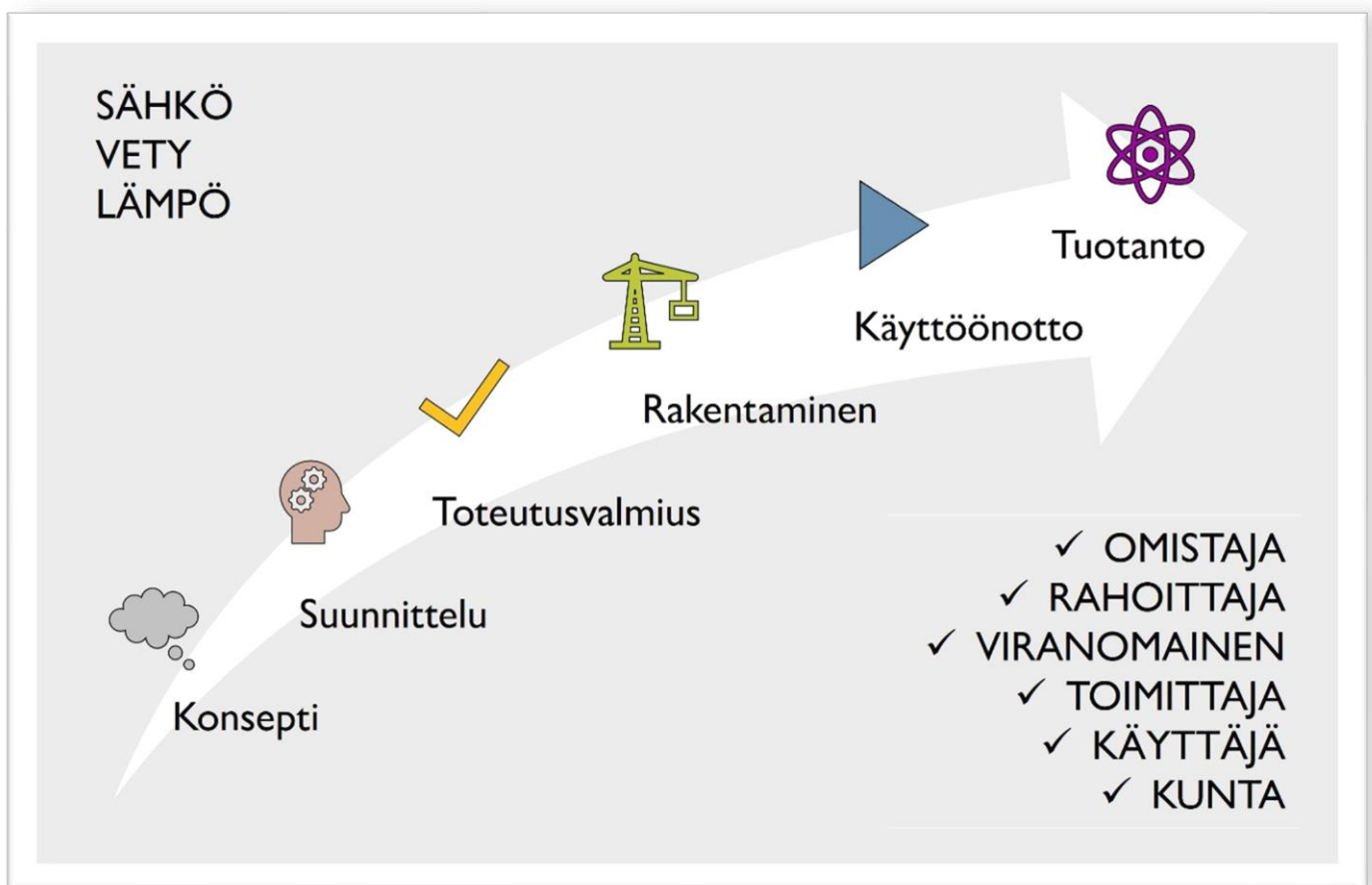


Selvitys TEM:lle

SMR-teknologian toimintamallit



Timo Okkonen

Reqris Oy

2023

Sisältö

1. Johdanto.....	3
2. Toimintaympäristömme nyt.....	4
3. Periaatteelliset edellytystekijät.....	6
4. Uudet SMR-toimintamallit.....	9
4.1 Omistus ja rahoitus.....	11
4.2 Luvitus ja toimitus.....	11
4.3 Käyttö- ja aluetoiminta.....	13
5. Mahdollisuudet ja haasteet.....	14
5.1 Suomi on vakaa mutta voisi myös edistää.....	15
5.2 Investointien liiketoimintaperusteet löytyvät.....	15
5.3 Toimitusvalmius ja käytön tuki ratkaisevat.....	16
5.4 Osaaminen ja uusi säännöstö mahdollistavat.....	18
6. Visio 2030 – suomalainen ydinekosysteemi.....	19
Liite 1 – Suomalainen SMR-pelikirja.....	21

1. Johdanto

Uudet modulaariset SMR (Small Modular Reactor) -teknologiat ovat vahvasti esillä tulevaisuuden ydinvoimaratkaisuksi. Nämä reaktorit ovat nykyisiä suuria laitostyyppisiä pienempiä, eri SMR-mallien koon vaihdellessa hyvin pienistä keskikokoisiin. Tavoitteena on käyttää samaa vakioitua mallia monissa paikoissa ja saavuttaa näin ne oppimis- ja skaalautumishyödyt, jotka tekisivät hankkeista onnistuneita ja tuotannosta kaupallisesti kannattavaa. Reaktorien suunnittelussa pyritään yksinkertaisuuteen ja korkeaan turvallisuustasoon, hyödyntäen ydinvoima-alan kaikki opit ja kokemukset.

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) tilasi tämän selvitystyön 1.2.2023, määritellen selvitystyön tavoitteet seuraavasti:

Selvityksen tavoitteena on esittää liiketoiminnan ja käyttötoiminnan periaatteita ja toimintamalleja, jotka soveltuvat SMR-teknologian hyödyntämiseen sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä mahdollisessa yhdistetyssä vedyntuotannossa. Lisäksi selvityksen tulisi kuvata lain vaatimien luvanhaltijan vastuiden hoitamista ja näihin liittyvien tehtävien jakamista hankkeiden eri kehitysvaiheissa.

SMR-hankkeiden etenemisessä on tärkeää ymmärtää, miten tällainen energiantuotanto toteutettaisiin Suomessa kannattavasti ja turvallisesti. Myös luvanhaltijan käsitteen ja velvoitteiden täyttämisen arvioimiseksi on tunnistettava avaintoiminnot ja niiden keskeiset piirteet.

Selvityksen tekijänä toimi TkT Timo Okkonen (Reqrıs Oy) ja TEMistä työtä ohjasivat puolestaan teollisuusneuvos Liisa Heikinheimo (30.4.2023 asti) ja erityisasiantuntija Jaakko Louvanto. Selvityksen tulokset pohjautuvat työpajoihin, joihin osallistuivat edellä mainittujen lisäksi kokeneet asiantuntijat Fortumista (ensin Petra Lundström ja sen jälkeen Olli Kymäläinen), STUKista (Tapani Virolainen) ja TVO:lta (Sami Jakonen).

Työpajoissa tunnistettiin periaatteellisia kysymyksiä, keskusteltiin uudentyyppisistä SMR-toimintamalleista, sekä syvennyttiin hankkeiden ja käyttötoiminnan kysymyksiin. Työpajat olivat vilkkaita ja tuotteliaita tapaamisia, joissa kaikki osallistujat pohtivat mahdollista SMR-tulevaisuutta koko toimialan kehityksen näkökulmasta.

Selvityksen tekijä laati keskustelujen pohjalta raporttiluonnoksen ja päivitti sen toimeksiantajan edustajien ja työpajoihin osallistuneiden kommentit huomioiden. Tuloksena syntyi tämä raportti, joka tiivistää esille tulleita ajatuksia SMR-teknologian käytön edellytystekijöistä, uusista vaihtoehtoisista toimintamalleista sekä SMR-

kehityksen mahdollisuuksista ja haasteista Suomessa. Raportin lopussa esitetään visio suomalaisesta ydinekosysteemistä vuonna 2030.

