikan parissa.



Kuva 5. Väitöstilaisuus pidettiin Helsingin yliopiston Kumpulan kampuksella 10.11.2023. Kuvassa vasemmalla työn ohjaaja ja kustoksena toiminut yliopistotutkija Risto Koivula ja väittelijä Valtteri Suorsa (kuva: Jukka Kuva).



Kuva 6. Vastaväittäjänä toimi yliopistotutkija, dosentti Sari Tuomikoski Oulun yliopistosta. Oikealla kustos Risto Koivula (kuva: Jukka Kuva).

Viiveen vaikutuksesta turvallisuuteen

ITÄVALTALAISEN KULTTUURIHISTORIOITSIJAN Egon Friedellin (1878–1938) merkittävässä teoksessa ”Uuden ajan kulttuurihistoria I-III” Friedell esittää luonnonlain kaltaisen ajatuksen, joka vapaasti mukaellen on seuraavanlainen: ”Sillä että jokin asia on tapahtunut, ei ole merkitystä. Mutta kun se tulee julki, siinä on kaikki.” Ajatus johdattelee lukijaa pohtimaan salaisuuksien ja paljastusten merkitystä ja kannustaa tätä arvostamaan totuutta ja sen vaikutusta elämässä. Se muistuttaa lukijaa siitä, että vaikka asiat voivat jäädä piiloon, niiden paljastuminen voi muuttaa kaiken.

Friedellin sanat kutsuvat lukijaa tutkimaan asioita syvällisemmin ja ymmärtämään, miten menneisyys vaikuttaa nykyhetkeen ja tulevaisuuteen. Menneisyys on toteutunutta, se tunnetaan historiana, erotuksena tulevaisuudelle, joka on vielä toteutumaton asioiden kulkua ja prosessia. Englantilaisessa samoin kuin yhtä lailla myös suomalaisessa kirjallisuuskulttuurissa leikitellään sanoilla ja termeillä ja Friedellin ajatus voidaan kiteyttää ilmaisuun: ”Menneisyys on historiaa, tulevaisuus toteututtuaan myös, joskin sen oheisseuraamukseksi voi seurata myös hysteriaa.”

Luonnehdin Friedellin ajatusta yllä luonnonlain kaltaiseksi sillä perusteella, että syvälinen ajattelija voisi kehittää siitä monenlaisia eri versioita ja periaatteita, luonnonlain kaltaisia sitten tai ei. Tunnettuja pessimistisiä ajatuksia ovat muun muassa Peterin periaate: ”Se ei toimi.” Samoin Murphyn useat lait, esimerkiksi: ”Jos jokin asia voi mennä pieleen, se menee pieleen”.

Friedellin ajatuksesta voisi kehittää useita eri muunnoksia vähän samaan tapaan kuin Newtonin jatkuvuuden lakejakin on kolme. Niin ainakin muistelen silloin kauemman aikaa sitten olevan, kun kävin lukiota viisaimmillani. Eikös se mennyt niin, että Newton istui omenapuun varjossa ja omena tipahti puusta hänen päähänsä? Newton päätteli siitä, että syyllä on

aina seurauksensa. Ensin on syy, sitten seuraus, ja niiden välissä kuluu aikaa.

Friedellin ajatuksessa on samoin. Ensin asiaa suunnitellaan ja valmistellaan ja sitten se tapahtuu. Sitten tapahtunut tulee tietyn aika-viiveen jälkeen aistihavainnon ja/tai kognition tai ymmärryksen myötä yksilön tiedostamaksi, välissä kuluu aikaa. Mutta nimenomaan tässä järjestyksessä.

Lisäksi toiset yksilöt tiedostavat asian tapahtumisen nopeammin kuin toiset eli eri tah-tisest. Jotkut tiedostavat, jotkut toiset myöhemmin, kolmannet eivät ehkä koskaan tai syystä tai toisesta eivät usko asian tapahtumisen olevan totta. Lapsena leikittiin rosvoa ja poliisia. Rosvot tiesivät lähtökohtaisesti eniten ja aiemmin, poliisi vähiten ja viimeiseksi, noin niin kuin yleisellä tasolla. Toisaalta, poliisilla saattoi olla omaa salaista tietoa, sellaista mitä rosvoilla ei välttämättä ollut. Lopulta poliisi saattoi saada jonkun rosvon ennen muita rosvoja satimeen. Aina kuitenkin siinä välissä kului aikaa.

