

The logo for Teollisuuden Voima Oyj (TVO), consisting of the letters 'TVO' in a white, bold, sans-serif font inside a dark blue circle.

EXPECTATIONS VERSUS RESULTS OF SAFIR2014

TVO'S FEEDBACK IN FINAL SEMINAR OF SAFIR2014
NUCLEAR SAFETY R&D PROGRAMME

18.3.2015 HANASAARI



Heikinheimo Liisa
Head of R&D

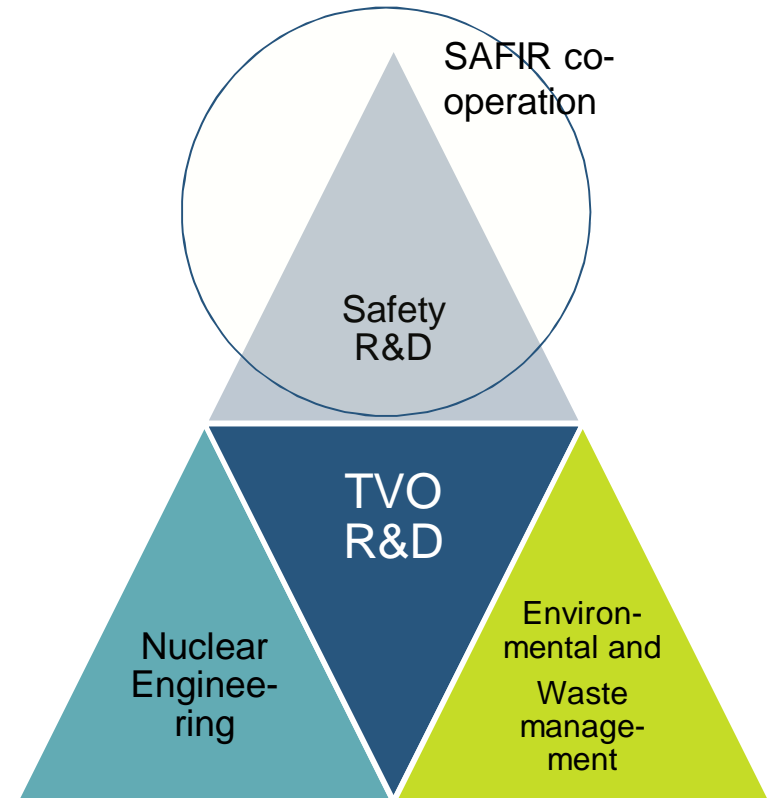
TVO – INPUT TO THE SAFIR2014 PROGRAMME

TVO VOLUME OF SAFIR2014 programme:

- $4 * 3,614 \text{ M€} = 14,5 \text{ M€}$ direct VYR costs
 - Extra funding depending on the year around $100 \text{ k€} / \text{yr} * 4 = 400 \text{ k€}$
 - $4 * 1,25 \text{ person years} = 5 \text{ person years}$
 - Immaterial support in all reference groups: from information exchange and reviewing reports to actual data transformation and case study guidance (with NDAs)
 - Project proposal evaluations yearly for all proposals.
-
- VYR funding / year = $3,6 \text{ M€}$
 - Experts in steering group and reference groups around 21 with roughly 2 weeks working time / year directly to the programme = 1 person year / year
 - Internal Safety research group at TVO will gather 3 – 4 times a year to plan, monitor and discuss about the programme and related R&D projects and co-operation = 2 person months / year,