2. Toimintaympäristömme nyt

Suomi on kokoluokassaan ainutlaatuinen ydinvoimamaa. Ydinvoiman rakentamisesta ja käytöstä on kertynyt kokemusta yli 50 vuoden ajalta. Käyttökokemukset ovat erinomaisia ja ydinjättekäsytystä on löydetty turvallinen ja toteutukseen edennyt ratkaisu ensimmäisenä maailmassa. Kaikki luottavat turvallisuusviranomaiseen (STUK) ja alan hyväksyttävyyttä on yhteiskunnassa korkealla tasolla. Viimeisimmät laitos-hankkeet ovat olleet haastavia, koska ne käynnistyivät parin vuosikymmenen hiljaisen kauden jälkeen. Niistä kertyneet opit auttavat tulevien hankkeiden valmistelussa.

Alan säännöstöä ollaan uudistamassa laki- ja asetustasolla TEMissä ja tämän lisäksi viranomaismääräysten ja -ohjeiden osalta STUKissa. Nykyinen säännöstö on luotu suuria laitostyösköitä ajatellen. Se ei estä SMR-hankkeiden etenemistä muttei toisaalta palvele parhaalla tavalla toimialaa enää nykyiselläänkään. Säännöstöön kaivataan selkeyttä sekä mahdollisuuksia uusiin etenemis-, ratkaisu- ja toimintamalleihin. Tämä selvitys ei analysoi säännöstöä vaan tarkastelee ydinvoima-alan tulevaisuutta ja kehitystä teollisuuden ja liiketoiminnan näkökulmista: miten SMR-hankkeet voisivat edetä ja mitä uusia ratkaisu- ja toimintamalleja ne voisivat tuoda mukanaan?

Ydinvoima-ala on yhtäältä kansallinen ja toisaalta vahvasti kansainvälinen. 2000-luvun alussa suomalaiset olivat niitä harvoja, jotka halusivat rakentaa uutta ydinvoimaa. Nyt tilanne on erilainen emmekä toimi enää asiakkaan markkinassa suhteessa laitos-toimittajiin. Emme voi välttämättä odottaa saavamme hyviä tarjouksia varsinkaan, jos vaadimme toimituksiin monia teknisiä muutoksia ja omia käytäntöjämme.

On myös huomattava, että SMR-toimittajat pyrkivät nyt siihen korkeaan turvallisuustasoon ja käyttövarmuuteen, joita STUK ja suomalainen teollisuus ovat edistäneet niin Suomessa kuin kansainvälisen yhteistyön kautta. Moninkertaiset syvyysuuntaiset puolustuslinjat, merkittävien säteilyvaikutusten poissulkeminen ja laitosten korkea käyttöaste ovat jo laajasti hyväksytyjä tavoitteita. SMR-toimittajat haluavat osoittaa, että uusi teknologia on turvallisuuden ja taloudellisuuden kannalta edistyksellistä.

SMR-teknologioita on kehitteillä ja tarjollakin todella monia. Tavanomaisiin vesi-jäähdytteisiin reaktorityyppeihin pohjautuvat, keskikokoiset SMR-mallit ovat etenemässä kohti rakennusvaihetta esimerkiksi Kanadassa. Ruotsi ja Viro selvittävät vastaavia mahdollisuuksia sähköntuotantoon. Suomessa tehdään parhaillaan aktiivisesti teollisuuden esiselvityksiä ja kaukolämpöön tähtäävää kehitystyötä. Kansainvälisesti tutkitaan ja kehitetään lisäksi eri kokoisia vedellä, kaasulla, sulalla metallilla tai sulasuolalla jäähdytettäviä SMR-malleja, joista useimmat ovat toki vielä konseptitasolla.

Tämän selvityksen työpajoissa ei rajattu pois teknologiavaihtoehtoja. Ajatuksia ohjattiin kolmea käyttökohdetta ja niiden yhdistelmiä tarkastellen: (1) sähkön tuotanto verkkoon, (2) sähkön tai höyryn tuotanto teolliselle käyttäjälle esimerkiksi vedyn tuotantoa varten, sekä (3) paikallisen kaukolämmön tuotanto.

Kaupallisista asioista ei keskusteltu työpajoissa eikä muutenkaan tämän selvityksen yhteydessä. Ydinvoiman hyödyntäminen on hyvin pääomavaltaista, joten vaadittava investointi ja pääoman hinta määräävät energiantuotannon kustannustason. Laitoksen käyttökustannukset ja suorituskyky vaikuttavat, mutta pääomakulujen taso on määräävä tekijä investointipäätöksissä. Sama pätee SMR-teknologiaan. Ydinkaukolämpö voi muodostaa poikkeuksen, jos reaktoripaine on matala ja tekninen toteutus siksi vähemmän vaativaa. Suhteellisesti suurempi osa kustannuksista tulee tällöin käytöstä, polttoaineesta ja jätehuollosta, ja lisäksi laitosten käyttöaste voi jäädä matalammaksi.

Ydinvoimainvestoinnin liiketoiminnalliset perusteet määräävät uusien hankkeiden toteutumisen. Tärkeitä tekijöitä ovat markkinakehitys ja kysyntä, hintakehitys ja ostosopimukset, kokonaistuotanto ja mittakaavaedut, sekä vakioitujen yksikkötoimitusten arvioidut oppimishyödyt kustannusten ja aikataulun pitävyyden kannalta. Viime kädessä on kyse riskien hallinnasta eli liiketoimintamahdollisuuksista ja -uhista.

Yleisesti on tiedossa, että sähkömarkkinan kehitys on johtanut ajoittain mataliin hintoihin ja Ukrainan sodan aikaansaama häiriö jää tilapäiseksi. Silti ydinvoima voisi olla kilpailukykyinen nykyhinnoillakin. Nykyisen tyyppistä sähkömarkkinaa ei kuitenkaan nähdä yleisesti ydinvoimainvestointeja houkuttelevaksi. Pörssihintojen vaihtelu luo odotuksia uusien SMR-konseptien tehon säädettävyydelle, mutta kuten aiemminkin, ydinvoimatuotannon vakaus tekee siitä oivan ratkaisun ennen kaikkea hiilivapaata energiaa tarvitsevalle teollisuudelle. Tätä kiihdyttäisi ydinvoiman hyväksyntä energiamurroksen yhdeksi kestäväksi osaratkaisuksi EU:ssa. Se taasen edellyttää huomion keskittämistä oleelliseen eli ilmasto- ja ympäristöystävälliseen kehitykseen.

3. Periaatteelliset edellytystekijät

SMR-hankkeet voivat toteutua samaan tapaan kuin aiemmat laitoshankkeet, joissa laitoksen tilaava ja omistava voimayhtiö toimii luvanhakijana. Toisaalta on mahdollista, että lupaa hakee hankeyhtiö, jonka on tarkoitus muuntua vaiheittain ilman varmaa tietoa lopullisista omistussuhteista. Jos hankkeen omistaja ei tähtää ydinvoimaosajaksi, voi suunnitelmissa olla toisen yhtiön kytkeminen laitoksen käyttäjäksi. Nämä ovat esimerkkejä uusista piirteistä, joita SMR-hankkeet voivat tuoda mukanaan.

Kuva 1 esittää SMR-hankkeen mahdollisen etenemisen konseptivaiheesta kaupalliseen tuotantoon. Hankkeella tarkoitetaan tässä joko yhden tai useamman reaktoriyksikön rakentamista, mikä edellyttää eri sidosryhmien odotusten hyvää hallintaa. Kuvaan 1 on otettu mukaan omistajan, rahoittajien, viranomaisten, toimittajien, käyttäjien ja laitoksen sijoituspaikan kannalta oleelliset näkökulmat viidessä eri vaiheessa. Kuvan alla näkyvät omistajan päätökset siirtymisestä uuteen hankevaiheeseen. Suluisa esitetyt etenemisajat ovat viitteellisiä ja riippuvat yksittäisen hankkeen piirteistä.

