



Sviluppo competenze scientifiche nel campo della sicurezza nucleare

SCENARIO DI RIFERIMENTO

In Occidente è forte la necessità di rivalutare i margini di sicurezza degli impianti in esercizio o in costruzione e di procedere a un rinnovato impegno sui temi della ricerca, della riduzione e messa in sicurezza dei rifiuti, della cooperazione internazionale per l'impiego sicuro del nucleare negli usi civili.

In Italia, dove da tempo le centrali dotate di reattori di GEN II sono state fermate, non si ha necessità diretta nel procedere a studi e ad applicazioni per il miglioramento dello standard di funzionamento di questo tipo di sistemi.

Nondimeno, come paese tecnologicamente sviluppato e allineato agli standard degli altri paesi occidentali, l'Italia ha l'obbligo di mantenere vive le conoscenze scientifiche nel campo della fissione nucleare, dando priorità assoluta al mantenimento delle conoscenze nel settore della sicurezza e concentrando i propri sforzi nei settori della ricerca e della cooperazione internazionale per l'impiego sicuro, anche oltre i suoi confini geografici, degli impianti esistenti e del nucleare di prossima generazione.

Il nuovo quadro di riferimento delineatosi in Italia a seguito dell'incidente di Fukushima, e del successivo referendum, ha portato ad una rimodulazione delle attività di R&S previste nell'ambito del programma triennale 2012-2014. In particolare, si è ritenuto necessario che le esigenze primarie fossero la conservazione nel Paese di un sistema di competenze scientifiche sotto il profilo della sicurezza e delle attività rivolte allo sviluppo di sistemi di IV generazione.

Il problema della sicurezza nucleare coinvolge tutti i Paesi, a prescindere dall'esistenza nel proprio territorio di centrali elettronucleari in esercizio, e nel caso dell'Italia esso si presenta in modo molto concreto, vista la presenza di diverse centrali nucleari entro il limite di 200 km dai confini nazionali. La stessa

Commissione Europea ha stabilito che ciascuna nazione si attrezzi per essere in grado di operare valutazioni indipendenti dello stato di sicurezza di queste centrali.

La partecipazione alle iniziative e piattaforme Europee come SNETP (Sustainable Nuclear Energy Technology

Platform) ed ESNII (European Sustainable Nuclear Industrial Initiative) per la definizione di una strategia europea sulla produzione economica, sicura e sostenibile dell'energia nucleare, ha permesso all'ENEA di essere presente in diversi progetti europei del VII Framework Program EURATOM, indirizzati allo sviluppo/validazione di strumenti e metodi innovativi per l'analisi della sicurezza negli impianti nucleari, tra cui si ricordano i progetti SARNET2, SARGEN-IV, JASMIN, CESAM, NURESAFE.

Le attività di ricerca fanno riferimento a esperienze acquisite nell'ambito di accordi internazionali di collaborazione con vari enti e università e ad accordi bilaterali, in particolare stipulati con le organizzazioni francesi CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) e IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire), e con la US-NRC (United States Nuclear Regulatory Commission).

Grazie a questo background è ora possibile aumen-



tare le conoscenze di base e arricchire l'esperienza precedentemente maturata. Le attività riguardano l'acquisizione di strumenti, metodologie e tecnologie avanzate che permettano una valutazione indipendente circa la sicurezza, sostenibilità e affidabilità delle concezioni innovative oltre che delle installazioni nucleari attuali.