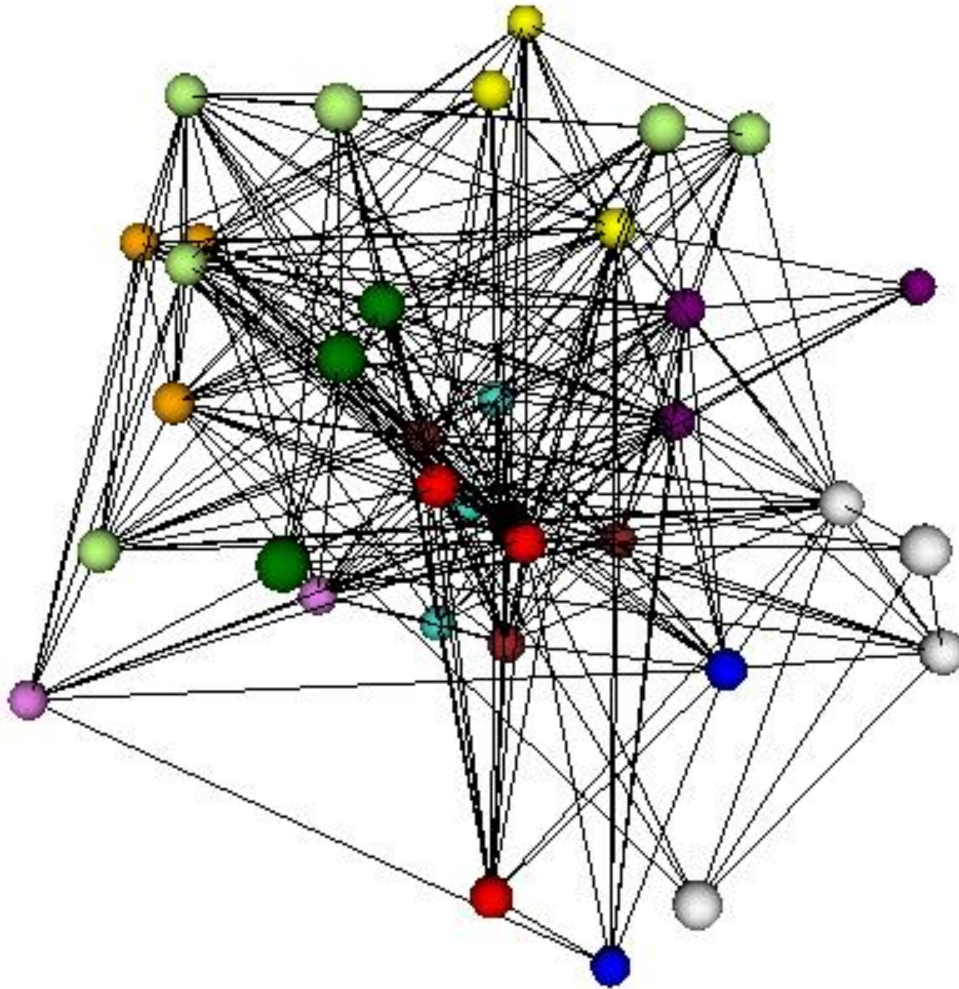
TVO R&D GENERAL

- TVO R&D activity is divided into three groups:
 - **Safety R&D** (linked to national SAFIR2014/2018* programmes and international collaboration)
 - **Nuclear engineering R&D** (for maintenance, modernisations and licensing, new build projects)
 - **Environmental and waste management R&D** (for operational R&D needs, nuclear fuel disposal carried out in Posiva Oy owned by TVO and Fortum and national waste management R&D programme KYT2014/2018**)



SAFETY
ECONOMY SUSTAINABILITY

SPINDEL ANALYSIS – TVO SAFETY R&D GROUP / RESCAS 2014



1. SAFIR-johtoryhmän edustajat
2. Ihminen, organisaatio ja yhteiskunta
3. Automaatio ja valvomo
4. Polttoainetutkimus ja reaktorianalyysi
5. Termohydrauliikka
6. Vakavat onnettomuudet
7. Reaktoripiirin rakenteellinen turvallisuus
8. Rakennustekninen turvallisuus
9. Todennäköisyyspohjainen riskianalyysi (PRA)
10. Tutkimusinfrastruktuurin kehittäminen
11. Tukiryhmien edustajien esimiehet
12. SAFIR yhteistyökumppanit

TVO EXPECTATIONS

- OL1&OL2 (2 x 880 MW BWRs) LTO operation with modernisations
- OL3 (1600 MW EPR) needs for the licensing, start up and planning the life time management.
- New types of technical solutions to be assessed
- New types of modelling and simulation tools
- Fukushima accident and further stress tests with actions:
 - external events
 - long duration of events
 - multiple events
- Needs to extend the knowledge to the new reactor types/technologies.
- => COMMUNICATION ON ALL SAFIR LEVELS NEEDED!