Päävaiheet Sidosryhmät	Konsepti	Suunnittelu	Valmius	Rakentaminen	Tuotanto
Omistaja ja hankeorganisaatio	Kokonaissuunnitelma ja riskien hallinta	Laitospaikan, -teknologian ja -toimittajan valinta	Toimitus-sopimus	Omistajan työt	Energian kysyntä
Investointi ja rahoitus	Taloudellinen toteutettavuus	Investointipäätöksen ja rahoituksen valmistelut	Investointi-päätös	Hankkeen eteneminen	Laitoksen suorituskyky
Viranomaiset ja luvitus	Periaatepäätös ja konseptiarviointi	Ympäristölupa ja rakentamislupahakemus	Rakentamis- ja rakennuslupa	Kelpoistus ja käyttö lupa	Polttoainelataus ja käyttöönotto
Toimittaja ja toimitusketju	Tekninen toteutettavuus	Toimitusprojektin kehitys ja tekninen suunnittelu	Projektin hallinta	Toimitukset ja rakentaminen	Polttoaine- ja palvelutoimitukset
Käyttötoiminta ja kunnossapito	Jätteiden hallinta	Käytön toimintamallit ja organisointi	Laitospaikan valmistelut	Käyttöorganisaation viimeistely	Käyttö, kunnossapito ja elinkaaren hallinta
Kunta ja talousalue	Sidosryhmien osallistaminen	Maakunta-, yleis- ja asemakaava sekä kunnan suostumus	Paikallinen infrastruktuuri	Palvelut ja viranomaisyhteistyö	Alueen kehittäminen
Tavoite	Arvioitu	Varmistettu	Päätetty	Rakennettu	Käyttöönotettu
Selvitys (esim. vuosi 0)	Suunnittelu (+2)	Valmistautuminen (+2)	Toteutus (+1)	Käyttöönotto (+4)	Tuotanto (+1)

Kuva 1. SMR-hankkeen mahdollinen etenemismalli (vuosiarviot viitteellisiä).

On odotettavissa, että pääosa SMR-hankkeiden edellytystekijöistä on samoja kuin suurten laitosten osalta. Tässä luvussa käsitellään kahdeksaa periaatteellista

edellytystekijää, jotka tarvitaan SMR-hankkeen käynnistämiseen ja onnistumiseen. Erilaisia etenemis-, ratkaisu- ja toimintamalleja avataan seuraavassa luvussa.

Omistajan kyky nähdä kokonaisuus on tärkein SMR-hanketta edistävää omistajaa koskeva edellytystekijä. Suunnitelmallista ja hallittua etenemistä odottavat niin rahoittajat, viranomaiset, toimittajat kuin hankkeessa työskentelevät sekä sijaintipaikan ympäristössä asuvat ja toimivat sidosryhmät. Kokonaisuuteen kuuluvat kuvan 1 aihepiirit sekä omistajan liiketoiminnalliset perusteet ja taloudelliset voimavarat. Periaatepäätöksen hakijalta edellytetään kokonaiskuvaa ja suunnitelmaa yli elinkaaren.

Luvanhakijan valmius hallita eri vaiheet tuo mukanaan askelittain rakentuvan organisaation. Hanke nojaa alussa vahvasti sitä edistäviin ja tukeviin tahoihin. Vaatimukset kasvavat hankkeen edetessä uusiin vaiheisiin ja lopulta SMR-laitoksen käyttöön. Hankkeen hyvä johtaminen on keskeinen menestystekijä aivan alusta alkaen.

Ennustettavuus yli investoinnin elinkaaren on yhtäältä investoijien ja rahoittajien tärkein odotus – ja toisaalta suomalaisen toimintaympäristön suurin vahvuus. Kattava ja selkeä kuva riskeistä, osana omistajan kokonaissuunnitelmaa, luo pohjan järkeville päätöksille sekä tasapainoisille talous- ja aikataulusuunnitelmille.

Hankkeen vaiheittainen eteneminen voi ratkaista hankkeen toteutumisen ja onnistumisen. SMR-teknologiaa käytettäessä hanke voidaan jakaa useampiin reaktoriyksiköihin, jotka valmistuvat ja otetaan käyttöön peräjälkeen. Hankkeen valmistelussa voidaan edetä askelittain, kun etsitään laitosteknologiaa ja -toimittajaa sekä kehitetään hanketta kohti yhden tai usean reaktoriyksikön toimitussopimusta.

Uusi säännöstö voi mahdollistaa sen, että laitos- ja sijoituskonsepteille haetaan viranomaisen esiarviointia ennen rakentamislupaa. Näin edetään periaateasioista yksityiskohtiin, ilman välitöntä tarvetta sitoutua täyteen investointiin ja sen riskeihin. Hyvä johtaminen, päätöksenteko ja sidosryhmien odotusten hallinta vievät hanketta tuloksekkaasti eteenpäin, kasvattaen luottamusta hankkeeseen.

Tarkoituksenmukaiset lupavaiheet ovat kaikkien uusia SMR-hankkeita ideoivien ja suunnittelevien mielessä. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että edessä voi olla hyvin erilaisia SMR-teknologian käyttökohteita, mittakaavoja ja luvanhakijoita. TEMin ja STUKin säännöstöuudistukset ovat tässä avainasemassa. Nykyisetkään lupaprosessit eivät toki ole esteenä kuvan 1 mukaiselle etenemiselle, jossa esimerkiksi jo aiemmin koeteltu SMR-malli voisi olla käytössä noin 10 vuotta esiselvityksen aloittamisesta.

Uudistuneita lupaprosesseja tarvitaan alan uudistumisen mahdollistamiseksi. Lisäksi useita reaktoriyksiköitä käsittävissä SMR-hankkeissa voi olla tärkeää varmistua siitä, että samalle laitospaikalle voidaan sijoittaa useita yksiköitä. Tämän mahdollistava periaatepäätös sekä laitosta, sijoitusta ja ympäristövaikutuksia koskevat esiarvioinnit ja luvat voivat olla investoinnin kannattavuuden ja riskienhallinnan kannalta oleellisia.

Tavoitepohjainen säännöstö on iso tulevaisuuden hankkeiden edellytystekijä. Olemme onnistuneet ydinvoiman turvallisessa ja tuotantovarmassa käytössä, mutta olemme samalla tehneet toimintaympäristöstämme jo liiankin vaatimuslähtöisen. Tuskin pystymme sisäistämään, miten vaikealta esimerkiksi laitostoimittajista tuntuu lähteä uusiin hankkeisiin, joissa lähtökohtana on heille uusien vaatimusten täyttäminen.

Luvanhakijoille on muodostunut keskeinen rooli vaatimusten soveltamisen selkiyttämisessä laitostoimittajan suuntaan ja vaatimusten täyttymisen perustelemiseksi viranomaiselle. Tämä ei ole helppoa kokeneellekaan toimijalle. Jatkossa säännöstöä kehitetään niin, että se antaa tilaa ja luo joustavuutta erilaisille teknisille ratkaisuille ja toimintamalleille. Oleellista on, että laitokset on suunniteltu turvallisiksi, ne toimitetaan laadukkaasti ja niitä käytetään, ylläpidetään ja kehitetään hyvin. Säännöstönkin on ohjattava tähän kokonaiskuvaan, mikä edellyttää laitostoimittajalta ja luvanhakijalta selkeästi perusteltuja ratkaisuja.

