

Uusi juttusarja esittelee VTT:n pääjohtajan Antti Vasaran keinot maailman pelastamiseksi ja Suomen nostamiseksi teknologiamahdiksi.

Pienydinvoimaloiden kilpajuoksu starttasi ”Pienen ja ketterän peli

■ Suomessa suunnitellaan pienydinvoimaloita huolehtimaan kaupunkien lämmöntuotannosta. LUT-yliopisto ja VTT uskovat yhteisen hankkeensa olevan maailman kärkijoukossa.

JUHA GRANATH

Tutkija **Juhani Hyvärinen** tarkastelee lounasvaihtoehtoja Lappeenrannan-Lahden teknillisessä yliopistossa. Ravintolan menu on monipuolinen, mutta kaupungin tunnetuimmat eväät, kananmunalla ja kinkulla täytetyt liha-piirakat Vety ja Atomi, ovat pannassa.

”Ne on nimetty 1960-luvulla räjäytettyjen pommien mukaan. Herkkuja saa kyllä torilta, mutta eivät ne oikein sovellu yliopiston ruokalistalle. Ovat sen verran tuhtia tavaraa”, LUT:n ydinvoimatekniikan mallintamisen professorina työskentelevä Hyvärinen nauraa.

Kevytlounaan jälkeen professori haluaa esitellä lisää kevytvaihtoehtoja ja ohjaa vierailijan yliopiston ydinvoimatekniikan laboratorioon.

Matka alkaa menneestä maailmasta. Vastaaan tulee suuria, pulleita 1970- ja 1980-luvuilla Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimaloihin suunniteltuja turva- ja koelaitteita sekä suojaäiliöitä.

Perimmäisessä huoneessa aukeaa nykyaika. Hyvärinen näyttää ylpeänä oman tutkimusryhmänsä kehittämää Motel-laitteistoa. Se on sähköä tuottavan amerikkalaistyyppisen pienydinvoimalaitoksen malli eli SMR (*small modular reactor*, pieni modulaarinen reaktori).

”Motelin esikuva tuottaa sähköä mutta soveltuu myös päätavoitteen eli kaukolämmön tuottamiseen. Meillä ei ole täällä koekäytössä ydinpoltoainetta, vaan reaktorin poltoainesauvat lämmitetään sähköllä.”

Hyvärisen johtama 20 hengen tutkijaryhmä on pieni, kun sitä vertaa kovien kilpailijoiden ja ydinvoimavaltioiden USA:n, Venäjän, Ranskan ja Kiinan voimavaroihin.

”Luotamme kolmeen tekijään. Meillä on kokemusta jo 1970-luvulta Loviisan voimalan rakentamisesta sekä hyvät ja terävät ihmiset. Kolmantena tulee tiivis keskusteluyhteys kaikkiin suomalaisiin ydinalan toimijoihin.”

LUT:n tavoite on kehittää pienydinreaktori 24 ja 120 megawatin haitarilla kaupalliseen käyttöön. Ensimmäinen lämpöä tuottava reaktori voisi käynnistyä jo vuonna 2026.

Lappeenrantalaisen malli perustuu kevytvesireaktoritekniikkaan eli samantyyppisiin metalli- ja polttoaineratkaisuihin kuin nykyisissä voimaloissa. Pienydinvoimalat voivat koostua joko yhdestä tai useammasta yhteen kootusta reaktorista.

”Laboratoriossa voimme testata lähes kaikki turvallisuuden kannalta tarpeelliset asiat”, Hyvärinen vakuuttaa.

Kuntien energiayhtiöt pääasiakkaiksi

Ydinreaktorien kehittäjät hakevat oikeutusta ydinvoiman käytölle ilmastomuutoksen torjunnasta. Hyvärisen mukaan pienreaktorien puolesta puhuu Suomen päästöhistoria.

”Kun Loviisan ja Olkiluodon ykkös- ja kakkosreaktorit valmistuivat, maamme hiilidioksidipäästöjen määrät lasivat dramaattisesti. Ydinvoiman ominaispäästöt ovat samaa luokkaa kuin aurinko- ja tuulivoimaloiden.”