STRESS TEST ACTIONS - OLKILUOTO SITE :

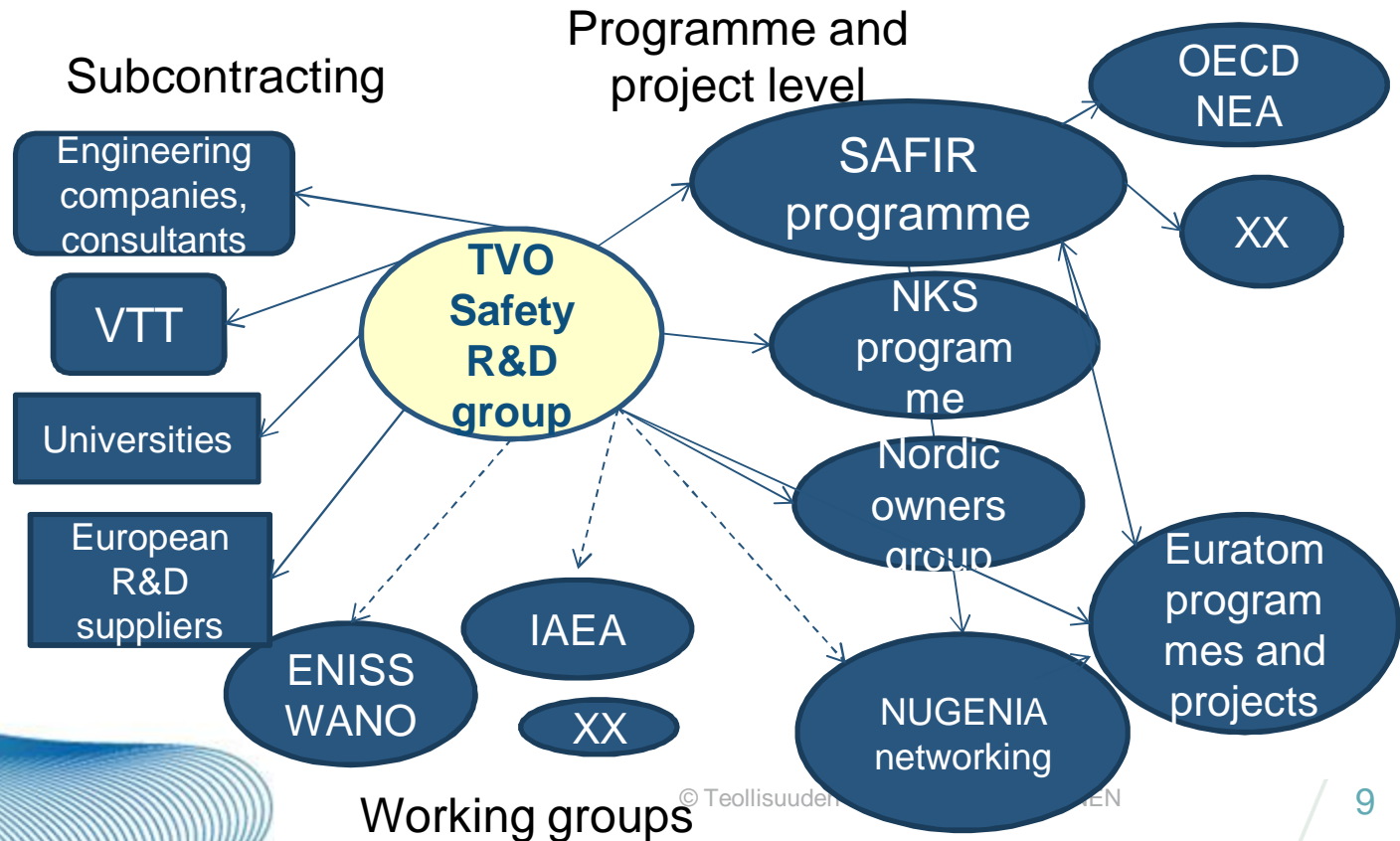
Natural hazards <i>R&D co-operation</i>	Design issues	Severe accident management
Updating the seismic fragility analyses of the spent fuel pools and fire strengthening systems	Conceptual design of independent way of pumping water into the RPV	Capability if dealing with multi-unit severe accidents; updating the emergency plans and organisation
Improvements against the exceptionally high seawater level on the cooling systems of the spent fuel interim storage	Preventing overheating of the auxiliary feed water system (independent of sea water cooling)	Reactor building top venting for steam escape; hydrogen possibly formed could be exhausted through this as well
Analysis of consequences of beyond design basis low and high temperature	Evaluation of suitability of biodiesel Implementation of mobile power supply	Plans to restoring access routes to the site
Analysis of tornados and downbursts on plant structures and systems	Implementation of mobile power supply (re-charge of batteries incl.)	Enhancement of the emergency plan on radiation measurement patrols
	Evaluation of demineralised water reservoirs	Enhancement of adequacy of the maintenance personnel in case of emergency
	Evaluation of demineralised water usage in an accident concerning all units and spent fuel pools at the site	Evaluation of suitability of emergency preparedness personnel to their duties
	Ensuring the water injection into the spent fuel pools and monitoring the conditions of the pool.	Plans for access control and radiation monitoring of the staff and decontamination measures in extreme natural hazards
		Improvement of communication capabilities

