

# Dynaamisiin tapahtumapuihin perustuva todennäköisyyspohjainen riskianalyysi ydinvoimalamallille

---

*Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari MS-E2177, projektin väliraportti*

Asiakas: VTT Oy ja Riskipilot Oy

Lauri Nyman

Sakke Rantala

Päiväys 30.3.2016

## Sisällysluettelo

Projektin tilanne .....	3
Projektiryhmä .....	4
Päivitetty aikataulusuunnitelma ja työnjako .....	4
Päivitetyt riskiarviot.....	5

## Projektin tilanne

Olemme edenneet projektissa suunnitellun aikataulun mukaisesti ydinvoimalamallin rakentamiseen ja ohjelmakoodin siirtämiseen uuteen FinPSA-ohjelmaan. Yksi projektiryhmän jäsen jätti projektityökurssin kesken perustelluista syistä. Tämä lisää työmäärää muiden henkilöiden osalta, mutta toisaalta helpottaa versionhallintaa, sillä projektia tehtäessä kahdestaan ajantasaisen version ylläpitäminen on vähemmän riskialtista.

Ydinvoimalamallin tason kaksi (PSA level 2) tapahtumamallin rakenne on tehty alkuperäistä mallia vastaavaksi niin laajasti kuin se FinPSA:n demoversiossa on ollut mahdollista. Tapahtumarakenne koostuu tapahtumapuusta ja sen haaroihin liittyvistä funktioista. Funktioiden perusteella määräytyy tapahtuman (ja sen komplementin) todennäköisyysjakaumat. FinPSA:n tasot yksi (reaktorivaurion aiheuttava ketju) ja kaksi (reaktorivaurion vaikutus) on nyt yhdistetty toisiinsa. Tasolta 1 tulee tasolle 2 tarvittavat todennäköisyydet ja niiden välinen rajapinta toimii.

Projektin riskeistä FinPSA:n tekniset ongelmat ovat toteutuneet. FinPSA:n CET-kielen tulkissa on ollut odottamattomia ongelmia. Esimerkiksi käytetyn CET-kielen funktioiden väliset perusoperaatiot, kuten yhteen-, vähennys- ja jakolasku, eivät ole toimineet (alla kuvaus perusongelmasta). Lisäksi lähdekoodissa funktiokutsujen syntaksi on hieman erilainen kuin uudessa ohjelmassa. Ongelmista on viestitty ohjelman kehittäjille, jotka ovat toimittavat korjatun version ohjelmasta ja CET-kielen tulkista projektin aikana. Väliaikaisena ratkaisuna ohjelmaan on lisätty omat perusoperaatiofunktiot, jotka käyttävät operaatioissa vain lokaaleja muuttujia. Jokaisessa simulaatiossa arvotaan uudet todennäköisyydet ja siksi virheitä syntyy eri osissa ohjelmaa. Kaikkia mahdollisia virheitä ei vielä ole korjattu eikä debugattu, minkä vuoksi ohjelma ei vielä toimi tarkoituksenmukaisella tavalla.

Allaoleva kaava esittää pseudokoodina CET-ohjelmointikielen jakolaskussa ilmenevää ongelmaa.

$$a = f(x)$$

$$b = g(y)$$

$$f(x)/g(y) == 0 \neq a/b \text{ (Ongelma!)}$$

Riski FinPSA:n demoversion rajoitteista on myös toteutunut. Olemme joutuneet karsimaan aiottua enemmän annetun ydinvoimalamallin ominaisuuksia. Käytännössä mahdollisten lopputilojen lukumäärä on jo aiemmin yksinkertaiseen malliin verrattuna puolittunut. Periaatteessa tämä yksinkertaistaa projektiryhmän työtä, mutta toisaalta mallin rakentaminen ja tulosten verifiointi on aiottua hankalampaa, koska enää ei ole olemassa täsmälleen samanlaista mallia entisessä ohjelmassa.

Versionhallintaan liittyvät riskit eivät ole toteutuneet, koska olemme tehneet työtä eri aikaan ja jakaneet toisillemme mallin ajantasaisen backup-tiedoston aina muutosten tekemisen jälkeen. Tällä menetelmällä suuren työryhmän työ ei ole mahdollista, koska oletus eriaikaisesta työstä ei yleisesti päde. Meidän projektissamme harjoitusmallin luominen FinPSA:han on yksinkertaista verrattuna oikean ydinvoimalan PRA-analyyysiin, jossa henkilöiden määrä on todennäköisesti merkittävästi suurempi. Siksi keskeinen FinPSA:n kehitysehdotus onkin, että ohjelmakoodin ja rakenteen tulisi olla sidottu johonkin pilvi- tai sisäverkkopohjaiseen versionhallintapalveluun.

## Projektiryhmä

Projektityöntekijät ovat Lauri Nyman ja Sakke Rantala. Eeliksen poistuminen ei aiheuttanut huomattavia haasteita projektiryhmälle, mutta lisäsi muiden projektityöntekijöiden työmäärää jonkin verran.

Nimi	Rooli projektissa	Organisaatio
Lauri Nyman	Projektipäällikkö (opiskelija)	Aalto-yliopisto
Sakke Rantala	Projektityöntekijä (opiskelija)	Aalto-yliopisto
Jan-Erik Holmberg	Asiantuntija (Projektin asettaja)	Riskpilot
Tero Tyrväinen	Asiantuntija, FinPSA (Projektin asettaja)	VTT
Ahti Salo	Projektin valvoja	Aalto-yliopisto

## Päivitetty aikataulusuunnitelma ja työnjako

Seuraava taulukko esittää projektin etenemistä tässä vaiheessa.