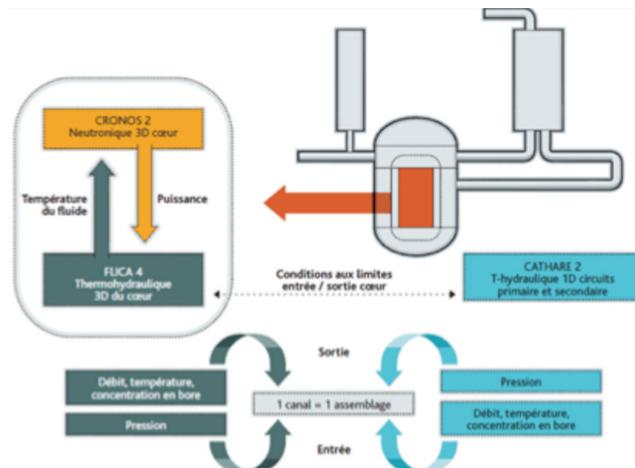
OBIETTIVI

L'intento del progetto è quello di contribuire a mantenere le competenze tecniche e scientifiche necessarie agli studi sulla sicurezza dei reattori e sviluppare una capacità autonoma di valutazione delle diverse opzioni tecnologiche, in particolare dal punto di vista della sicurezza e della sostenibilità anche grazie ad accordi bilaterali con grandi istituzioni di ricerca quali il CEA e l'IRSN francesi, i laboratori del DOE americano ecc. In tal modo l'Italia partecipa a pieno titolo alle grandi iniziative di R&S internazionali/europee sul nuovo nucleare (GIF, INPRO, IFNEC, SNETP, ESNII, EERA, programmi EURATOM ecc.). Parallelamente, si supporta il sistema di ricerca nucleare italiano per lo sviluppo di reattori di IV generazione (LFR e SMR), con relativo ciclo del combustibile, in termini di competenze, infrastrutture di ricerca, laboratori, processi di qualificazione, mantenendo ad alto livello le competenze sul nucleare da fissione per rendere possibile la valutazione di progetti di reattori innovativi proposti in ambito internazionale. Gli obiettivi proposti sono:

- Acquisizione, sviluppo e validazione di codici e metodi per studi e analisi di sicurezza e sostenibilità, garantendo un adeguato training per il loro corretto utilizzo.
- Sviluppo di metodologie avanzate per la valutazione delle conseguenze incidentali in impianti nucleari tenendo conto dell'evento di Fukushima Dai-ichi e delle risultanze degli stress test europei.
- Realizzazione di attività sperimentali e di studi a supporto della qualifica di sistemi, strumentazione e componenti innovativi e della validazione della modellistica per l'analisi incidentale di reattori innovativi.

RISULTATI

Con riferimento allo sviluppo di competenze sulla sicurezza nucleare, le attività di ricerca hanno riguardato l'acquisizione, sviluppo e validazione di codici e metodi per studi e analisi di sicurezza e sostenibilità, garantendo un adeguato training per il loro cor-



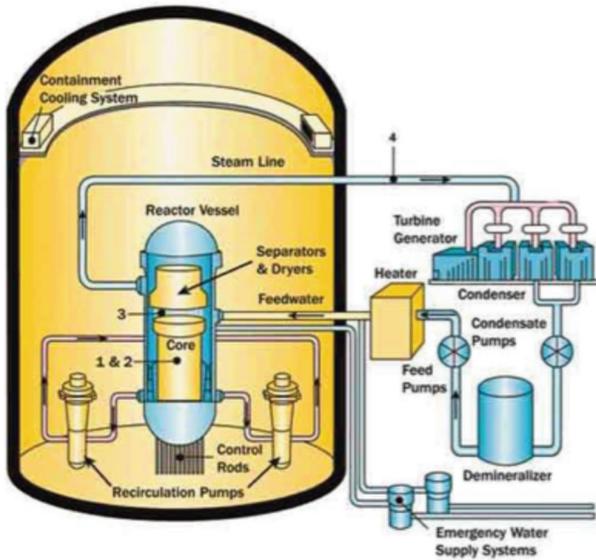
Accoppiamento neutronico-termoidraulico nella catena di calcolo HEMERA

retto utilizzo. Questi strumenti, in gran parte oggetto di accordi di collaborazione con gli enti francesi CEA e IRSN, riguardano le diverse tematiche implicate nel funzionamento di un sistema estremamente complesso come un impianto nucleare: modellistica di base per la realizzazione di librerie di dati nucleari; codici di neutronica deterministici e Monte Carlo per l'analisi neutronica del reattore; piattaforme di calcolo avanzate con capacità "multi-scale" e "multi-physics" per la simulazione T/H dell'intero impianto e di specifici componenti; codici di calcolo, meccanicistici e integrali, per la valutazione delle conseguenze di incidenti gravi; modellistica per la valutazione del rilascio e della diffusione dei contaminanti radioattivi; metodi per la valutazione degli impianti nucleari sotto l'aspetto della resistenza alla proliferazione nucleare e degli aspetti tecnici ed economici di interfaccia safety-security.

Sono state sviluppate metodologie avanzate per la valutazione delle conseguenze incidentali in impianti nucleari tenendo conto dell'evento di Fukushima Dai-ichi e delle risultanze degli stress test europei. In particolare si è operato per la realizzazione di una struttura di base finalizzata alla creazione di un sistema esperto a supporto delle valutazioni di sicurezza per i reattori europei, per l'applicazione di approcci di tipo probabilistico, deterministico e integrato (probabilistico-deterministico) per la sicurezza di reattori innovativi che tenga conto dell'affidabilità dei sistemi di sicurezza passivi.

Infine sono state svolte attività sperimentali e di studio a supporto della qualifica di sistemi, strumentazione e componenti innovativi e della validazione della modellistica per l'analisi incidentale di reattori innovativi. Queste attività sono state principalmente

indirizzate al completamento dell'impianto integrale SPES-3 in corso di realizzazione presso la SIET e alla progettazione/realizzazione di campagne sperimentali in mock-up di componenti realizzati nel corso del precedente piano triennale.