Lyhenne	Tutkimuksen näkökohdat (yleinen/käyvät laitokset/tulevat/muu)	Tavoite	OL3 / EPR-laitostyyppiin liittyvä tutkimus / caset	Saadut tulokset / kehityskohteet (Deliverables 2013)	Kansainvälinen yhteistyö
CORSICA	Tulevat I&C -ohjelmistot. Turvallisuuskriittisten I&C ohjelmistojen täsmällinen ja kattava varmistaminen. 1) Ohjelmiston arvioinnin yhteys luotettavuuteen 2) Matalan tason kattavuus sekä validointi ja verifiointi ohjelmiston arvioinnissa 3) Osakkaiden välinen heikko kommunikointi turvallisuusohjelmiston lisensoinnissa 4) Uusi teknologia vaatii uusia laadunvarmistuksen menettelytapoja 5) Ohjelmistotuotannolle ei standardeja	1) Menetelmien kehittäminen turvallisuuskriittisten I&C -ohjelmistojen ja järjestelmien sertifiointille ja kelpoistukselle. 2) Turvallisuusstandardien vertailu 3) Testausalustan luominen funktioohko pohjaisille järjestelmille 4) Riskianalyysimenetelmät digitaalisille I&C -järjestelmille, uusien teknologioiden V&V (mm. kenttäohjelmoitava porttimatriisi FPGA) 5) Turvallisuuden todentaminen	- OL3 -laitokseen tulee FPGA-pohjainen kiinteä varajärjestelmä (Lotjönen 2013) - Tapa, millä OL3-automaation kelpoistus ja esittäminen STUK:lle suoritetaan	3) Kehitetty tekniikka, jolla voidaan luoda testejä ja funktioohko pohjaisille järjestelmille automaattisesti. 4) Case study -järjestelmä FPGA laitteille. Power Limitation System: sovellustason suunnittelumalli, VHDL-tason malli ja synteesitason malli.	OECD/NEA CSNI Working Group on Human and Organisational Factors (WGHOFF)
CRISTAL	Yleinen polttoainetutkimus, tulevat polttoaineen muutokset, uudet reaktoriyytit, uudet latausstrategiat ja suurempi palama. Kriittisyysturvallisuus ja kuljetusmenetelmät reaktorianalyysissä. - VTT:llä on jo kattava fysiikkasimulointiohjelma - Kriittisyysturvallisuuden asiantuntijajakato viimeisten vuosien aikana. Polttoaineen rikastusasteen nosto, palamakrediitin käyttö - Reaktoridosimetrian asiantuntijoiden eläköityminen - Kansainvälinen tiedonvaihto	Uusien reaktorifysiikan asiantuntijoiden kouluttaminen. 1) Laskentamenetelmien kehittäminen. Kuljetus- ja nodaaliset menetelmät. Epävarmuus- ja herkkyysanalyysi. 2) Kriittisyysturvallisuus. 3) Reaktoridosimetria. 4) Kansainvälinen yhteistyö.	- EPR-vaikutusalojen parametritarkastelu - EPR-vaikutusalojen laskentajärjestelmä (EPRXS.pl) - EPR-nipun aktiivisuusinventaarit	- EPRXS.pl -skriptin kirjoitus. - Lutta kokemusta inventaarilaskuista. - Yleisen häiriöteorian kehitys herkkyys- ja epävarmuusanalyysejä varten. - Osallistuminen OECD/NEA Phase IIIC benchmarkkiin paransi tietämystä palamakrediitin käytöstä - Validointipaketti MCNP:lle sai 14 lisäsiotettä SF-9 reaktorista. - PREVIEW poikkileikkaukset vastaamaan uusinta IRDFF kirjastoa.	2) OECD/NEA Working Party for Nuclear Criticality Safety (WPNCSS) 4) OECD/NEA Nuclear Science Committee (NSC). Working Party on Nuclear Criticality Safety
