

Marja-Leena Järvinen, Risto Sairanen, Liisa  
Heikinheimo, Ilona Lindholm

7.3.2016

## **SAFIR2018 ja ajankohtaiset Tepco Fukushima Dai-ichi onnettomuudesta johdetut kansainväliset tutkimusteemat**

Kansallisessa ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimusohjelmassa on käsitelty useita teemoja, jotka ovat nousseet esille myös Tepco Fukushima Dai-ichi ydinvoimalaitoksen onnettomuuden johdosta tehtävässä tutkimuksessa. Näitä teemoja ovat olleet muun muassa vakavat onnettomuudet, äärimmäiset sääolosuhteet, lähdetermi, turvallisuusmarginaalit, polttoainealtaiden onnettomuudet ja turvallisuuskulttuuri, organisaatioiden toiminta sekä joustavuus onnettomuuksien hallinnassa. Tässä muistiossa käsitellään teemoja, joista OECD NEA:n ja IAEA:n piirissä on kartoitettu tutkimustarpeita ja, jotka eivät tällä hetkellä sisälly meneillään olevaan SAFIR2018 -tutkimusohjelmaan. Muistion valmisteluun osallistuvan ryhmän jäsenet ovat olleet valmistelemassa aiheeseen liittyviä lähiaikoina julkaistavia kansainvälisiä raportteja. Seuraavassa käsitellään teemoittain SAFIR2018 -ohjelman kannalta mielenkiintoisia aihealueita.

### **Passiivisten järjestelmien hyväksymiskriteerit ja kansalliset ydinturvallisuusvaatimukset**

Passiivisille turvallisuusjärjestelmille ei ole kehitetty kansainvälisesti hyväksymiskriteereitä. Myös YVL -ohjeet on laadittu esisijaisesti silmälläpitäen aktiivisia turvallisuusjärjestelmiä. SAFIR2018 -ohjelman GENXFİN hankkeessa selvitetään suomalaisten ydinturvallisuusvaatimusten ja keskeisten YVL -ohjeiden soveltuvuutta pieniin modulaariisiin reaktoreihin. Tätä tutkimusaihetta voi edelleen jatkaa ja kehittää yleisemmin passiivisten turvallisuusjärjestelmien hyväksyttävyyden arviointiin soveltuviin kriteereihin. Tarkastelun tulisi kattaa sekä käytössä olevat tehoreaktorit, että pienet modulaariset reaktorit.

### **Vakavien onnettomuuksien hallinta**

Vakavien onnettomuuksien mallinnuksen odotetaan edelleen kehittyvät, kun purkuprojektin havainnot ja tiedot Tepcon Fuksuhima Dai-ichi onnettomuudessa vaurioituneista reatoreista ja polttoainealtaista tulevat julkisiksi. Fission tuotteiden käyttäytymisestä toivotaan parempaa tietoa. Kokeellista tutkimustyötä tarvitaan fission tuotteiden pidätyksestä vesialtaaseen sekä vesikemian vaikutuksesta fission tuotteiden liukenemiseen polttoainejäänteistä. Vesialtaan pesurivaikutusta (pool scrubbing) ja siihen liittyvää mallinnusta on tutkittu vuosikymmeniä 20 °C vedellä, mutta prosessia, jossa allas kiehuu tai on lähes kiehuva ei tunneta. Vedyn vapautumiseen sydänmateriaalien hapettuessa ja sydänsula-betonireaktiossa liittyvät epävarmuudet ovat edelleen merkittävä tekijä onnettomuuden kulua arvioitaessa. Vedyn kulkeutumien pystytään nykytiedoin ja ohjelmistoin mallintamaan sangen hyvin. Veden pinnankorkeudesta reaktorisydämessä ja paineastiassa onnettomuuden eri vaiheissa toivotaan saatavan lisätietoa.

### **Säteilyn pitkäaikaisvaikutukset läpivienteihin ja biokorroosio**

Suojarakennuksen tiiveyden varmistamiseksi tulisi tarkastella kemikaalien, säteilyn, lämpötilan ja mikrobieliökunnan pitkäaikaisvaikutuksia läpivienteihin ja tiivisteisiin sekä kaappeihin ja rakenteiden pinnoitteisiin (maaleihin). Ydinvoimalaitoksen onnettomuuden jälkeisessä tilanteessa säteilyannokset ovat suuremmat ja olosuhteet ovat haapkaat verrattuna esimerkiksi käytetyn ydinpolttoaineen turvallisuustutkimuksissa tarkasteltaviin olosuhteisiin. Ydinjätehuollon puolella on kuitenkin hyvää referenssitietoa mikrobikorroosiosta ja hitaasta aktinidien uuttautumisen veteen.

Marja-Leena Järvinen, Risto Sairanen, Liisa  
Heikinheimo, Ilona Lindholm

7.3.2016

Tunnetut perusasiat vesikemian vaikutuksesta korroosioon ja mikrobikorroosiostatolisi hyödyllistä koota raportiksi. Kansainvälisesti esille on tullut myös alumiinin korroosio. Alumiinia esiintyy esimerkiksi joissakin polttoainealtaiden telinetyypeissä. Nämä aihepiirit eivät ole olleet mukana SAFIR2018 -ohjelmassa. Korroosion perusilmiöt tulisi tuntea ja etenkin veden laadun vaikutus korroosion kehittymisnopeuteen. Mikrobikorroosio vaikuttaa myös betonirakenteisiin.