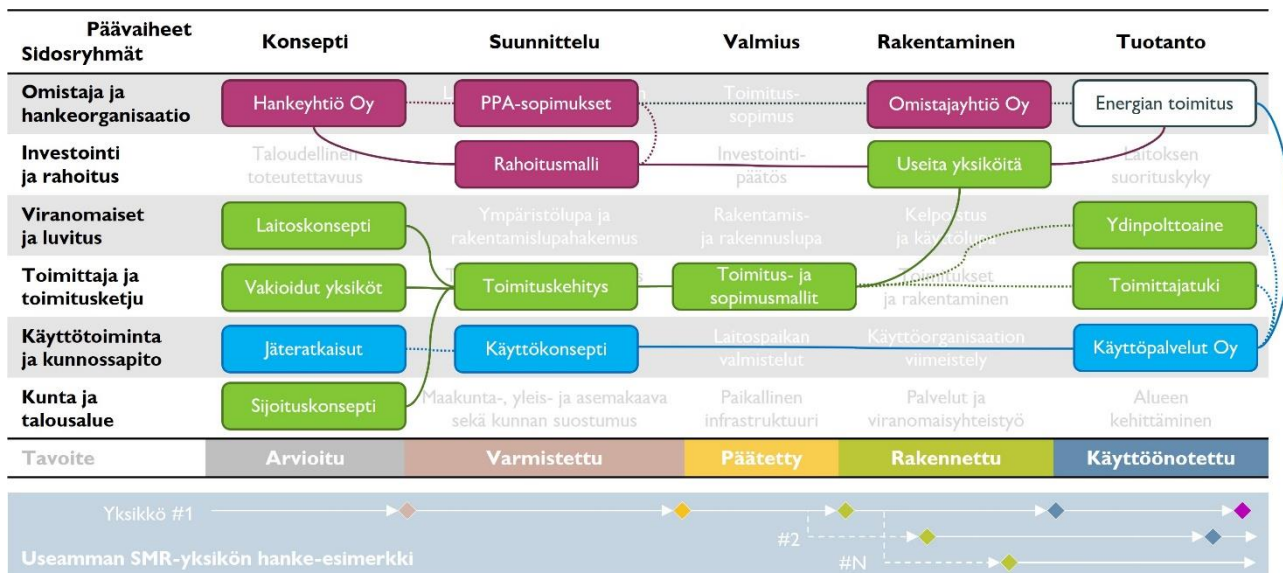
Käyttötoimintaa tukevat palvelut voivat ratkaista sen, että SMR-teknologiaa voidaan käyttää laajemminkin. Palveluiden käyttö on tuttua jo käytössä olevilla laitoksilla, voimayhtiön vahvassa ohjauksessa. Edessä voi olla tilanteita, joissa SMR-laitoksen omistaja suunnittelee perustavansa laitoksen käytön ulkoisten palveluiden varaan. Laitostoimittajat ja heidän kumppaninsa odottavat vastaavia mahdollisuuksia, sillä SMR-teknologiaan pohjautuvan ydinvoiman laajempi ja hajautuneempi käyttö tarkoittaisi keskitetyn palvelutarpeen kasvua. Eri toimijoiden kesken onkin jo syntynyt ajatuksia yhteisistä palveluyhtiöistä. Yksi keskeinen kysymys on, voisiko luvanhaltijana toimia muu yhtiö kuin laitoksen omistaja. Tähän palataan seuraavissa luvuissa.

Ydinvoiman hyväksyttävyyys tuntuu ehkäpä liiankin itsestään selvältä Suomessa. Jokainen hanke on kuitenkin omansa, varsinkin jos tulevaisuuden hankkeissa on aivan uusiakin piirteitä. Kansallisesti hyväksyttävyyys on korkealla tasolla, mutta on muistettava eurooppalainen ja paikallinen hyväksyttävyyys. Koska SMR-teknologian laajempi käyttö kytkeytyy energian käyttöön teollisuudessa ja lämmön tuotannossa, riippuu se ydinvoiman hyväksymisestä osaksi kestäväää energiamurrosta. Suomi ajaa

tätä yhdessä muiden ydinvoimamyönteisten EU-maiden kanssa. Paikallisella tasolla on aiempaan tapaan tärkeää edetä kuuntelemalla sidosryhmiä laajasti ja tarkkaan, osana hankkeen YVA-prosessia. Ydinjätehuolto ja ydinvastuu ovat myös kysymyksiä, jotka voivat vaikuttaa uuteen hankkeeseen. Niihinkin palataan seuraavissa luvuissa.

4. Uudet SMR-toimintamallit

Tässä luvussa käydään läpi SMR-hankkeiden mahdollisia uusia toimintamalleja ja piirteitä, joita on koottu kuvaan 2. Oman ja lainapääoman tarve kasvaa hankkeissa vaihe vaiheelta, pysyen tyypillisesti maksimissaan prosenttiluokassa kokonaisinvestoinnista ennen isojen komponenttien tilaamista ja valmiusvaiheen alkua.



Kuva 2. Mahdollisia SMR-hankkeiden uusia toimintamalleja ja piirteitä.

Hankkeen vaiheistus ja mahdollinen jakautuminen useisiin SMR-yksiköihin vähentävät riskejä huomattavasti verrattuna suuriin laitoksiin. Toisaalta omistajalle ja energian käyttäjille tärkein riski voi liittyä aikatauluun, jolla päästään tavoiteltavaan tuotantoon. Tähän SMR-teknologia tarjoaa varmuutta sitten, kun johtavat teknologiat voidaan toimittaa sarjavalmistukseen ja paikalliseen rakentamisvalmiuteen pohjautuen. Ensimmäisten hankkeiden eteneminen on siis avainasemassa tälle kehitykselle Suomessakin.

Jos hanke käsittää useita SMR-yksiköitä, voivat ne olla samalla hetkellä eri vaiheissa. Ensimmäistä yksikköä seuraavat toimitukset voivat edetä nopeammin ja edullisemmin, kunhan niitä koskevat laitospaikan ja -toimituksen valmistelut on tehty sekä periaate- ja ympäristöluvut ovat valmiina ja voimassa. Jälkimmäiseen voivat vaikuttaa periaatepäätöksessä asetetut määräajat rakentamislupahakemuksen jättämiselle, mikäli hankkeen rakentamis- ja rakennuslupia on tarpeen hakea yksikkökohtaisesti. Joka tapauksessa SMR-hankkeen päävaiheet voidaan kuvata yleisellä tasolla seuraavasti:

- ✓ **Konseptivaihe** pitää sisällään periaatteelliset asiat, joiden pohjalta voidaan toteuttaa ympäristövaikutusten arviointi (YVA) ja hakea periaatepäätöstä yhdelle tai useammalle SMR-yksikölle, joko yhdelle tai useammalle laitospaikalle.
- ✓ **Suunnitteluvaihe** vie hanketta eteenpäin laitospaikan, teknologian ja toimittajavalinnan sekä toimitusprojektien kehityksen, teknisen suunnittelun sekä rakentamiseen vaadittavien lupahakemusten jättämisen kautta.
- ✓ **Valmiusvaiheessa** tehdään päätös yhden tai useamman yksikön rakentamiseksi perustuen rahoitukseen, saatuihin lupiin, toimitussopimukseen sekä toimitusvalmiuden varmentamiseen ja laitospaikan valmistelutöihin.
- ✓ **Rakentamisvaiheessa** rakennetaan SMR-yksikkö tai -yksiköt ja muut tarvittavat laitospaikan toiminnot sekä viimeistellään käyttövaiheen edellyttämän organisaation toiminnot, tarvittavat palvelut ja muut hyödykkeet.
- ✓ **Tuotantovaiheeseen** siirrytään käyttöluvan, käyttöönoton ja ydinpolttoaineen latausta seuraavien tehonnostovaiheiden kautta, minkä jälkeen uusien SMR-yksiköiden hallinta siirtyy tilaajalle eli käyttäjälle ja omistajalle.

Edellä esitetyissä kuvissa 1 ja 2 ei ole erillistä vaihetta laitoksen käytöstäpoistolle, koska ne kuvaavat tuotantoon johtavia hankevaiheita. Käytöstäpoistoon sekä käytetyn ydinpolttoaineen ja ydinjätteiden hallintaan liittyvät kysymykset ovat kuitenkin oleellinen osa luvanhakijan kokonaissuunnitelmaa jo hankkeen alkuvaiheessa.

Tämän luvun seuraavissa osioissa kuvataan SMR-hankkeiden uusia toimintamalleja jakaen ne kolmeen sidosryhmäkokonaisuuteen: omistus ja rahoitus, luvitus ja toimitus sekä käyttö- ja aluetoiminta. SMR-hankkeiden yleisiin mahdollisuuksiin ja haasteisiin pureudutaan seuraavassa luvussa, joten tässä luvussa keskitytään erilaisten etenemis-, ratkaisu- ja toimintamallien esille nostamiseen.

4.1 Omistus ja rahoitus

Omistuksen ja rahoituksen osalta merkittävimmät uudet toimintamallit voivat liittyä omistajayhtiöön, rahoitusmalliin ja näitä mahdollisesti tukevaan, energian käyttäjän kanssa tehtävään tuotannon ostosopimukseen (PPA, Power Purchase Agreement).