Professori perustelee lämmityskäyttöön tarkoitettua pienydinreaktorin

kehittämistä myös sillä, että sen suorituskykyvaatimukset ovat selvästi pienemmät kuin sähköntuotantoon tarkoitettujen laitteiston.

”Sähköä tuottava reaktori tarvitsee lähtölämpötilaksi runsaat 300 astetta, kun kaukolämmön tuotantoon riittää 120 astetta”, sanoo Hyvärinen ja vertaa LUT:n laitteistoa kotoiseen painekattilaan.

Pienydinreaktorit korvaisivat hiilen, öljyn, maakaasun ja turpeen käyttöä lämmöntuotannossa.

Hän esittää kunnallisille energiayhtiöille tarjouksen, josta on ensi kuulemalta vaikea kieltäytyä. Puolet Suomen kaukolämmöstä tulee yhä fosfiilisista polttoaineista. Pienydinreaktorit korvaisivat hiiltä, turvetta, öljyä ja maakaasua.

Lappeenranta lämpiää toistaiseksi biomassalla, mutta parissa kymmenessä vuodessa biokattilasta loppuu veto.

”Silloin kaupunki voisi korvata sen kolmella tai neljällä pienellä reaktorilla. Helsinki tarvitsisi kymmenkunta isompaa, 100 megawatin voimalaa.”

Mielenkiintoa löytyy niin pienissä kaupungeissa kuin maailman metropoleissa. Helsinki luopuu kivihielestä vuoteen 2029 mennessä. Suomi aikoo olla hiilineutraali vuonna 2035 ja EU vuonna 2050.

