

**Liite 1 a****Täydennys SAFIR2014 runkosuunnitelmaan Fukushimaan ydinvoimalaitosonnettomuuden seurauksena**

SAFIR2014-tutkimusohjelmassa keskitytään aiheisiin, jotka lisäävät kansallista ydinteknistä asiantuntemusta ja valmiuksia erityisesti viranomaistarpeisiin. Tutkimusohjelman ulkopuolelle jääviä laitostyökohtaisia selvityksiä viranomaiset ja luvanhaltijat tekevät ja teettävät erikseen. Vuonna 2010 laadittua ohjelmaa täydennetään ajankohtaisilla tässä liitteessä kuvatuilla tutkimusaiheilla. Aiheet perustuvat Fukushimaan ydinvoimalaitosonnettomuuden seurauksena SAFIR2014-ohjelman tukiryhmissä ja johtoryhmässä kartoitettuihin lisätutkimustarpeisiin sekä esiin tulleisiin muihin kysymyksiin.

Alla esitetään runkosuunnitelmaa [1] täydentäviä tutkimusaiheita, joiden katsotaan olevan ajankohtaisia ja sopivan SAFIR2014-tutkimusohjelmaan.

*Alkutapahtumat: ulkoiset uhat ja moninkertaiset tapahtumat*

Ulkoisten luonnonilmiöiden esiintymisen arviointia on syytä tehdä entistä syvällisemmin. Itämerellä poikkeuksellisia meriveden pinnan korkeuksia aiheuttavien ilmiöiden ja niiden seurausvaikutusten tutkimusta tulee edelleen jatkaa. Muita tutkimuskohteiksi soveltuvia äärimmäisiä luonnonilmiöitä ovat nykyisen ilmamekan koostumuksen vaikutus sääilmiöiden voimakkuuteen ja Suomessa perinteiseen säähän aikaisemmin kuulumattomien ilmiöiden kuten esimerkiksi jäämyrskyjen ja hirmumyrskyjen esiintyminen. Aihe kattaa monipuolisesti luonnonilmiöiden esiintymistodennäköisyyttä ja voimakkuutta koskevat seikat sekä ydinvoimalaitosten suunnitteluperusteiden riittävyyden erityyppisissä tapahtumissa.

Moninkertaiset tapahtumat on toinen vielä varsin vähän tutkittu aihe tutkimusohjelmassa. Uutta tietoa tarvitaan ulkoisten tapahtumien yhdistelmistä sekä ulkoisten ja sisäisten tapahtumien yhdistelmistä niiden ottamiseksi huomioon laitosten riskianalyseissa.

*Ydinvoimalaitoksen suunnittelu*

Ydinlaitosten suunnitteluperusteiden riittävyyttä ja kattavuutta on tarpeen tarkastella määrääjain. Maanjäristyksen vaikutusten tutkimusalueella on tarvetta selvittää muun muassa seismisten mallien laskentaan vaikuttavat lähtötiedot kuten vaimenemisfunktio. Laitospaikan seismisiin pitkäaikaismittauksiin soveltuvan mittausjärjestelmän tavoitteet ja vaatimukset on määriteltävä kansainvälisissä ohjeissa vain hyvin yleisluontoisesti. Tutkimuksella on tarve täsmentää näitä määrittelyjä ja luoda selkeä kokonaiskuva seismisten ilmiöiden merkityksestä ja monitoroinnista suomalaisissa olosuhteissa.

Uutta tietoa tarvitaan myös ydinvoimalaitoksen suunnitteluperusteet ylittävien alkutapahtumien vaikutuksesta ydinlaitoksen turvallisuuteen. Tässä tutkimuksessa tulee käsitellä erityyppisten komponenttien ja rakenteiden kuormittumista sekä turvallisuustoimintojen eheyttä kuormitustilanteen jälkeen. Tutkimuksessa tulee ottaa huomioon deterministiset ja todennäköisyypohjaiset näkökulmat.

### *Onnettomuuden vaikutusten lieventäminen*

Reaktorionnettomuuksien analysoinnin alueella on tarve selvittää tilanteita, joissa reaktoripiirissä on paljon booria tai muita kiteytyviä aineita. Lisäksi onnettomuuksien pitkä kesto tuo esille uudentyyppisiä haasteita jälkilämmön poistamiseksi. Onnettomuustilanteessa mahdollinen vedyn syntyminen ja kulkeutuminen laitoksella tai laitospaikalla tulee tuntea entistä paremmin vetyräjähdysliittävien vastatoimen suunnittelemiseksi. Niin determinististä kuin myös todennäköisyyspohjaista mallinnusta on tarvetta kehittää ottamaan huomioon varsin pitkäkestoiset tapahtumat.

Reaktorisydämen sulamiseen päätyvissä onnettomuuksissa polttoaineesta voi onnettomuustilanteesta riippuen vapautua hyvin suuri joukko eri fissiotuotteita. On syytä laatia systemaattinen kartoitus, jossa tarkastellaan mahdollisimman laajalle nuklidijoukolle fissiotuotteiden vapautuminen polttoaineesta, kulkeutuminen primääripiirissä ja suojarakennuksessa sekä vapautuminen ympäristöön.

### *Polttoaineen elinkaari*

Polttoaineen elinkaaren tarkastelu on toistaiseksi rajoittunut SAFIR2014 – tutkimusohjelman rinnalla toimivan kansallisen ydinjätehuollon tutkimusohjelman (KYT2014-ohjelma) ydinjätteen pitkäaikaisvarastoinnin kysymyksiin. Ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimuksessa onkin nyt syytä kiinnittää huomiota polttoainekierron kokonaistarkasteluun osana ydinvoimalaitosten turvallisuutta. Laitospaikan käytetyn polttoaineen varastoaltaiden jäähdytteenmenetystilanne on aihe, jonka kokeellinen ja laskennallinen selvitys ovat kiinnostavia. Tämä sovellutusalue on kokonaan uusi kansallisissa ydinenergian käyttöön liittyvissä turvallisuustutkimusohjelmissa. Jäähdytyksen lisäksi pitäisi pystyä arvioimaan suojakuorimateriaalien käyttäytymistä varastoinnin eri vaiheissa ja tilanteissa. Tämä saattaa edellyttää sekä kokeellista että laskennallista työtä ja näiden valmiuksien kehittämistä.

Viite:

1. SAFIR2014-ohjelman runkosuunnitelma: <http://safir2014.vtt.fi/index.htm>