Hankkeen omistaja voi olla jo olemassa oleva voimayhtiö, muu teollisuusyhtiö tai esimerkiksi useamman yhtiön perustama, Mankala-periaatteella energiaa käyttäjilleen tuottava yhtiö. Omistaja voi toisaalta olla hankkeeseen sijoittavien yhtiöiden ja hankekehittäjien perustama erityisyhtiö (SPV, Special Purpose Vehicle), jota tässä selvityksessä kutsutaan hankeyhtiöksi. Se voi muuntua hankkeen eri vaiheiden aikana ja saavuttaa lopullisen muotonsa ennen rakentamisen tai kaupallisen tuotannon aloittamista. Hankeyhtiö voi näin ollen omistaa alussa hankeidean, sen jälkeen esimerkiksi SMR-laitospaikan, kehitetyt suunnitelmat ja saadut luvat, sekä lopullisessa omistajamuodossaan kaupalliseen tuotantoon siirtyvät SMR-yksiköt.

Tällainen hankekehitys on tuttua esimerkiksi uusiutuvan tuuli- ja aurinkoenergian puolelta. Samasta suunnasta on mahdollista hakea vaikutteita rahoitusmalliin ja energiantuotannon ostosopimukseen. Ne voivat muodostaa askelittain kehittyvän kokonaisuuden yhdessä hankeyhtiön, investoijien ja lainoittajien kanssa. Tällaiset toimintamallit ovat liiketoiminnallisesti energia-alan toimijoille tuttuja. Ne luovat aivan uusia mahdollisuuksia SMR-hankkeidenkin eteenpäin viemiseen Suomessa. Samalla ne kohtaavat monia erityisiä vastuu- ja kyvykkyyssysymyksiä sekä niihin liittyviä odotuksia. Aiemmat luvanhakijat ovat ratkoneet näitä kysymyksiä perinteiseen tapaan, jossa omistaja toimii luvanhakijana ja -haltijana, laitoksen tilaajana ja tulevana käyttäjänä.

4.2 Luvitus ja toimitus

Lupaprosessien uudistaminen ja SMR-toimitukset sisältävät monia mahdollisia uutuuksia niin etenemis-, ratkaisu- kuin toimintamallien osalta. Näitä tarkastellaan seuraavassa lähinnä toimitusten näkökulmasta, koska jo meneillään olevan säännöstöuudistuksen odotetaan mahdollistavan uusia lähestymistapoja. SMR-hankkeiden oleelliset uutuudet liittyvät seuraaviin tarpeisiin: laitos- ja sijoituskonseptien esiarvioinnit, vakioidut yksikkötoimitukset sekä erilaiset toimitus- ja sopimusmallit.

SMR-laitosta voidaan suunnitella olemassa olevalle laitospaikalle, uudelle laitospaikalle tai useammalle hajautetun tuotannon laitospaikalle. Uutta laitospaikkaa voidaan

puolestaan etsiä eri puolelta Suomea tai läheltä energiaa tarvitsevaa teollisuutta tai kaupunkia. Hankkeen kannalta on hyödyllistä, jos sekä laitos- että sijoituskonseptin osalta voidaan varmistua suunnitteluperiaatteiden ja -perusteiden hyväksyttävyydestä jo ennen rakentamislupahakemusta. Tähän liittyvät viranomaisen esiarvioinnit ovat esillä säännöstöuudistuksessa. Eurooppalaiset viranomaiset käyvät lisäksi keskustelua yhdessä tehtävistä SMR-arvioinneista sekä mahdollisuuksista ja tavoista hyödyntää yhden maan viranomaisarvioinnin tuloksia toisessa maassa.

Kaupallisesti on nähtävissä, että laitostoimittajat pyrkivät vahvasti kohti vakiomallisia toimituksia. Toistettavuus on yhtä lailla tulevien asiakkaiden ja omistajien tavoite. On selvää, että jos laituskonseptista tai SMR-yksiköstä löytyy puutteita, ne pitää korjata. Laitostoimittajakin on tähän valmis, kunhan kyseiset vaatimukset perustuvat oleellisia tavoitteita vaarantaviin riskeihin turvallisuuden, käyttövarmuuden tai elinkaaren hallinnan osalta. Kansainvälisesti hyväksytyihin tavoitteisiin perustuvat säännöstö- ja asiakasvaatimukset luovat tähän vankan pohjan. Sen lisäksi ympäristön asukkaiden, toimijoiden ja eliöstön turvallisuus tulee nähdä arviointikokonaisuutena, jossa yhdistyvät laitoksen koko, turvallisuussuunnittelu, sijainti ja ympäristön piirteet.

Aikaisempien laitoshankkeiden haasteista suurin on ollut toimituskyky eli toimittajan ja toimitusketjun kapasiteetti sekä kyvykkyys ja valmius toimia suomalaisessa ydin-ekosysteemissä. SMR-teknologia ei muuta tätä tilannetta tällä vuosikymmenellä mahdollisesti alkavien hankkeiden osalta. Kaikki toimitusprojektit on valmisteltava huolella niin teknisen kuin hankevalmiuden osalta. Tämä voi tarkoittaa sitä, että hankkeessa edetään ensin suunnitelmia askelittain täsmentäen ja lopulta yksittäisen tai useamman reaktoriyksikön toimituksesta sopien.

Olemme tottuneet ajatukseen, että ydinvoimalaitos toimitetaan kokonaisvaltaisella ja kiinteähintaisella avaimet käteen -sopimusmallilla, mikä selkiyttää hanketta rahoituksen kannalta. Toisaalta tämäkään sopimusmalli ei yksinään takaa rakentamisen onnistumista eikä suojaa kaikilta talous- ja liiketoimintariskeiltä. Pahimmillaan kyseinen sopimusmalli lisää kaupallista vastakkainasettelua ja arkuutta yhteistyöhön, joka edellyttäisi molemmilta osapuolilta yhteistä kokonaisnäkemystä ja vahvaa johtajuutta.

Avaimet käteen -malli ei ole ainoa eikä edes yleisin toimintatapa kansainvälisesti. SMR-teknologian odotetaan toki johtavan vakioituihin standarditoimituksiin. Toimittajan olisi näin mahdollista hinnoitella ja toimittaa laitos hyvällä varmuudella, mitä odottavat monet tulevaisuuden SMR-toimitusten asiakkaat. Tähän on vielä matkaa ja paljon

tapahtuu joka tapauksessa itse laitospaikalla. Sen takia toimitus voi jakautua useampaan tilattavaan osakokonaisuuteen ja toimittajien yhteistyöhön saatetaan hakea esimerkiksi allianssityyppisiä kannustimia. Tärkeintä on löytää kuhunkin hankkeeseen parhaiten sopivat toimitus- ja sopimusmallit, jotka mahdollistavat sekä ennakoivan yhteistyön että nopean ongelmanratkaisun pulmatilanteissa.

SMR-toimittajien liiketoimintakonsepteissa on eroja. Tämän lisäksi kohdemaan ja hankkeen riskitaso voi vaikuttaa halukkuuteen ottaa täysi toimitusvastuu. Tästäkin syystä on tarpeen selvittää ja harkita erilaisia toimitus- ja sopimusmalleja. On nähtävissä, että toimitusprojektin kehitys, lopulta valittava toimitusmalli sekä siihen liittyvät sopimusvastuut ja hankeriskit edellyttävät vaiheittaista etenemistä omistajan ja tulevan toimittajan välillä. Luottamuksen rakentamista ja oikeiden mallien löytymistä edesauttavat viranomaisen esiarviointit ja päätökset sekä tietenkin viralliset luvat. Tätäkin isommaksi asiaksi muodostuu paikallisten rakentajien aktivoituminen, mikä voi edellyttää merkittäviä kehityspanostuksia, joihin myös tarvittaisiin lisää tukea.

4.3 Käyttö- ja aluetoiminta

SMR-laitoksen sijaintipaikan, sen ympäristön ja alueen kannalta uudenlainen reaktori-teknologia ei liene oleellisinta, kunhan hankkeen viestintä, sidosryhmien osallistaminen ja lupaprosessit etenevät luottamusta ja kannatusta kasvattaen. Tässä mielessä SMR-hankkeet eivät eroa aiemmista hankkeista, vaikka pienreaktoreihin yleisesti liitetäänkin suotuisia näkökulmia. Pitkässä juoksussa kestäväntä on pysytellä asiapohjalla, viestiä suunnitelmista mahdollisimman ennakoivasti ja käydä avointa keskustelua. Viranomais-toiminnalla ja -viestinnällä on erityisen suuri merkitys luottamuksen rakentamisessa. Uutena merkittävänä asiana esiin voivat nousta ydinvoimalaitosta ympäröivät suoja- ja varautumisvyöhykkeet, joiden riittävä koko arvioidaan jatkossa tapauskohtaisesti.