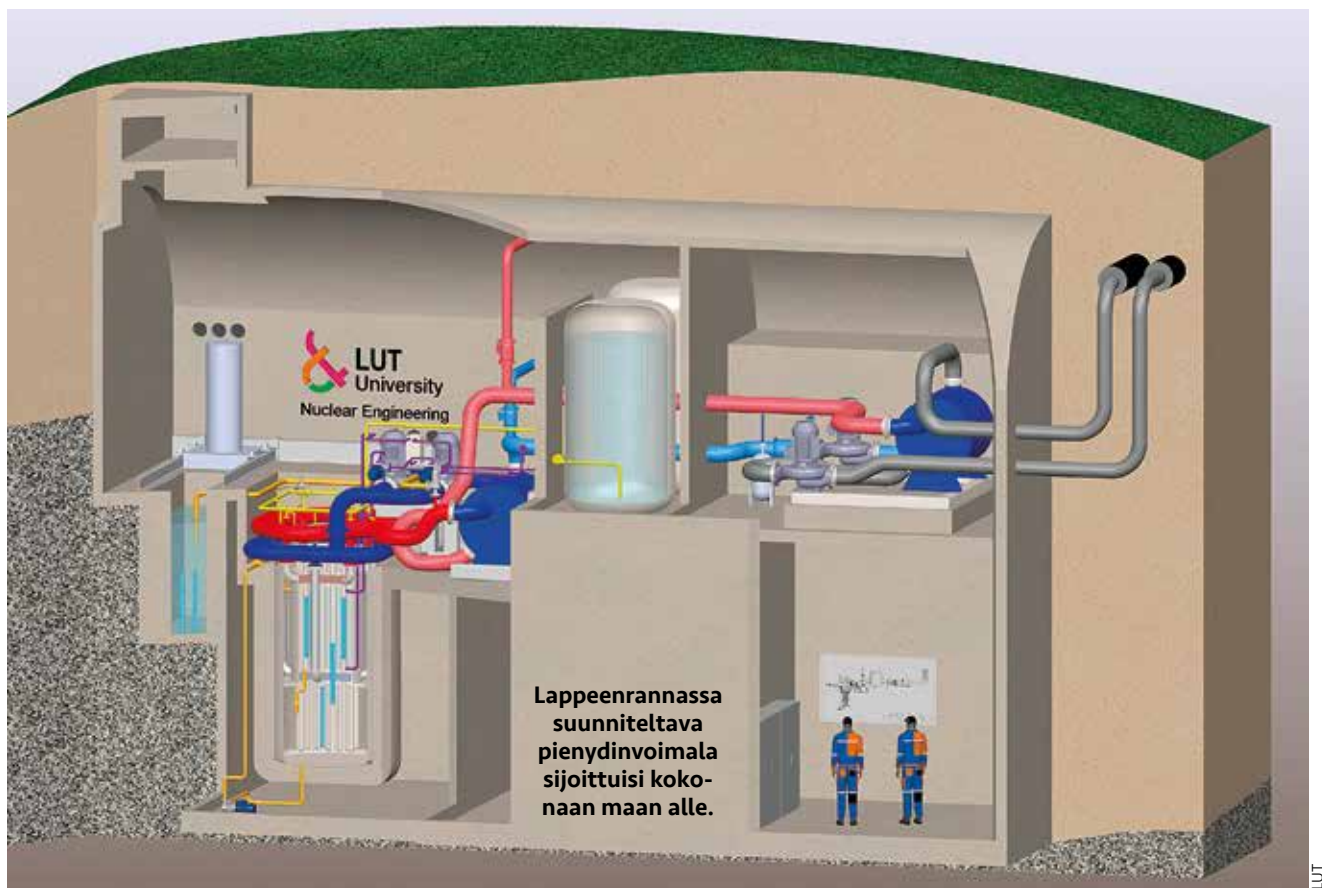
Työtä Suomeen ja bisnestä ulkomaille

Suuri kysymys on, miten saada kunta-päättäjät vakuuttumaan ydinvoimasta, kun uusiutuvat energiamuodot kehittyvät ja halpenevat huimaa vauhtia.

» » »

paikka”

Professori Juhani Hyvärinen tarjoaisi LUT-yliopiston kehittämää pienydinreaktoria ensimmäiseksi kunnallisille energiayhtiöille.



Huolta aiheuttavat myös pienydinreaktorien turvallisuus ja jäteongelmat.

”Energiategollisuuden viime kyselyssä yli puolet vastanneista kannatti ydinvoimaa energian tuotantomuotona. Myös useiden kaupunkien valtuustoissa on käsitellyssä aloitteita, joissa selvitetään ydinvoimaa kaupungin omana energialähteenä”, Hyvärinen muistuttaa.

Vihreiden helsinkiläinen kansanedustaja ja kaupunginvaltuutettu **Atte Harjanne** teki vuonna 2017 valtuustaloitteen pienydinreaktorien hyödyntämisestä pääkaupungin energiatuotannossa.

”Tuolloin moni tuntui pitävän sitä ihan huuruiluna, mutta perustelut olivat hyvät. Ja kappas vaan, nykyään pienydinvoima mainitaan esimerkiksi kaupungin energiayhtiön Helenin tulevaisuuden arvioissa”, Harjanne huomauttaa.

Entä miten hänen myönteinen kantansa pienydinvoimaloihin on otettu vastaan omassa puolueessa? Ydinvoiman vastustaminen on ollut Vihreän liikkeen käyttövoima koko sen 40-vuotisen historian ajan.

”Puolueen sisältä on tullut rohkaisevaa palautetta. Kritiikkiä taas siitä, että pienreaktoripuheen pelätään viivyttä-

vän nopeampia toimia. Näin ei saa olla, yhden teknologian kehittäminen ei ole syy viivytellä muiden hyödyntämistä.”

Jos päättäjien taivuttelu lisäydinvoiman kannalle ei onnistu, Juhani Hyvärisellä on vielä ässäpari hihassa. Pienydinreaktorin tuotteistaminen ja kaupallistaminen tuovat Suomeen työtä ja bisnesmahdollisuuksia.

Professorin mielestä nyt on ”pienelle ja ketterälle pelipaikka”.

”Voimalat rakennettaisiin tehtaissa sarjatuotantona ja koottaisiin rakennuspaikalla. Kokonaisuuden veisi läpi toimituskonsortio, jossa kaikki osapuolet puhaltavat yhteen hiileen. Näin vältetään tilaaja-toimittajasuhde, joka menee Olkiluodon tapaan helposti riitelyksi.”

”Konepajateollisuutemme pystyy tekemään lähes kaikki pienydinvoimalan komponentit. Tässä on suomalaiselle teollisuudelle oiva mahdollisuus rakentaa ensin itselle ja myydä sitten muualle, Ruotsiin, Baltian maihin ja Puolaan”, Hyvärinen uskoo.