Tietyyssä mielessä lapsuuden rosvo ja poliisi -leikit ovat aikuisuuden tieteen ja taiteen tekoa, yksilön ja yhteisöjen yhteistyömuotoista elämän mittaista toimintaa, sukupolvesta toiseen parantuvan osaamistoiminnan jatkumoa. Tieteessä ja taiteessa, yleisemmin kulttuurisessa toiminnassa, on kysymys tästä inhimillisen toiminnan jatkumosta, jossa vanha päivittyä paremmaksi uudeksi.

LUONNONLAIT OVAT RAKENTEELTAAN ja ominaisuuksiltaan tuollaisia kuin edellä olevissa esimerkeissä käy ilmi. On kaksi asiaa, edellinen asiantila ja jälkimmäinen asiantila ja niiden välissä tietty näihin asioihin liittyvä ajankulu. Hyvä esimerkki kesäisestä tapahtumasta on ukkosmyrsky. Havainnoitsija katselee mökinsä ikkunasta ulos järvelle. Kaukana ulapan takana ukkostaa, salamoita iskee mutta ääntä ei kuulu. ”Kaunis luonnonilmiö”, vanhempi

kuvailee tapahtumaa lapselleen, ”ei tarvitse pelätä, siellä se ukkostaa kaukana kilometrien päässä”. Mutta toisin on, kun myrsky lähenee ja on vähitellen mökin päällä. Silloin salamoit kaiken aikaa ja saman tien jyrisee.

Luonnonlaithan siinä toteutuvat: salama iskee valon nopeudella ja ääni etenee äänen nopeudella ilmassa. Kyseessä on ensimmäisiä luonnonlakeja, mitä lapsi oppii tuntemaan elämästä, oppii laskemaan, kaukanako ukkonen on mökistä. Ja oppii myös ymmärtämään ja ymmärryksen tasolla pelkäämään luonnonvoimien rajuutta.

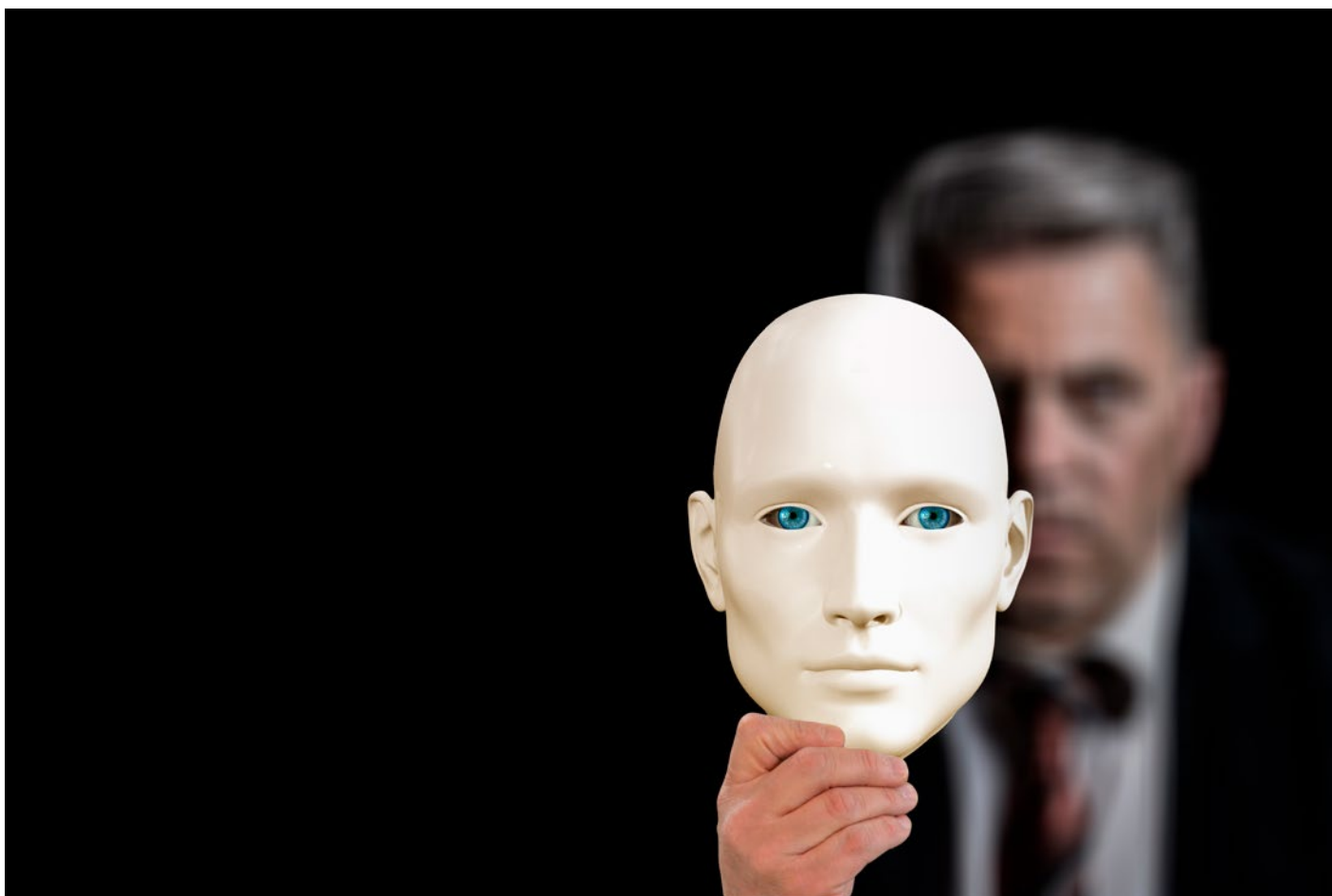
Luonnonlakien mukaan tuuli etenee korkeammasta paineesta matalampaan. Yleisemmin ilmaisten säätilat noudattavat luonnonlakeja, jotka on aikojen saatossa opittu tieteen keinoin tuntemaan. Vuodenajat seuraavat toisiaan tietyssä järjestyksessä, päivät seuraavat öitä, lämpötilat tasaantuvat lämpimämmästä kylmempään. Elollinen ja eloton elämä soljuu omaa vakaata luonnonlakien mukaista ”aika-rataansa”, talouden lainalaisuudet vallitsevat tietyin opituin aikaviivein, samoin yhteiskuntien rakenteet, lait ja käytännöt muuttuvat ja kehittyvät.