### **Betonirakenteiden ikääntyminen ja hyväksymiskriteerit DEC-tilanteissa**

Betonirakenteiden ikääntymisenhallinta on SAFIR2018-ohjelman ja sitä edeltäneiden ohjelmien tutkimusaihe. Tutkimusta on uudessa ohjelmassa suunnattu erityisesti betonirakenteiden aineita rikkomattomien menetelmien kehittämiseen. Tällä alueella kansainvälisten yhteistyömahdollisuuksien kartoitus testikappaleiden valmistuksessa on selvitettävänä.

Kansainvälinen yhteistyö Barsebäckin ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistoa edeltävien kokeiden osalta ei ole vielä alkanut SAFIR2018-tutkimusohjelmassa. Betonirakenteiden ikääntymisessä tulee mikrobieliöstön aiheuttama vanheneminen ottaa huomioon muiden vanhenemisilmiöiden ohella. Tutkimustieto voisi hyödyttää esimerkiksi DEC-tilanteiden suunnittelukriteerien arviointia. Mahdollisuudet paineistuskokeiden tekemiseen Barsebäckin suojarakennuksella tulisi selvittää. Tutkimus voisi alkaa mahdollisen, monipuolisen tutkimusohjelman suunnittelulla yhteistyössä ruotsalaisten kanssa.

### **PRA ja vakavien onnettomuuksien hallinta**

PRA:ta ja vakavien onnettomuuksien hallintaa kehitetään SAFIR2018 - tutkimusohjelmassa erillisissä hankkeissa. Ohjelmassa tulisi tarkastella erilaisia kehittyneitä PRA sovellutuksia ja deterministiä turvallisuusanalyysijä. Näillä voi arvioida erilaisten vakavien onnettomuuksien hallintamenetelmien antamia etuja. PRA-mallinnuksen epävarmuuksia on tarpeen tarkastella edellä mainittujen valintojen ja oletusten pohjalta. Kansainvälisissä yhteyksissä on tullut esille, että esimerkiksi tason 2 PRA:ssa PRA taso 1 epävarmuudet ovat usein merkittävämpiä kuin vakavien onnettomuuksien ilmiöihin tai niiden hallintaan liittyvät epävarmuudet.

Passiivisten turvallisuusjärjestelmien käsittely PRA:ssa on edelleen varsin vähän tietoa ja kokemusta. Aihetta on edelleen tarpeen jatkaa ja mahdolliset tutkimusaiheet kuuluvat tutkimusalueen 2 (SG2) aihepiiriin

SAFIR2018 ohjelmassa on tutkittu useamman laitousyksikön laitospaikan PRA:ta. Tutkimus osoittaa, että usean laitousyksikön PRA:ssa eri alkutapahtumat muodostuvat merkittäviksi verrattuna perinteisesti lasketun yhden laitoksen merkittäviin alkutapahtumiin. Aihetta on edelleen tarpeen jatkaa ja mahdolliset tutkimusaiheet kuuluvat tutkimusalueen 1 (SG1) aihepiiriin..

### **Kokonaisturvallisuus**

Ydinvoimalaitosonnettomuudet ovat seurausta sille, että tapahtumaan liittyvä riski on arvioitu pieneksi tai riskiä ei ole lainkaan tunnistettu. Kokonaisturvallisuuden arviointia varten on tarpeen kehittää malleja, jolla voidaan arvioida keskenään erimitallisia asioita niin, että turvallisuus turvajärjestelyt ja ydinmateriaalivalvonta tulevat huomioiduiksi

Marja-Leena Järvinen, Risto Sairanen, Liisa  
Heikinheimo, Ilona Lindholm

7.3.2016

asian vaatimalla tavalla. Kokonaisturvallisuuden käsitettä on konkretisoitava suomalais-ten ydinlaitosten kannalta. Mallin avulla tulisi voida varmistua siitä, että ydinvoimalaitos on suunniteltu ja rakennettu turvallisesti ja sitä käytetään turvallisesti sekä varmistua organisaation/organisaatioiden kyvykkyydestä hallita turvallisuuskysymyksiä. Erityisesti tulee tarkastella mahdollisia uhkia syvyysuuntaisen puolustuksen periaatteen toteutumiselle käytännössä.

Tutkimuksen tarkoituksena on myös selvittää, että kaikki olennaiset seikat tulevat esille mallinnuksessa. Esimerkiksi "practical elimination" käsitettä ja käsittelyä sekä IAEA:n ja WENRA:n uusia vaatimuksia ydinvoimalaitoksille on tarpeen tarkastella.

### **Ehdotus jatkotoimenpiteiksi**

Tutkimusaiheita käsittelyä jatketaan SAFIR2018-ohjelman tutkimusta ohjaavissa ryhmissä (SG ja RG), joiden tulisi arvioida aiheisiin liittyviä tutkimusaiheita ja yhteistyötä. SAFIR2018 -johtoryhmä valmistelee vuoden 2017 hankehakuun aiheesta liitteen.

Tutkimushankkeiden toteuttamiseksi haetaan aktiivisesti kansainvälistä yhteistyötä ja edistetään aihepiiriin liittyviä käyttökokemusten arviointiin liittyvien hankkeiden toteuttamista.

Johtoryhmä seuraa aiheiden kehittymistä SAFIR2018-tutkimusohjelman aikana.