Laitoksen käyttötoiminta voi järjestyä samaan tapaan kuin aiemmin tai sitten hyvinkin uudella tavalla, mikäli käyttökonsepti perustuu vahvasti ulkoisiin palveluihin mukaan lukien laitostoimittajalta ja muilta avaintoimittajilta saatava palvelu- ja laitetuki. Hankkeen omistajalla on varmastikin jo hankkeen alkuvaiheessa käsitys käyttötoiminnan järjestämisen periaatteista, jolloin tämä todetaan hankkeen kokonaisuunnitelmassa. On mahdollista, että käyttötoiminnan ja luvanhaltijuuden ulkoistaminen muodostaa kynnyksysymyksen omistajalle, jolla ei ole halua eikä uskallusta ydinvoimatoimijaksi. Tämä voi olla turvallisuudenkin kannalta terveempi ratkaisu. Kun

laitoksen rakentamisen onnistumisessa korostuu toimitusketju, voi SMR-laitoksen käyttövaiheessa palveluketjulla olla yhtä ratkaiseva merkitys.

Ydinvastuukysymykset ja ydinjätteen hallinta ovat nykymuodossaan haastavia varsinkin pienelle SMR-käyttäjälle. Rajoittamaton ydinvastuu onnettomuustilanteiden ympäristöseurauksista on kytketty laitospaikkaan ja vakuutukset voivat olla kalliita. Jo ydinmateriaalien hallinta sekä matala- ja keskiaktiivisen jätteen varastointi voivat olla haasteellisia pienessä kohteessa, puhumattakaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen tai laitoksen käytöstäpoistoon varautumisesta. Tällä vuosikymmenellä mahdolliseen toteutukseen edistyvät hankkeet lienevät suhteellisen kookkaita, jolloin niitä voidaan hallita nykymalleilla. Pidemmälle katsoen tarvitaan uusia avauksia ja linjauksia valtionkin taholta, jotta mahdollistetaan yksittäisen uuden SMR-toimijan eteneminen ja luodaan kokonaiskuva ydinjätteen hallinnasta Suomessa.

5. Mahdollisuudet ja haasteet

Tässä luvussa perehdytään SMR-hankkeiden mahdollisuuksiin ja haasteisiin. Kyse on pohjimmiltaan riskeistä, siis yhtäältä mahdollisuuksista edistää hankkeiden toteutumista ja onnistumista sekä toisaalta hankkeita uhkaavista haasteista. Tästä syystä lähes mikä tahansa tekijä – kuten uusi teknologia tai uusi säännöstö – voi osoittautua tietyssä hankkeessa myönteiseksi, kielteiseksi tai osittain molemmiksi.



Kuva 3. SMR-pelikentän kehittäminen ja vahvistaminen.

Yllä näkyvä kuva 3 tarjoaa tämän selvityksen keskusteluihin pohjautuvan taktiikan, jolla suomalaista SMR-pelikenttää voidaan kehittää ja vahvistaa: pidetään vahvuudet, poistetaan heikkouksia, puolustaudutaan haasteissa ja parannetaan mahdollisuuksia. Pelikentän eri neljänneksiin nostettuja asioita käsitellään seuraavassa jaottelulla, joka tuo ne esiin valtion, omistajien, toimijoiden ja asiantuntijoiden näkökulmista. Uudet SMR-hankkeet toteutuvat ja onnistuvat vain erinomaisella yhteispelillä.

5.1 Suomi on vakaa mutta voisi myös edistää

Suomalaisen toimintaympäristön vakaus on ainutlaatuinen mahdollisuus tulevaisuuden SMR-hankkeille. **Poliittinen tuki** on laajaa ja selkeää muttei kuitenkaan toimialaa tai SMR-hankkeita vahvasti edistävää. Toimialalla koetaan, että tilaa ollaan antamassa lisää ja uusiin hankkeisiin kannustetaan, mutta valtiovalta ei ota sellaista aktiivista roolia, joka todella vaikuttaisi esimerkiksi uusien SMR-hankkeiden käynnistymiseen. **Ydinvoiman hyväksyntä EU:ssa** kaipaa toimia, jotta energiamurroksen edistäminen olisi teknologianeutraalia. Tätä ajavat useat maat mukaan lukien Suomi.

Uudet hankkeet tullaan käynnistämään liiketoiminnallisilla perusteilla. On kuitenkin selvää, että ydinvoiman käyttö on myös kansainvälistä, valtioiden välistä toimintaa. Tästä syystä ulkomaiset toimijat, kuten laitostoimittajat, ovat tottuneet valtiovallan selkeisiin kannanottoihin ja linjauksiin. Yksi kysymys on se, missä määrin uudet SMR-hankkeet voisivat perustua ulkomaiseen pääomaan. Valtiovallalta kaivataan lisää valoa tulevaisuuden suuntaan, vahvaa strategista viestintää ja konkreettista tukea.

5.2 Investointien liiketoimintaperusteet löytyvät

Rahoitus SMR-hankekehitykseen ei ole ollut paljoakaan esillä. Suomalaisella SMR-pelikentällä olisi oleellista edistää ja **rahoittaa hankepilottien ja -valmiuksien kehittämistä** kotimaisten rakennuttajien, rakentajien, valmistajien ja palvelujen vauhtiin saamiseksi. Tämä pätee niin ulkomailla nyt eteneviin, sieltä tänne tuleviin kuin kotimaassa kehitettäviin SMR-teknologioihin. Reitit ensimmäisten konkreettisten hankkeiden toimitus- ja arvoketjuihin ovat vielä avaamatta.

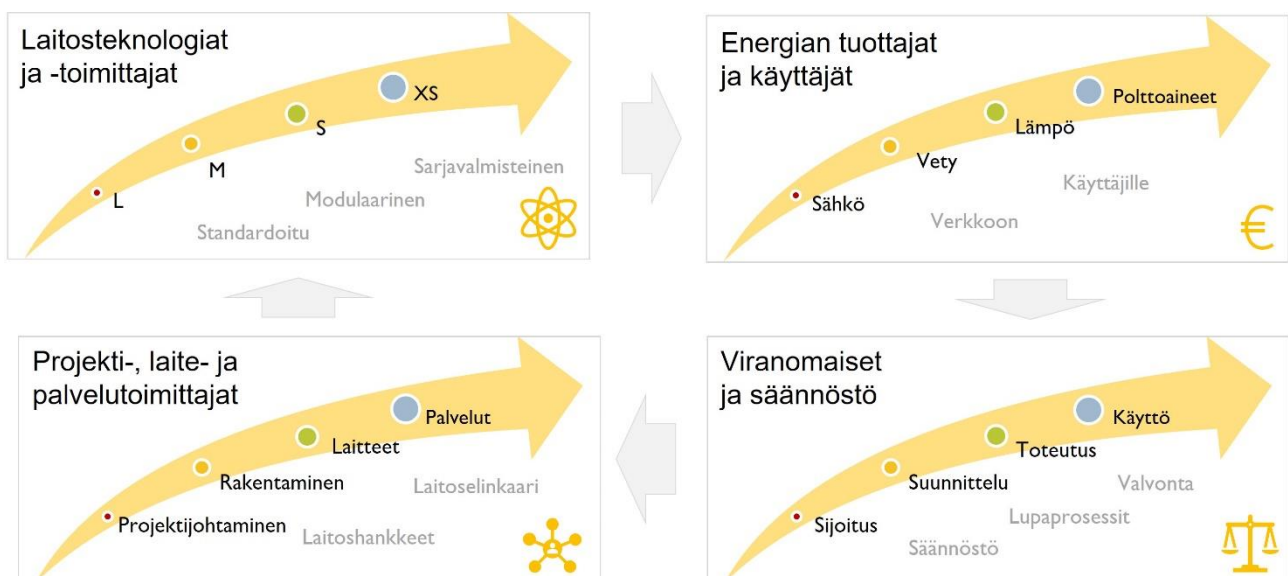
Liiketoiminnalliset perusteet luovat haasteen pörssipohjaiseen markkinaan myytävän ydinsähkön lisäämiseksi, mikä suuntaa esiselvitysten huomiota teollisiin käyttäjiin ja eritoten teräs- ja prosessiteollisuuteen. **Investointien kannattavuus**

riippuu tällöinkin pääoman hinnasta, johon valtio voisi vaikuttaa esimerkiksi lainatakauksien muodossa, Ruotsin tapaan. Suomalaisen ydinkaukolämmön tutkimus- ja kehitystyötä viedään puolestaan eteenpäin kohti teknologian kaupallistamista.