GLOBALI MAAILMA on elänyt viime vuosikymmenet kasvavassa määrin hämmäntäviä ja epävarmoja aikoja. Maailmanlaajuinen pandemia vaivasi alkuvuodesta 2020 lähtien hiipuen lopulta vuonna 2023. Sillä oli suuret ennalta tuntemattomat vaikutukset ihmisten ja yhteiskuntien elämään kaikkialla maailmassa.

Kymmenen vuotta sitten Venäjä käynnisti tosiasiallisesti sodan Ukrainaa vastaan, anasti lähes kaksikymmentä prosenttia sen maa-alueista ja laajensi sodan kaksi vuotta sitten pyrkimyksiksi riistää Ukrainalta kokonaan sen valtiollinen itsenäisyys. Puoli vuotta sitten terroristijärjestö Hamas hyökkäsi Gazasta Israeliin, tappoi ja otti Israelin kansalaisia panttivangeikseen. Hyökkäyksen seurauksena Israel on julistanut strategisen tavoitteensa nyt olevan Hamas-järjestön täydellinen tuhoaminen Gazassa.

Euroopassa siis Venäjä käy hyökkäyssotaa Ukrainaa vastaan ja Euroopan eteläpuolella käydään toista tuhoisaa sotaa, jonka suurena riskinä on laajentua suuremmaksi alueelliseksi konfliktiksi. Niin sanottu vakaa sääntöpohjainen maailmanjärjestys on vakavassa murros- ja muutosvaiheessa. Kysymys kuuluu, millaiseksi ja millä aikajänteellä uusi maailmanjärjestys ehkä tulee muuttumaan ja vaikiintumaan?

NÄISTÄ LÄHTÖKOHDISTA POHDIN kysymystä Suomen kansallisen turvallisuuden näkökulmasta kahden vuoden takaisesta tilantees-



ta tähän päivään ja edelleen kohti tulevaa. Mielenkiintoista tässä on, että kaksi vuotta sitten elettiin sen hetkistä nykyhetkeä, josta katsoen tulevaisuus oli tuntematonta. Tällä hetkellä tiedämme asiain kulun ja kykenemme kvalitatiivisesti ja osin vieläpä kvantitatiivisesti arvioimaan tämän pakinan otsikon mukaisia aikaviiveitä ja niiden vaikutuksia turvallisuuteen.

