

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

NUOVO NUCLEARE DA FISSIONE - SUPPORTO ALL'AUTORITÀ DI SICUREZZA

Tema di ricerca 5.2.5.8 - Linea progettuale 5: Supporto all'Autorità istituzionale di sicurezza per gli iter autorizzativi, anche al fine di elevare il grado di accettazione dei reattori di III generazione. Comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche

Scenario di riferimento

Alla luce delle recenti dichiarazioni e determinazioni del Governo, miranti a creare le condizioni per la realizzazione sul suolo italiano di impianti nucleari di III generazione, le attività di ricerca sono state orientate sui reattori di terza generazione per fornire un'esauriente informazione sia sulle possibili opzioni tecnologiche (EPR, AP-1000, con apertura allo studio di altre proposte), sia sullo stato attuale e sulle necessità di sviluppo di modellistica, infrastrutture e normativa a supporto della loro comparazione, valutazione e qualifica.

Obiettivi

Sono stati individuati i seguenti obiettivi:

- base informativa: studi di comparazione delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche per la produzione di energia nucleare;
- modellistica: messa a punto di metodi e raccolta/elaborazione di informazioni sulle metodologie di calcolo più aggiornate utilizzate per lo studio della sicurezza dei più recenti reattori commerciali (III generazione di tipo evolutivo) a supporto della loro valutazione e certificazione;
- qualifica sperimentale: adeguamento tecnologico degli impianti sperimentali dedicati alla qualifica sperimentale, individuazione delle normative di riferimento e studio e programmazione di prove di qualifica sperimentale di sistemi e componenti, a supporto dell'iter di certificazione.



Risultati

Base informativa sulla realizzazione di reattori di III generazione

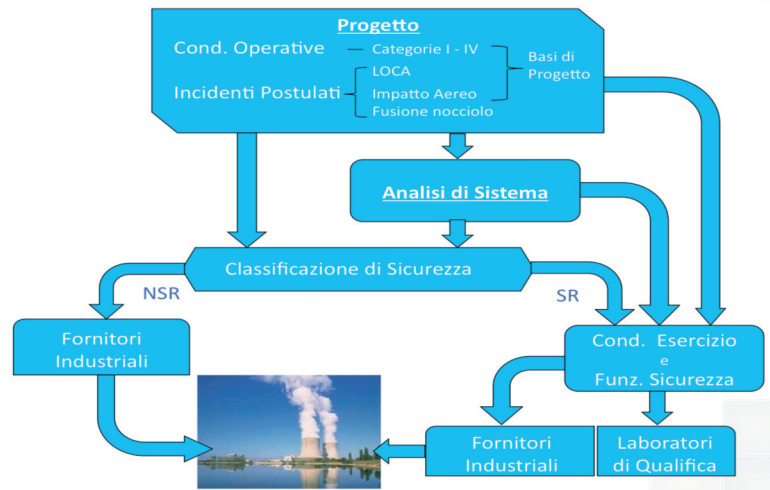
Lo studio comparativo delle attuali opzioni scientifiche e tecnologiche per la produzione di energia nucleare è stato orientato alla ricerca di informazioni aggiornate sulle proposte di maggiore interesse in Europa e in Italia, e alla loro elaborazione in un quadro omogeneo e referenziato. L'attenzione è stata rivolta alle due proposte di maggiore interesse per l'Italia, in accordo con le indicazioni che si sono delineate durante lo studio attraverso i contatti ufficiali di rappresentanti del governo e delle maggiori realtà industriali coinvolte: EPR di Areva (Francia) e AP-1000 di Toshiba-Westinghouse (Giappone-Stati Uniti).

Nella fase informativa lo spettro delle tecnologie esplorato è stato più ampio e ha comportato incontri con vendors, con la cui collaborazione sono state organizzate giornate di studio presso le sedi ENEA, aperte agli operatori del settore, su ciascuna delle seguenti tecnologie: EPR, AP-1000, ABWR e ESBWR della GE-Hitachi Nuclear Energy, mPOWER della Babcock & Wilcox, VVER-1000 della Atomenergoprojekt (AEP, Federazione Russa). Inoltre una giornata di studio su argomenti trasversali alle diverse tecnologie è stata organizzata in collaborazione con la Technical Support Organization francese: Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), coinvolta in attività di supporto alle autorità regolatorie o al sistema industriale per EPR e VVER (in Bulgaria).

Nella fase di elaborazione l'attenzione è stata rivolta principalmente agli aspetti - tra loro fortemente correlati - che caratterizzano e differenziano le due tecnologie di maggiore interesse, EPR e AP-1000 per:

- la filosofia di sicurezza implementata nella progettazione impiantistica;
- la sensibilità della progettazione impiantistica ai requisiti derivanti dalle caratteristiche di un sito specifico e di una specifica gestione dell'impianto e del suo ciclo del combustibile;
- la gestione dei flussi della catena di fornitura, in relazione anche con i requisiti di qualificazione nucleare dei sistemi e delle componenti rilevanti per la sicurezza.