LUT on mukana myös VTT:n alkuvuonna käynnistämässä kehityshankkeessa. Sen tarkoitus on luoda teollisuusyhteisliittymä, joka valmistaisi suurimman osan pienydinvoimalan vaatimista komponenteista.

Tutkimuskohteena vedyntuotanto

VTT:n tutkimusryhmäpäällikkö **Ville Tulkki** ottaa vieraan vastaan laitoksensa ydinturvatalon pihamaalla Espoon Otaniemessä. Tutkija kysyy heti kynnärpääpötkäyksessä, haluanko esimerkiksi pienydinreaktorista.

”Tuossa se on seinän takana, 250 kilowatin reaktori massiivisessa vesialtaassa. Ollut jo 1960-luvulta asti. Myös Budapestin yliopiston kampuksella on pienydinreaktori ja toinen viiden kilometrin päässä kaupungin keskustasta.”

Tulkki johtaa VTT:n ja LUT:n yhteistä EcoSMR-hanketta, joka selvittää muun muassa pienydinreaktorien taloudellisuutta ja bisnesmalleja. Yrityskumppaneita on mukana yhdeksän, muun muassa Fortum, Teollisuuden Voima ja Helen.

Ennen koronaa Tulkki kollegoineen kiersi tunnustelemassa muidenkin yritysten suhtautumista pienydinvoimaloihin.

”Toistaiseksi vallitsee epävarmuus, yritykset ja alihankkijat haluavat tietää enemmän.”

Raha on iso kysymys. Kiinassa kaukolämpöreaktorin hinta on noin 500 euroa kilowattia kohden, eli siellä

”Ilmastonmuutokseen ei löydy rokotetta”

VTT:n toimitusjohtaja Antti Vasara on listannut viisi toimialaa, jotka voivat nostaa Suomen teknologiamaiden etujoukkoon ja samalla ratkaista aikamme suuria ongelmia.

Alat ovat pienydinreaktorit, muovin kemiallinen kierrätys, biotekninen ruuantuotanto, kvanttiteknologia ja materiaalien käytön optimointi.

”Ne voivat saada aikaan perustavanlaatuisen muutoksen ja tuottavuuden kasvun”, Vasara sanoo.

Hänen mukaansa ihmisten on vielä vaikea ymmärtää, kuinka valtavia ongelmia ilmastonmuutos ja luonnon monimuotoisuuden katoaminen voivat aiheuttaa.

”Yhtään vähättelettä koronaviiruksen aiheuttamia inhimillisiä kärsimyksiä pandemia on kuitenkin rokotteella hoidettava asia. Kun ilmastonmuutos etenee tiettyyn vaiheeseen, paluu entiseen on pitkä kaari. Ilmastonmuutokseen ei löydy rokotetta”, Vasara painottaa.

”Jos me emme nyt oivalla ottaa asiaa vakavasti, muistamme tulevaisuudessa koronapandemiaa siitä, kuinka helpolla viruksesta päästiin.”

Eksponentiaalista toivoa

VTT:n toimitusjohtajan on uskottava suomalaisen teknologiaan jo työnsä puolesta, mutta Vasaran usko on lujempaa laatua. Sitä kuvastaa miehen tekemän yhteenvedon otsikointi: *Suomen tie huikkeaan tulevaisuuteen – Eksponentiaalisen toivon lista.*

”Nyt pitää saada terävimmät aivot

innostumaan ja houkutelua ne vaikkapa ydinreaktorien tai kvanttiteknologian pariin”, Vasara kannustaa.

Suomalainen talouselämä on ottanut Vasaran listan vastaan kiinnostuneena. Mies itse on toivonut eksponentiaalisen toivon listalleen sadan miljoonan euron rahoitusta.

Hän ei ensimmäisenä säntäisi valtion rahasäkille vaan peräänkuuluttaa päätäjiltä innostavaa otetta ja kasvualustan luomista uusille ideoille.

”Julkinen raha on katalysaattori, jolla kannustetaan yksityinen mukaan. Valtion pitäisi lähteä modernisoimaan varovaista regulaatiotaan. Esimerkiksi muovin kemiallinen kierrätys olisi teknoeconomisesti mahdollista, mutta lait tulevat vastaan.”