Venäjän käynnistettyä hyökkäyksensä ja maahantunkeutumisensa Ukrainaan vain muutama päivä sen jälkeen presidentti Sauli Niinistö lausui julki sanat ”Nyt naamiot on riisuttu, vain sodan kylmät kasvot näkyvät.” Näin hän antoi käytännössä ilman viivettä esimerkiksi suomalaiselle yhtenäiselle kansalliselle mielipiteelle. Vain runsas kaksi kuukautta myöhemmin Suomi ja Ruotsi lähettivät samanaikaisesti liittymishakemuksensa Natoon. Yli 30 vuotta sitten käynnistyneellä hankkeella ei ollut ollut minkäänlaista realistista todennäköisyyttä toteutua, kunnes äkkiä Egon Friedellin ajatus oli toteutunut lähes hetkessä.

Eduskunnan lähes yksimielinen päätös Natoon hakeutumisesta oli myös erityisen väkevä osoitus kansallisesta yhtenäisyydestä ja

hakeutumisesta yhteisen turvallisuusratkaisun piiriin. Muiden Nato-maiden, Unkaria ja Turkia lukuunottamatta, erityisen nopea vain muutaman kuukauden mittainen ratifiointiprosessi oli omiaan vahvistamaan Suomen ja Ruotsin kansallista turvallisuuden tunnetta.

Toisaalta Unkarin ja Turkin viivyttely ratifiointeissa on opettanut kummankin maan aivan uudella arvaamattomalla tavalla ymmärtämään kansainvälisen politiikan ennustettavuutta ja ennustamattomuutta ja yllätyksellisyttä. Kaikille suomalaisille ja ruotsalaisille tahoille poliitikoista rivikansalaisiin kuluneet kaksi vuotta ovat olleet kansainvälisen turvallisuuspolitiikan korkeakoulu. Paljon on jo opittu, mutta opiskelu tulee epäilemättä jatkumaan vielä vuosien ajan.

Kuukausien mittainen sivistynyt ja asialinjalla toteutunut presidentinvaalikampanja oli vahva todistus Suomelle ja muulle maailmalle Suomen demokratian uskottavuudesta ja elinvoimaisuudesta. Kuten presidenttiehdokas Olli Rehn luonnehti, sekä ensimmäisessä että toisessa vaalikierroksessa kyse oli Suomen demokratian juhlatähtien. Toisen vaalikierroksen vastaehdokkaat Alexander Stubb ja

Pekka Haavisto vahvistivat reilulla ja toisiaan kunnioittavalla kampanjoinnillaan suomalaisten uskoa ja luottamusta Suomen presidentti-instituutioon.

VAIKKA VALTAKUNNAN sisäpolitiikassa on tällä hetkellä huomattavan paljon poliittisia ristiriitoja ja valtakamppailua, ulko- ja turvallisuuspolitiikassa eduskunta, maan hallitus ja presidentti kykenevät hyvään yhteistyöhön ja tuottavat siten turvaa ja turvallisuuden tunnetta suomalaisille. Omalla esimerkillään nämä toimijatahot itse asiassa tuovat uskottavuutta myös sille, että myös sisäpolitiikassa tullaan löytämään kansalaisten kannalta välttämättömät ja todennäköisesti myös parhaat mahdolliset ratkaisut työmarkkinakysymyksissä ja valtionhallinnon asioissa. Siksi, että kaikilla edunvalvontatahoilla on omat vahvat ja asiantuntevat edustajansa. Nämä voivat keskittyä ja paneutua työssään sisäpolitiikan asioihin voidessaan luottaa siihen, että Suomen ”turvallisuussateenvarjo” on monipuolisen kattava ja kestävä.

Turvallisuusfilosofi

Palautusosoite:

Suomen Atomiteknillinen Seura
c/o Jussi Peltonen
PL 1000
02044 VTT

Osoitteenmuutokset:

sihteeri@ats-fns.fi



KANNATUSJÄSENET

FinNuclear ry

**Pohjoismainen
Ydinvakuutuspooli**

**Teknologian
tutkimuskeskus VTT Oy**

**Fortum Power
and Heat Oy**

Pohjolan Voima Oy

Teollisuuden Voima Oy

Konecranes Oy

Posiva Oy

TVO Nuclear Services Oy

Platom Oy

Steady Energy Oy

Westinghouse

Sweco Finland Oy