SGEN	Käyvät / tulevat laitokset, VVER, EPR pystyhöyrystimet. Ydinvoimalaitosten höyrystimien CFD-mallintaminen, VVER vaakahöyrystimet, EPR pystyhöyrystimet. Valmiiden FLUENT ja APROS -mallien kehittäminen ja parantaminen.	3D CFD -simulointiyökalun kehittäminen painetransienttien ja höyrögeneraattorin sekundääripuolen lämpökuormien mallinnukseen. Mallia voidaan käyttää oletettujen onnettomuustilanteiden analyysin ja höyrystimien eliniänhallintaan. Uusien asiantuntijoiden kouluttaminen.	- EPR-höyrystimen 3D CFD-mallinnus. Mallin verifiointi tasakäytössä.	- Turbiinin ohitusventtiilin käyttöhairion CFD-simulointi VVER-440 vaakahöyrystimessä - EPR höyrystimen 3D CFD-mallin konstruointi. Mallin verifiointi tasakäytössä.	
VESPA	Käyvät / tulevat laitokset, EPR, PWR, BWR, KPA. Reaktoripaineastian puhkeaminen, höyryrajähdysten mallinnus, KPA-aldaiden onnettomuudet. SANDIA-tutkimustulosten (USA) hyödyntäminen paineastian deformaatioissa. OECD/SERENA2 projektit KROTOS ja TROI höyryrajähdysten mallinnuksen apuna. Tieto Fukushima KPA-aldaiden onnettomuuksien mallintamisen apuna.	1) Kaupallisen Abaqus-koodin sopivuus paineastian alemman pään deformaatioiden mallinnukseen. Uuden asiantuntijan kouluttaminen paineastian alemman pään mekaanisiin analyyseihin. Valmiuden kohottaminen paineastian puhkeamisen analyysin onnettomuuskkenaarioihin. ASTEC-analyysin kehittäminen OL3 paineastian onnettomuuden mallinnusta varten. 2) Höyryrajähdysten arviointi PWR ja BWR -laitoksissa MC3D-koodilla. Uuden asiantuntijan kouluttaminen koodille höyryrajähdysalueella. 3) Analyysiyökalun kehittäminen (PANAMA) KPA-jäähdytyksen menettämiseksi reaktorirakennuksessa (CFD).	- EPR onnettomuuskkenaarion ASTEC analyysi	- OLHF-1 simulaatiotestin (Abaqus) mukaan kokeellisella 2) Task 8 of NKS project DECOSE materiaali testitiedolla on oleellinen vaikutus laskennallisiin tuloksiin. - PANAMA laskentajärjestelmän kehitys. Hitaan höyrystymisen ja veden tason lasku polttoainesauvojen ympärillä, CFD-mallinnus. - MELCOR-tulosten mukaan, KPA-aldaiden jäähdytyksen menetykseen on runsaasti reagointiaikaa, jos altaissa ei ole vuotoa. Toisaalta pienikin vuoto altaan pohjassa vähentää käytettävissä olevaa aikaa huomattavasti. - I-ONE21-konferenssiin osallistuminen. Esitelmä: käytetyn polttoaineen altdaiden jäähdytyksen menetykseen reaktorihallissa pohjoismaisissa BWR-laitoksissa.	