Vasaran mukaan ei tarvita **Warren Buffettin** sijoittajankykyjä, kun ennus-

taa vähähiilisestä tuotantotavasta tulevien vuosien voittajaa. Toki tulevaisuus on myös täynnä arvoituksia.

”Tilanne kvanttiteknologian kehityksessä muistuttaa transistorin ja mikropiirin keksimisen aikakausia. Jotain valtavaa syntyy: se voi tulla hitaasti tai nopeasti, mutta kun se tulee, maailma muuttuu peruuttamattomasti.”

Maailma muuttuu, mutta onko ydinvoimalla ja pienreaktoreilla tulevaisuutta? Kysymyksen myötä Vasara palaa yllättäen menneisyyteen.

”Jos 1970-luvulla olisi tapahtunut ydinenergiavallankumous, olisimme ilmastonmuutoksen kanssa paremmalla käyrällä. Uskon, että ydinenergia uskalletaan ottaa laajemmin mukaan energiapalettiin. Vaihtoehtoja ei ole hirveästi.”

Suomella on osaamista ja mahdollisuus huikkeaan tulevaisuuteen, Antti Vasara vakuuttaa.



suunniteltu 400 megawatin laitos maksaa noin 200 miljoonaa euroa ynnä käyttökustannukset.

”Vaikka Suomeen soveltuvan laitoksen rakennushinta per kilowatti olisi kaksin- tai kolminkertainen kiinalaiseen verrattuna, se voisi silti olla kilpailukykyinen”, Tulkki laskee.

VTT päätti lähteä tunnustelukierroksen perusteella viemään reaktori-

hanketta tutkimus edellä. Yhtenä kimmokkeena on EU:n vihreän kehityksen ohjelma, jossa vetytalous on merkittävässä roolissa.

Tulkki näkee lähes päästöttömän vedyn tuottamisen ydinenergian avulla mielenkiintoiseksi tutkimuskohteeksi.

”Ydinreaktorin tuottama lämpö nostaisi vedyntuotannon hyötysuhdetta. Lämpö otetaan lämmönvaihtimien

kautta joko kuumentamaan höyryä korkean lämpötilan elektrolyysereille tai katalyyttisen termolyysin lämmöntarvetta varten.”

Tulkin mielestä vetytutkimus on jäänyt meillä uusiutuvien energialähteiden jalkoihin. Asiaan pitäisi saada muutos, sillä muun muassa Japani, USA, Ranska ja Venäjä kehittävät ve-

» » »



VTT:n kuumakammioissa tutkitaan säteileviä rakennemateriaaleja. Tarkoituksena on varmistaa näin ydinreaktoreiden pitkän ajan käyttöturvallisuus.

dyntuotantoon sopivaa pienydinreaktoria kovaa vauhtia.

”Vety on tulevaisuuden energiamuoto teräs- ja meriteollisuudessa, biotuote-tehtaissa ja kulkuneuvoissa. Tätä tarkas-
telemme ensi vuonna alkavassa EU:n Horisontti Eurooppa -tutkimusohjelmassa.”

Terroristit ja hakkerit kuriin

Kun teollisuus vaatii lisää tietoa, myös viranomaiset ovat tiukan paikan edessä. Maailmalla on kehitteillä yli 50 pienreaktoria, jotka vaihtelevat huomattavasti tehoiltaan, tekniikaltaan ja käyttötarkoitukseltaan.

”On mahdotonta arvioida kaikkia pienreaktori-termin kattamia konsepteja. Suomessa ei ole tehty yhtään pienreaktoreihin liittyvää lupahakemusta, joten Stuk ei ole arvioinut yhdenkään konseptin turvallisuutta”, sanoo Säteilyturvakeskuksen johtava asiantuntija **Minna Tuomainen**.

Suomen lupamenettely edellyttää, että jokainen ydinvoimala hankkii luvat erikseen. Työ- ja elinkeinoministeriön tuore raportti kuitenkin esittää, että samaa teknologiaa käyttävät pienydinvoimalat käsiteltäisiin yhtenä kokonaisuutena.

”Ydinenergia-asioissa on jatkuvan oppimisen ja parantamisen filosofia.