SMR-investointien perusteissa aika voi olla yhtä tärkeä tekijä kuin talous, varsinkin hiilivapaata energiaa tarvitsevan teollisuuden osalta. Tässä yhteydessä ei ole kyse oikeastaan ydinvoimasta vaan teollisesta kehityksestä laajemmin. Sähkön käytön voimakas lisääntyminen korostaa tasapainoa vaihtelevan ja vakaan tuotannon välillä, mikä on keskeistä niin yksittäisen energian käyttäjän kuin koko markkinan ja Suomen huoltovarmuuden kannalta. SMR-teknologia voi tuoda ratkaisuja vakaata ja puhdasta energiaa tarvitsevalle. Suurin haaste tässäkin on etenemiseen vaikuttava toimituskyky.

5.3 Toimitusvalmius ja käytön tuki ratkaisevat

Toimitusvalmiuden ja lokalisoinnin kehittäminen jää liian helposti muiden asioiden varjoon, vaikka se on SMR-hankkeiden aikataulujen osalta vähintään yhtä tärkeää kuin rahoitus-, lupa- ja investointipäätösten edistymä. **Kokemukset ja opit** aiemmista laitoshankkeista ovat avainasemassa, kun rakennetaan tulevaisuuden SMR-laitostoimituksia kumppaneineen ja toimitusketjuineen. Vaikka reaktorin komponentit ovat sarjavalmistettavia, tarvitaan hankkeissa kokonaisuuden hallintaa, suunnitelmien täsmentämistä paikallisiin olosuhteisiin sekä ennen kaikkea paikallista rakentamista.



Kuva 4. Ydinekosysteemin tärkeät toimijaryhmät ja toiminnan kohteet.

Kuva 4 havainnollistaa ydinekosysteemiä, jossa uusi laitosteknologia mahdollistaa ydinvoiman käytön. Teknologian ja käyttökohteiden kehitys puolestaan vaikuttaa viranomaisvalvonnan ja säännösten kehittymiseen. Näiden lisäksi uusiin hankkeisiin ja käyttötoimintaan tarvitaan projektijohtoa, laite- ja palvelutoimittajia sekä rakennuttajia ja rakentajia, jotka tuntevat suomalaiset ja kansainväliset vaatimukset. Toimitusketju ja sen lokalisointi muodostuvat SMR-kehityksen kannalta ratkaiseviksi myös Suomessa.

Käyttötoiminnan ja luvanhaltijuuden käytännön kysymykset eivät tule vastaan heti SMR-hankkeen alussa. Niihin sisältyy myös ydinvastuu ja ydinjätteiden hallinta, joihin liittyvät ratkaisu- ja toimintamallit on ajateltu nykyisille toimijoille soveltuviksi. SMR-teknologian laajempaa, pienen mittakaavan käyttöä voidaan mahdollistaa uudistamalla ydinvastuiden, -materiaalien ja -jätteiden kansallisia rakenteita ja hallintaratkaisuja, joihin vaikuttavat myös kansainväliset ja EU-säädökset.

Kuvaan 5 on hahmoteltu yleisemmin käyttötoiminnan, luvanhaltijuuden ja omistamisen ulottuvuuksia. Ydinvoimalaitoksesta huolehtiminen edellyttää kaikkia neljää roolia eli käyttäjää, maksajaa, kehittäjää ja investoijaa. Omistaja voi hoitaa nämä kaikki yksin tai jakaa ja sopia tehtävät erillisen palveluyhtiön kanssa. Jälkimmäisen vaihtoehdon osalta on tärkeää, että säännöstöuudistus selkiyttää varsinkin luvanhaltijan vastuita ja velvoitteita sekä niiden edellyttämiä toimintoja ja kyvykkyyksiä.



Kuva 5. SMR-käyttötoiminnan ja -luvanhaltijuuden sekä omistamisen ulottuvuuksia.

SMR-tulevaisuus voi tarkoittaa aiempaa verkottuneempaa ja hajautuneempaa toimintaa, johon liittyviä näkymiä on nostettu kuvan 5 ulkolaidoille. Hankeyhtiön kehitys omistajayhtiöksi voi sisältää eri vaiheita ja rakennemuutoksia esimerkiksi osakkeenomistusten suhteen. Laitostoimituksen vastuut voivat puolestaan jakautua useamman tahon välille sen sijaan, että on selkeästi yksi toimittaja ja yksi tilaaja.

Käyttövaiheessa tuotanto voi olla alueellisesti hajautettua ja yksittäistä laitosta voi tukea palveluverkko. Osa palveluista voi olla keskitettyjä, jolloin ne tukevat useita SMR-yksiköitä esimerkiksi teknisen tuen, ydinmateriaalien ja ydinjätehuollon osalta.

Kaikesta moninaisuudesta huolimatta ydinvoiman käytön peruseriaatteen ja luvanhaltijan vastuut on pidettävä yksinkertaisina ja selkeinä. Tämä edellyttää selkeää säännöstöä, hyvin määriteltyjä rooleja ja kokonaisvaltaista johtamista. Toimintojen ja palveluketjun rakentuminen on oleellinen osa omistajan ja luvanhakijan kokonaisuunnitelmaa, sen edellyttämiä ennakoivia toimia ja mahdollisia lupaehtoja.

5.4 Osaaminen ja uusi säännöstö mahdollistavat

Teollisuuden ja viranomaisen osaaminen on Suomessa hyvällä tasolla. **Suomalaiset erityisvaatimukset** ovat muodostuneet osaksi toimialan säännöstöä ja niitä on sovellettu varsin ennalta määräävinä. Samalla on todettu selkeä tarve meneillään olevaan säännöstöuudistukseen, joka tähtää enemmän tavoitepohjaisiin ja vähemmän teollisuuden ratkaisuja ennalta määrääviin viranomaisvaatimuksiin.

Uusi säännöstö mahdollistaa näin erilaisia teknisiä ratkaisuja, hankkeiden etenemismalleja ja käytön toimintamalleja. Samalla se edellyttää uutta osaamista, koska huomio ei ole enää niinkään täsmällisten vaatimusten täyttämässä vaan tavoitteellisia vaatimuksia vastaavien ratkaisu- ja toimintamallien perustelemissa sekä kokonaisuuden arvioinnissa. Koko toimialan ja suomalaisen ydinvoimayhteisön osalta tämä tarkoittaa merkittävää kulttuurimuutosta, joka koskettaa niin teollisuutta kuin viranomaisia. Ensimmäiset SMR-hankkeet sekä niiden periaatepäätökset, esiarvioinnit ja luvat muodostaisivat ensi askeleen. Lisäksi tarvitaan hyvää koulutusta ja uusia osaajia.

6. Visio 2030 – suomalainen ydinekosysteemi

Tämän raportin lopuksi esitetään kuviteltu tilanne vuonna 2030. Tämä tarina kertoo suomalaisesta ydinekosysteemistä, joka nousee tällä vuosikymmenellä uudelle tasolle:

- ennustettavin ja kilpailukykyisin ympäristö uusille ydinvoimahankkeille
- uusia ydinvoimahankkeita tukeva rakennus-, toimitus- ja palveluvalmius
- tarkoituksenmukaiset ydinlupavaiheet ja tavoitepohjainen ydinsäännöstö
- toteutus- ja vientivalmis ydinkaukolämpö ja ydinjätehallinnan osaaminen.

Seuraavalla sivulla avautuva tarina tiivistää sen tulevaisuuden, jonka voimme mahdollistaa luomalla tarvittavat edellytystekijät ja uudet toimintamallit.

Tämän raportin liitteestä löytyy suomalainen SMR-pelikirja, joka on koottu edellisten lukujen sisällöstä. Se soveltuu niin yksittäisen hankkeen kuin toimialan yleiseenkin tarkasteluun. Suotuisaan tulevaisuuteen tarvitaan kehitystoimia seuraavilla alueilla:

- ydinvoiman hyväksyttävyyden osana kestäväää energiamurrosta EU:ssa
- vakaan energiantuotannon investointikannattavuus Suomessa
- uuden SMR-teknologian ja sen suunnittelun kypsyysaste
- SMR-toimituskyvykkyys ja toimitusketjujen valmiusaste
- säännöstön, lupaprosessien ja valvonnan uudistaminen
- hankkeiden lokalisointi ja paikallinen yhteistoiminta
- SMR-käyttötoiminnan edellyttämät ydinpalvelut.