Lyhenne	Tutkimuksen näkökohdat (yleinen/käyvät laitokset/tulevat/muu)	Tavoite	OL3 / EPR-laitostyyppiin liittyvä tutkimus / caset	Saadut tulokset / kehityskohteet (Deliverables 2013)	Kansainvälinen yhteistyö
ENVIS	Nykyiset (extended use) / tulevat (long life design) laitokset, LWR, OL3- ja CF8. - Dynaaminen myötövanheneminen (DSA) austeniittisissa ruostumattomissa teräksissä - Nikkelipohjaisten seoksien mikrorakenne eripariliitoksissa	1) Ymmärryksen lisääminen austeniittisten materiaalien	- Uudet modernit nikkelipohjaiset materiaalit. Type 304 - Kirjallisuusselvitys: BWR jännityskorroosiomurtumisen testauksen nopeuttaminen superkriittisessä vesiympäristössä - BWR höyrykuivaimesta poistetun tyypin 316L metallin mikrorakenteellinen luokittelu - Kovahitsatun seoksen ikääntyminen pitkällä aikavälillä BWR olosuhteissa - FEG SEM/EDS/EBSO ja nano-painumamittausten tulokset - LTCP-tutkimukset (Alloy 182, 152 ja 52). - Nano-kovuuden tutkimus tyypin 316L hitsausaineesta - TEM-tutkimukset vaimenninlevyn pulteista (baffle bolt) - "Ei-monotonisen syklisen kuormituksen ja dynaamisen myötövanhenemisen vaikutus austeniittisen ruostumattoman teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin" -diplomityö - Polttoaineiden suojakuorimateriaalien kaksiakselisen virumatestauslaitteiston suunnittelu, valmistus, kokoaminen ja käyttöönotto. - Kansainvälinen yhteistyö: Osallistuminen NEA Degradation and Ageing Programme (CODAP) -projektiin. ENVIS-projektin tulokset uusista nikkelipohjaisista metalliseoksista (käytetty esim. OL3). MIT (USA), KAPL (USA) ja KAERI (Korea).	- Kirjallisuusselvitys: BWR jännityskorroosiomurtumisen tulokset - Kirjallisuusselvitys: BWR jännityskorroosiomurtumisen tulokset	3) EU PERFORM60, OECD Halden Reactor Project 4) NUGENIA INCEFA (Horizon 2020) 6) MIT, USA, KAIST, Korea 8) CEA 10) SSM, Ruotsi, DEFSPEED-projekti VTT:n osallistuminen ICG-EAC (EAC, IASCC) OECD/NEA SCAP, CODAP-projekti
SMASH					
PRADA	Yleinen, PRA. Todennäköisyyspohjaisen riskianalyysin kehittäminen ja soveltaminen.	1) Human reliability -analyysi 2) Dynaaminen PRA. Integroitu deterministinen ja todennäköisyysperustainen turvallisuusarviointi. PRA:n ehkäisy- ja onnettomuustoimintamallit. 3) Tason 3 PRA 4) Epätarkkojen todennäköisyyksien tarkkuuden parantaminen		- NPSAG-seminaari - EXAM HRA Case study C. 16 -luonnos. Suuri kuorman tiputus. - EXAM HRA Case study C. 14 -luonnos - EXAM HRA sovellusohje, luonnos - Ex-paineastia, höyryrajaohje, case study OL1/OL2 - Tason 3 case study -suunnitelma - Tason 3 PSA workshop, Tukholma - Tason 3 vaatimusten erittely, luonnos	3) Risk Pilot, Scandpower, ES-konsultti

TVO RECOMMENDATIONS

- R&D supply chain thinking – "strategy and positioning"
- Efficient co-operation internationally with added value to SAFIR programme
- More space for new projects – maintaining is a tradition.



THANK YOU!



Photo: Liisa Heikinheimo