”Ydinenergiatutkimukseen kuuluu jatkuvan oppimisen ja parantamisen filosofia.”

Myös luvituksessa olisi syytä hyödyntää maailmalla tehtyä työtä”, sanoo VTT:n Tulkki, joka pitää pienydinreaktoreita hyvänä kohteena myös standardoinnille.

Tulkki koordinoi myös vuonna 2019 alkanutta, EU:n rahoittamaa Elsmor-projektia (*Towards European Licensing of Small Modular Reactors*), jossa keskitytään ydinturvallisuuteen ja ratkomaan pienydinreaktorien esteitä.

”Analysoimme muun muassa turvallisuuslaitteistoja sekä polttoaine- ja jätehuoltoa. Pienydinreaktorien turvallisuus pohjautuu usein passiivisiin turvatoimintoihin. Ne eivät vaadi sähköä vaan toimivat luonnon prosessien, kuten painovoiman, avulla.”

Tulkki painottaa moneen kertaan, että asutusten lähelle rakennettavien pienydinvoimaloiden on oltava teknologisesti turvallisia. Käytetyn polttoaineen loppusijoitusta hän pitää riittävänä ratkaisuna. Se takaa, että ydinjäte ei jää tulevien sukupolvien kontrolle.

”Jos koko Suomi tuottaisi lämpönsä ydinenergialla, se veisi noin puolet Olkiluoto 3:n tuotannosta. Jätettä ei tulisi massiivisesti lisää. Mikäli nykyiset, Posivan 400 metrin syvyyteen louhitut tilat eivät riitä, löytynee muitakin

kallioita.”

Jos ydinenergian käyttö maailmalla moninkertaistuu, aletaan hänen mukaansa puuhata suljettua polttoainekiertoa.

”Mutta se on suurten maiden asia, meillä ei siihen ole voimavaroja.”

Entä sitten terrorismi ja hakkerointi? LUT:n Juhani Hyvärisen suunnitelmassa reaktorit rakennetaan maan alle. Siellä kulkevat myös kaukolämpöputket ja sähkökaapelit. Maanpinnan tasossa on tilojen katto ja sen päällä sorakasa.

”Sitten voi pudottaa sellaisen pommin kuin tykkää. Siinä sora vain pöhlää.”

Hakkerointi pystytään Hyvärisen mukaan estämään sillä, että laitoksen ohjaus ei ole yhteydessä internetiin. Muitakaan avoimia yhteyksiä ulkomaailmaan ei saa olla.

”Näinhän jo useat isot ydinvoimalat on suunniteltu.”

”Nopeat projektit ja taloudellinen hyöty”

Energiayhtiö Fortumin ydinvoiman tutkimuksen ja tuotekehityksen päällikkö **Eero Vesaja** näkee monet pien-

Greenpeace epäilee

Ympäristöjärjestö Greenpeacen ilmasto- ja energiavastaava **Olli Tiainen** on pienydinreaktorien kehittäjien kanssa yhtä mieltä siitä, että ilmastonmuutosta on hillittävä. Keinot vain ovat erilaiset.

”Tällä hetkellä Pohjoismaissakin saadaan nopeinta, halvinta ja puhtainta sähköä tuulivoimasta. Kaukolämmön osalta tärkeintä on, että fossiilista ja turpeesta päästään eroon nopealla aikataululla eikä odotella, josko pienydinreaktorit onnistuisivat.”

Greenpeace muistuttaa, että kaukolämmön tuotantoon on jo tarjolla vaihtoehtoja. Fossiiliset polttoaineet ja biomassa voidaan korvata esimerkiksi suurilla lämpöpumpuilla, joiden tarvitsema sähkö tuotetaan tuulivoimalla.

”Lisäksi apuun tulevat geotermien energia ja keskisyvä maalämpö. Myös taloyhtiöt tuottavat yhä useammin lämpönsä pienillä lämpöpumpuilla, jotka on liitetty kaukolämpöverkkoon.”

”Suomi luopuu kivihilestä 2030 mennessä, ja turpeesta pitää luopua samassa aikataulussa. Tähän aikatauluun pienydinreaktorit eivät taivu. Alan ehkä tunnetuimman yhdysvaltalaisen NuScale-reaktorin aikataulu

on venähtänyt vuodesta 2026 jo vuoteen 2029”, Tiainen sanoo.