Tilanne 23.2.	Vaihe / Viikko	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
100 %	Projekti alkaa	■																
90 %	PRA ja FinPSA-koulutus		■			■						■						
100 %	Projektisuunnitelma 24.2.						■	■										
100 %	FinPSA mallin importaus							■	■	■								
100 %	Väliraportti 1.4.										■	■	■					
20 %	FinPSA-mallin verifiointi												■	■	■			
0 %	Demomallin dokumentointi															■	■	
0 %	Mallin validointi + parannus																■	■
0 %	Loppuraportti 6.5.																	■

Saimme viikolla 12 lisäkoulutusta FinPSA:n käyttöön. Koimme sen hyödylliseksi, koska ohjelma oli jo osittain tuttu, mutta emme olleet sisäistäneet kaikkia sen toiminnallisuuksia ensimmäisessä koulutuksessa.

Ydinvoimalamalli on nyt rakennettu FinPSA:han ja seuraavaksi pääteemana on mallin verifiointi, dokumentointi ja parannusehdotuksen tarkasteleminen. Mallin verifiointilla pyritään saamaan ydinvoimalan demomalli toimimaan tarkoituksenmukaisesti siten, että sen sisältämät fysikaaliset mallit toimivat oikealla tavalla ja malli laskee todennäköisyydet oikein. Jo tässä vaiheessa voidaan sanoa, että demomallin rajoitteista johtuen voidaan laskennan oikeellisuutta arvioida vain osittain. Pyrimme työssä kuitenkin selvittämään, miten erilaisia malleja ja niiden toimintaa voidaan systemaattisesti vertailla. VTT:ltä ja Ahdin puolelta ollaan myös pyydetty, että pyrkisimme antamaan kehitysehdotuksia FinPSA-ohjelmaan ja raportoisimme siinä olevista ongelmista ja ohjelmointivirheistä, jotka ilmenevät sivutuotteena projektin edetessä.

Projektin yhtenä tavoitteena on päivittää jo olemassa oleva dokumentti<sup>1</sup> ydinvoimalamallin demoversiosta. Vanhaa dokumenttia ei voi kuitenkaan käyttää täysin, koska FinPSA:n demomallin rajoitteiden vuoksi rakentamamme malli ei vastaa vanhan dokumentin mallia. Siksi sitä voidaan käyttää rajallisesti hyväksi uuden dokumentin luomisessa. Jo demoversiossa olevat ydinvoimalan fysikaaliset mallit ovat ohjelmakoodin ja fysiikan osalta sen verran monimutkaisia, että niiden tarkasteleminen ja tulkinta on rajattu tässä projektissa kokonaan pois. Niiden osalta tukeudumme täysin jo olemassa olevaan dokumenttiin.

Ydinvoimalamalli on jo kokonaisuudessaan siirretty ohjelmaan. Tämän vuoksi projektin loppupuolen päätehtäviksi jäävät mallin toiminnan verifiointi, mallista tehtävä uusi dokumentointi sekä projektin loppuraportti.

## Päivitetty riskiarviot

Riski	Mahdollisuus	Haitat	Korjaustoimenpiteet
Henkilön sairastuminen	Suuri	Työn viivästyminen (keskisuuri)	Tehtävien allokointi toiselle tai projektin rajaaminen
Henkilön poistuminen projektista	(Toteutunut) Pieni	Työmäärän kasvaminen. Projektin epäonnistuminen.	Tavoitteiden uudelleenmäärittely siten, että loppuosa ryhmästä voi sitoutua projektiin ja se saadaan oleellisin osin maaliin.
FinPSA:n tekniset ongelmat	Keskisuuri	Huonot lopputulokset (keskisuuri)	Viesti VTT:lle ohjelman kehittäjille. Korjaustoimenpiteitä pohdittava.
FinPSA:n demoversion tekniset rajoitteet	Keskisuuri	Verifiointi epäonnistuu (keskisuuri)	Riski ei ole hallittavissa.
Laajan ohjelmiston tuottaminen ilman versionhallintajärjestelmää	Pieni (melkein valmista)	Ohjelmakoodi ei toimi (suuri)	Riski voidaan välttää ja on hyvin vältetty näin pienessä ryhmässä selkeällä tehtäväjaolla sekä selkeillä päivityskäytännöillä.

Taulukkoon on lisätty riski henkilön projektista poistumiseen. Tämänkaltaista riskiä ei ennakoitu alkuvaiheessa. Vaikka projektiryhmä oli jo alussa suhteellisen pieni (3 henkilöä) ja suhteellisesti resurssit pienenevät paljon, ei se aiheuttanut projektin onnistumisen kannalta merkittävää haittaa tai projektin lisärajaamisen tarvetta. Henkilön sairastumisen haitat on nyt luokiteltu keskisuureksi, koska projektihenkilöitä on enää kaksi ja yhden henkilön sairastuminen on suhteellisesti haitallisempaa kuin suuremmassa projektiryhmässä.

<sup>1</sup> Okkonen, Timo. *Development of a Parametric Containment Event Tree Model for a Severe PWR Accident*. Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, 1996.