Nopeus yhdessä näistä ei tuo menestystä hankkeissa. Sen tuovat kokonaisuuden hallinta ja ennakoiva yhteistyö kaikkien avaintahojen kesken.

Suomalainen ydinekosysteemi 2030

Meidät tunnettiin menestyksekkäinä ydinvoiman käyttäjinä, jotka nostivat jatkuvasti ydinvoimalaitostensa turvallisuustasoa ja suorituskykyä. Löysimme ydinjättekysymykseen turvallisen ja toteutukseen etenevän ratkaisun, ensimmäisinä maailmassa. Kompastelimme parin vuosikymmenen tauon jälkeen uusissa laitoshankkeissamme. Ne toivat kuitenkin kokemusta ja vahvistivat edelleen luottamusta viranomaisten ja toimialan sinnikkyYTEEN.

Otimme opiksi ylilyönneistä omien suomalaisten säännöstö- ja asiakasvaatimusten osalta, luopumatta tavoitetasosta. Uudistimme säännöstön, joka on nyt kaikilla tasoilla selkeä. Nojaamme kansainvälisesti hyväksytyihin, oleellisiin tavoitteisiin turvallisuuden, käyttövarmuuden ja elinkaaren hallinnassa. Uusi säännöstömme antaa tilaa erilaisille etenemis-, ratkaisu- ja toimintamalleille, niin laitoshankkeiden kuin käyttötoiminnan osalta.

Olemme edelleen se vakain paikka rahoittaa, rakentaa ja käyttää ydinvoimaa. Nyt olemme tämän lisäksi uudessa vauhdissa, koska SMR-teknologiat ja energiamurros herättivät meidät uudelleen. Lähdimme kehittämään teknologiaa kaukolämpöön ja ihastelimme tarjolle tulleita reaktorimalleja. Monet muut maat olivat vieläkin enemmän innoissaan.

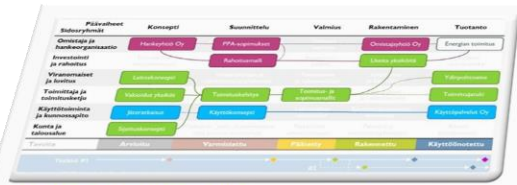
Valtiovaltammekin heräsi uudelleen. Jo 1990-luvulla poliittiset puolueemme olivat sopineet kokonaisuudesta, johon kuului ydinvoima. Sen jälkeen tulivat vaikeat hankkeemme, hieno uusiutuvan tuulienergian aalto sekä vetyinvestoinnit ja aurinkoenergian kasvu. Lopulta vuonna 2024 tuli viimein se hetki, jolloin ydinvoima-ala sai valtiolta vahvan tuen: selkeitä linjauksia, pilottihankkeiden tukea ja tulevien laitoshankkeiden lainatakauksia.

Viesti oli selvä: nyt kannattaa edetä. Teollisuus, laitostoimittajat ja kotimainen toimitus- ja palveluketjumme rohkaistuivat. Nyt vuonna 2030 meillä on hyvässä vauhdissa viisi merkittävää hanketta, jotka tuovat virtaa, lämpöä ja vetyä uudistuvalla teollisuudelle ja koteihimme. Ydineergia pysyy oleellisena osana vakaata, uusiutuvaa ja huoltovarmaa energiantuotantoamme. Tämä vie jalanjälkeämme hiilineutraaliudesta eurooppalaiseksi hiilinieluksi.

Suomessa saatte ydinvoimahankkeenne hyvin käyntiin ja luvat kuntoon. Keskitymme kokonaiskuvaan niin turvallisuuden, talouden kuin ympäristön näkökulmasta. Ydinjätehuoltomme kierrättää ydinmateriaalimme kalliosta kalliioon. Jos tarvitsette apua muissa maissa, olemme valmiita auttamaan sielläkin. Tunnetta kansainväliset vaatimukset ja olemme mukana monissa laitoshankkeissa sekä käyttö- ja viranomaistoiminnan kehittämisessä.

Siis tervetuloa suomalaiseen ydinekosysteemiin – olemme täällä aina asian ytimessä!

Liite 1 – Suomalainen SMR-pelikirja



Suomalainen SMR-pelikirja



Uudet toimintamallit

- Hankkeen periaatteelliset edellytystekijät**
1. Omistajan kyky nähdä kokonaisuus
 2. Luvanhakijan valmius hallita eri vaiheet
 3. Ennustettavuus yli investoinnin elinkaaren
 4. Hankkeen vaiheittainen eteneminen
 5. Tarkoituksenmukaiset lupavaiheet
 6. Tavoiteperhainen säännöstö
 7. Käyttötoimintaa tukevat palvelut
 8. Ydinvoiman hyväksyttävyyttä

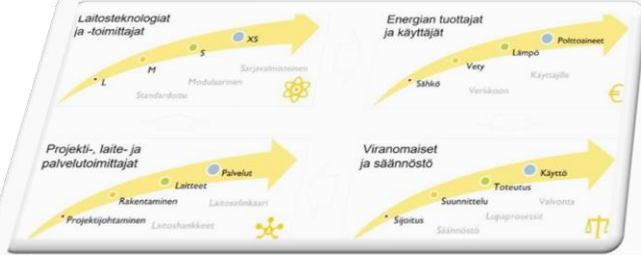
Hankkeen sidosryhmät ja päävaiheet

Päävaiheet	Konsepti	Suunnittelu	Valmius	Rakentaminen	Tuotanto
Sidosryhmät					
Omistaja ja hankeorganisaatio	Kokonaisuusuunnitelma ja riskien hallinta	Laitospaikan, -teknologian ja -toimittajan valinta	Toimitus-sopimus	Omistajan työt	Energian lyhyttä
Investointi ja rahoitus	Taloudellinen toteutettavuus	Investointipäätöksen ja rahoituksen valmistelut	Investointi-päätös	Hankkeen eteneminen	Laitoksen suoruuskyky
Viranomaiset ja luvitus	Periaatepäätös ja konseptiarviointi	Ympäristölupa ja rakentamislupahakemus	Rakentamis- ja rakennuslupa	Kelpoistus ja käyttö lupa	Polttoainelataus ja käyttönotto
Toimittaja ja toimitusketju	Tekninen toteutettavuus	Toimitusprojektin kehitys ja tekninen suunnittelu	Projektin hallinta	Toimitukset ja rakentaminen	Polttoaine- ja palvelutoimitukset
Käyttöönotto ja kunnossapito	Jätteen hallinta	Käytön toimintamallit ja organisointi	Laitospaikan valmistelut	Käyttöorganisaation viimeistely	Käyttö, kunnossapito ja elinkaaren hallinta
Kunta ja talousalue	Sidosryhmien osallistaminen	Maakunta-, yleis- ja asemakaava sekä kunnan suostumus	Paikallinen infrastruktuuri	Palvelut ja viranomaistyö	Alueen kehittäminen
Tavoite	Arvioitu	Varmistettu	Päästy	Rakennettu	Käyttöönotettu
Selvitys (esim. vuosi 0)	Suunnittelu (+2)	Valmistautuminen (+2)	Toteutus (+1)	Käyttöönotto (+4)	Tuotanto (+1)

Luvanhaltijuuden ulottuvuudet

- Kustannusten herkkyystekijät**
1. Pääoman hinta (%/vuosi)
 2. Investointikulut (€/W)
 3. Käyttökulut (€/MWh)
 4. Poistoaika (vuosia)
 5. Käyttöaste (%)
- ⇒ €/MWh(e)
 ⇒ €/MWh(t)
 ⇒ €/kg-H₂

Ekosysteemin vauhditus



Liiketoiminnalliset perusteet

- ✓ Markkinakehitys ja kysyntä
- ✓ Hintakehitys ja ostosopimukset
- ✓ Kokonaistuotanto ja mittakaavaedut
- ✓ Vakioidut toimitukset ja oppiminen
- ✓ Liiketoimintarisikien hallinta