Greenpeace ei innostu myöskään ajatuksesta, että kunnalliset energia-yhtiöt lähtisivät tuottamaan kaukolämpöä ydinvoimalla.

”On vaikea nähdä, että niillä olisi rahkeita, osaamista tai halua lähteä ydinvoimabisnekseen. Raha on tiukassa ja osaamisen rakentaminen vie aikaa. Esimerkiksi Fennovoiman ongelmien takana on ollut osin osaamisen puute.”

Tiainen toteaa, että myös pienet ydinreaktorit tuottavat jätettä, jonka kohtalo pitää ratkaista.

”Lämmöntuotannossa ydinreaktorit olisi ripoteltava suurten asutuskeskusten lähelle hajalleen, jolloin myös käytetyn polttoaineen kuljetukseen liittyvät riskit kasvavat.”

Hänen mukaansa pienydinreaktorien sijoituspaikkojen pohdinnassa on syytä ottaa huomioon, että kaikenkokoisille ydinlaitoksille vaaditaan kunnan suostumus.

”Pidän todennäköisempänä, että jos pienydinreaktoreista tulee totta, niitä käytetään sähkön tuotantoon. Lisäksi ne sijoitetaan nykyisten isojen laitosten yhteyteen tai korvaamaan käytöstä poistettavia suuria reaktoreita.”

ydinreaktorin ominaisuudet oiviksi työkaluiksi sekä sähkön, lämmön että vedyn tuotannossa.

Fortumilla on jo vuosia ollut oma pienydinreaktorien tutkimusprojektinsa, joka liittyy reaktorien arviointiin ja hyödyntämiseen.

”Tutkimme niiden uusia teknisiä ominaisuuksia ja kehitämme valmiuksiamme tulosten analysointiin. Lisäksi tarjoamme ja teemme töitä muille pienreaktorien hyödyntäjille”, Vesaoja kertoo.

Hän uskoo pienydinreaktorien olevan osa ydinvoiman tulevaisuutta mutta ei lähde arvioimaan niiden osuutta Suomen tulevien vuosien energiatuotannossa.

”Siihen vaikuttavat muun muassa sääntely ja markkinatilanne. Täytyy muistaa, että pienydinreaktoreiden kaupallinen käyttö ei ole vielä alkanut, ja useita laitostyyppäjä on vielä kehitteillä.”

Vesaoja laskee pienydinreaktorien eduiksi nopeat projektit ja taloudellisen hyödyn.

”Pienydinreaktorien kehitystyö vaatii laitostoimittajilta suuria taloudellisia panostuksia, koska ensimmäiset laitokset tuskin saavuttavat sarjatuotannon etuja. Alkuvaiheessa pienreaktorit saattavat olla ilman tukia tappiollisia.”

Myös Vesaoja muistaa kehua pienydinvoimaloiden osuutta ilmastonmuutoksen torjunnassa.

”Ydinvoima on tehokas ja päästötön energiantuotantomuoto. Ongelma on, että hyödyt tulevat pitkällä tähtäimellä, mutta kustannukset sen sijaan laukeavat etupainotteisesti.”

Monet maat tukevat laitostoimittajia teknologian kaupallistamisessa.

”Laitosten käyttöönottoa edistäisi, että niille asetetut vaatimukset olisivat kansainvälisesti mahdollisimman samanlaiset. Näin sarjatuotanto ja oppi aiemmista projekteista toteutuisivat tehokkaasti.”

Vielä pienydinreaktoreille ei löydy tilaa suomalaisyhtiön energiatuotannossa.

”Fortum seuraa pienreaktorien kehitystä ja projekteja maailmalla, mutta meillä ei tällä hetkellä ole omia suunniteltavia pienreaktorien käytöstä.” □



Juha Granath

Ville Tulkin johtama tutkijaryhmä ei ole hetkeen päässyt hyödyntämään opetuskäytössä olevaa Otaniemen pienreaktoria. Koronaepidemian takia työtä on tehty etänä.

Kirjoittaja on vapaa toimittaja.
juha.granath@saunalahti.fi