Schema di centrale con reattore BWR (Boiling Water Reactor)

Di seguito sono sinteticamente riportati i principali risultati ottenuti nell'ambito di questa linea progettuale.

Riguardo il primo obiettivo, sono stati svolti i seguenti quattro studi fondamentali:

1. Dati nucleari e librerie per schermaggio e dosimetria.
2. Metodi Monte Carlo e deterministici per analisi di sicurezza del nocciolo e stoccaggio combustibile.
3. Acquisizione, sviluppo e validazione di strumenti di calcolo per la valutazione delle conseguenze di incidenti gravi.
4. Metodi per valutazioni di sostenibilità.

I risultati ottenuti sono:

- Approfondimento e definizione avanzata degli effetti di struttura nucleare sulla fissione neutronica di ^{239}Pu .
- Realizzazione di una libreria di dati nucleari: BUGCENDF70.BOLIB – An ENEA-Bologna ENDF/B-VII.0 Cross Section Library (47 n + 20 n) in FIDO-ANISN Format for LWR Shielding and Pressure Vessel Dosimetry Applications.
- Produzione di uno stato dell'arte sull'uso di codici Monte Carlo nel progetto di reattori PWR: Studio del Tilt nell'ambito del PWR Benchmark presso NEA UAM e prova di nuovi algoritmi in calcoli Monte Carlo agli autovalori con l'uso del metodo

“Source-Iteration”.

- Analisi neutronica per valutazioni di sicurezza del nocciolo di start-up di un PWR da 900 MWe.
- Acquisizione del codice FLICA: Metodi di calcolo utilizzati nei codici francesi per l'analisi termoidraulica di nocciolo dei PWR.
- Calcoli e valutazioni di sequenze incidentali rilevanti ai fini di studi di sicurezza in impianti esistenti e di nuova concezione con l'uso di codici di calcolo, meccanicistici e integrali, specifici per l'analisi degli incidenti gravi.
- Metodi per valutazioni di sostenibilità legati a resistenza alla proliferazione, ciclo del combustibile, interfaccia safety/security e scenari energetici.
- Mappa delle emissioni specifiche e del costo medio di generazione di diversi mix elettrici.

Nell'ambito del secondo obiettivo sono stati svolti i tre seguenti studi fondamentali:

1. “Sviluppo di una metodologia per valutazioni di sicurezza in situazioni di pre-emergenza o incidentali”.
2. “Applicazione di metodologia PSA e IDPSA del tipo “Risk-Informed per la stima del rischio da eventi esterni”.
3. “Confronto e valutazione della risposta di sistemi attivi e passivi in reattori innovativi”.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- Calcoli di inventario di nocciolo: affinamento della metodologia e applicazione ai reattori frontaliери.
- Calcoli per la caratterizzazione dei vari impianti nucleari in differenti condizioni di incidente grave.
- Definizione delle basi attraverso SOAR e successivo avanzamento nella realizzazione di un database esperto per supportare la gestione di una situazione di crisi.
- Sviluppo di una catena di simulazione fast-running per le fasi avanzate dell'incidente.
- Metodologie di analisi degli eventi esterni e stima del rischio.
- Confronto e valutazione della risposta di sistemi attivi e passivi in reattori a fronte di sequenze incidentali significative ai fini della sicurezza.

Per il terzo obiettivo sono stati svolti due studi:

1. Studi per il completamento della facility SPES-3 presso la SIET.
2. Sperimentazione su componenti critici e strumentazione prototipica per reattori innovativi.

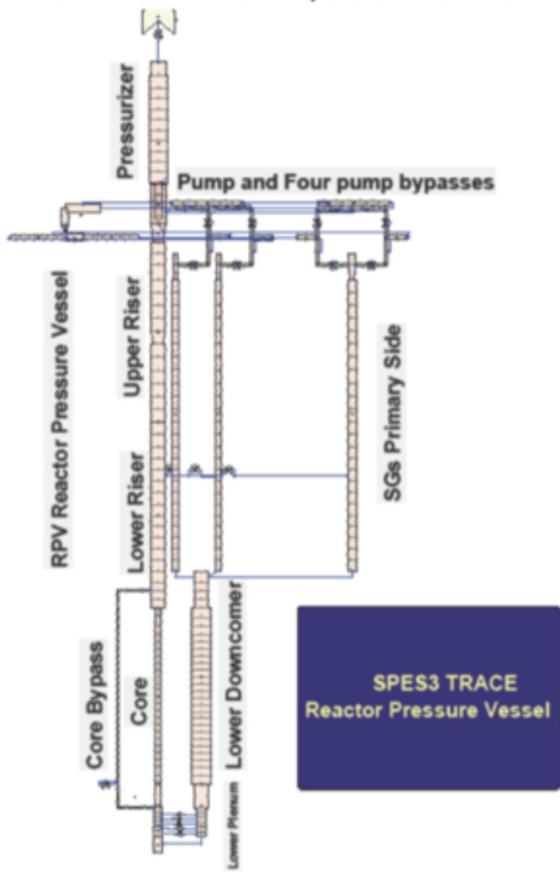
I risultati ottenuti sono i seguenti:

- Valutazione dei costi per la realizzazione della configurazione originale della Facility SPES-3 presso la SIET.
- Fattibilità di una diversa configurazione della

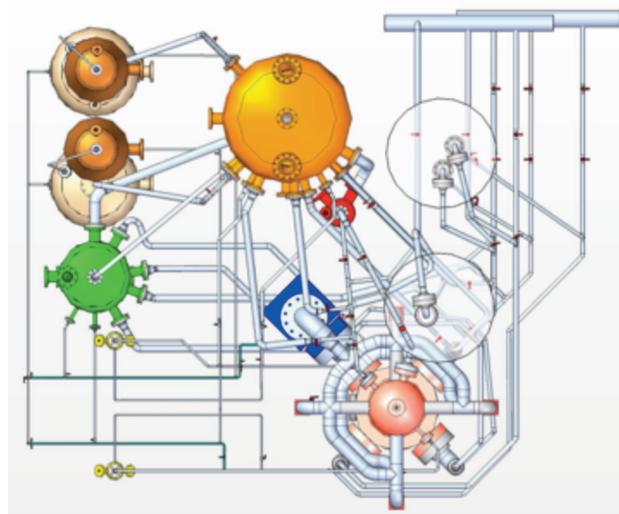
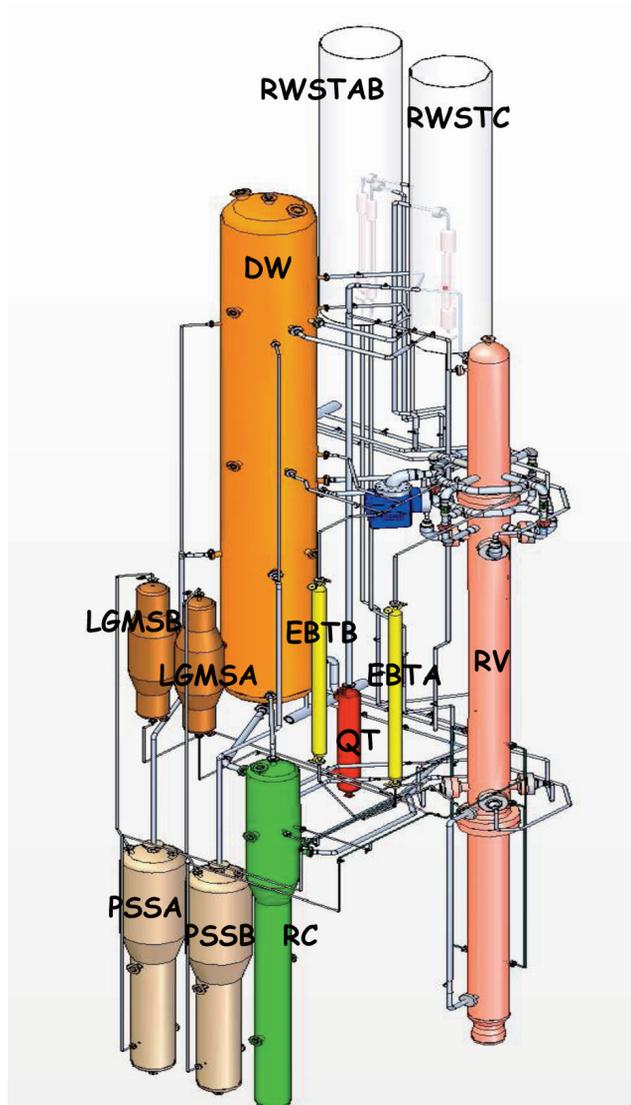
facility SPES-3.

- Prove sperimentali e modello numerico dello Spool Piece (costituito da Venturi e misuratore di grado di vuoto) in deflusso bifase.
- Messa a punto della strumentazione per la misura della portata bifase nella facility SPES-3.
- Validazione codici e qualifica modelli per problematiche di miscelamento e scambio termico in reattori innovativi.

SPES – Simulatore Pressurizzato Esperienze di Sicurezza



Nodalizzazione del circuito primario per calcoli col codice TRACE



Vista generale di SPES-3

Area di ricerca: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto B.3.1 – L.P.1: Sviluppo competenze scientifiche nel campo della sicurezza nucleare

Referente: F. De Rosa, felice.derosa@enea.it