I documenti sono stati elaborati in un ambito professionale di ampia esperienza nel settore della normativa e degli standard di sicurezza. Come raccolta strutturata di informazioni, essi costituiscono una premessa essenziale per l'indirizzo delle attività di ricerca e il



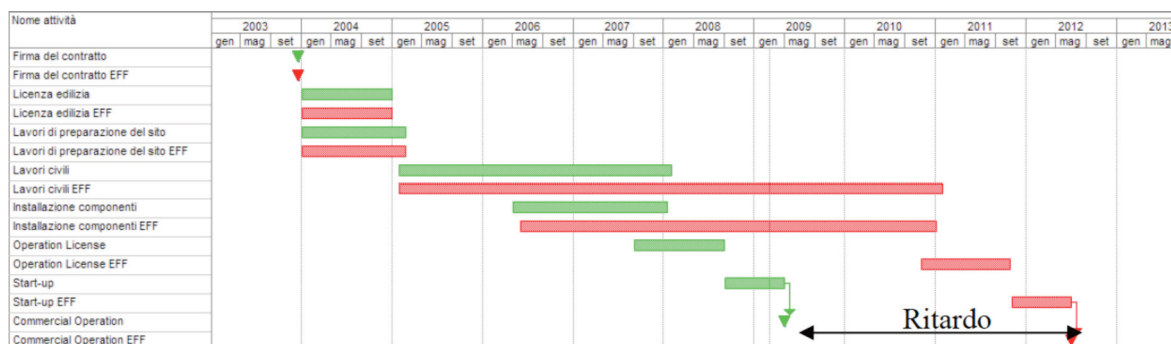
Schema dei flussi nella fase di realizzazione di una centrale nucleare

conseguente contributo allo sviluppo delle linee guida italiane sui rapporti di sicurezza, nonché alla pianificazione della formazione e dell'organizzazione delle risorse necessarie al sistema nazionale per l'implementazione della normativa di sicurezza nucleare e per la gestione delle relazioni con le organizzazioni internazionali.

Le attività per il conseguimento di questo obiettivo sono state condotte in collaborazione con CIRTEN.



Stato del cantiere OL3 in Finlandia, febbraio 2010



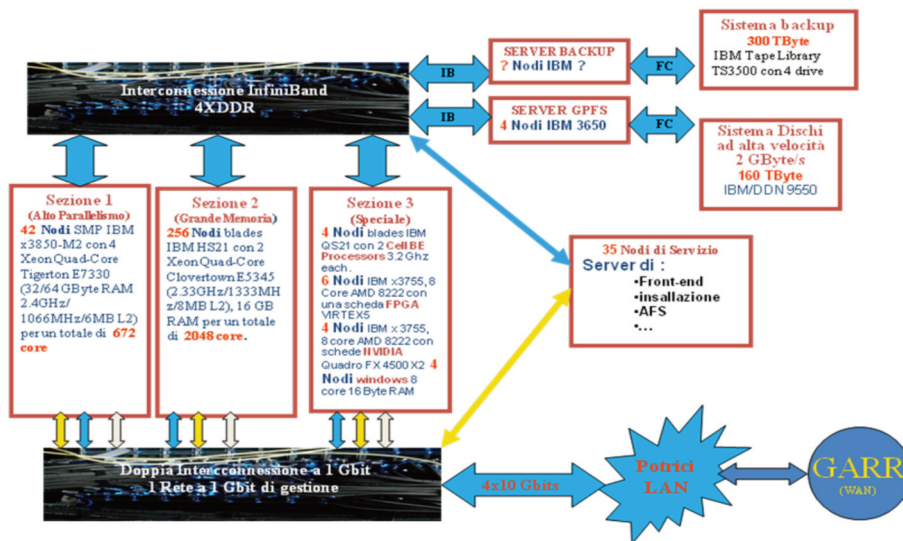
Confronto tra schedula prevista (in verde) e reale (in rosso) per la centrale OL3

Piattaforme per la modellistica

L'acquisizione e validazione di piattaforme avanzate di calcolo per lo studio dei più recenti reattori LWR commerciali (III generazione di tipo evolutivo) richiede un programma pluriennale che tenga conto dei continui sviluppi nel settore della modellistica nucleare. Il lavoro svolto ha seguito due linee principali:

- Analisi dell'attuale modellistica a supporto della progettazione e degli studi di sicurezza applicata in campo internazionale, con particolare attenzione alla realtà americana e francese, al fine di capire le necessità di sviluppo e acquisizione codici da mettere in programma per le annualità successive.
- Acquisizione e installazione sulle infrastrutture di calcolo ENEA di codici e piattaforme di calcolo che permettano di effettuare analisi multi-fisica (mutua influenza delle diverse discipline: termoidraulica,

Struttura a blocchi del sistema HPC CRESCO



Schema a blocchi infrastruttura supercalcolatore CRESCO

neutronica, termomeccanica ecc.) e multi-scala (a livello di sistema, di componente e di zone circoscritte interessate da particolari fenomenologie).

Nella prima linea il principale risultato conseguito ha riguardato il quadro dell'attuale modellistica di tipo Best Estimate (BE) utilizzata per lo studio della sicurezza dei reattori evolutivi e dell'approccio seguito per la sua corretta applicazione. Sono stati analizzati i diversi aspetti dell'utilizzo di una metodologia BE, dai possibili campi di applicazione alle procedure adottate per la qualifica dei codici, fino alle metodologie seguite per la valutazione del grado di incertezza dei risultati. In questo quadro è stata inserita una descrizione degli strumenti di calcolo attualmente disponibili in ENEA per le diverse applicazioni afferenti agli studi di sicurezza: termoidraulica, neutronica, comportamento del combustibile, Probabilistic Safety Assessment (PSA) e incidenti severi. Un'attenzione particolare è stata rivolta alle problematiche di modellistica per la valutazione del rischio derivante dalle installazioni nucleari.

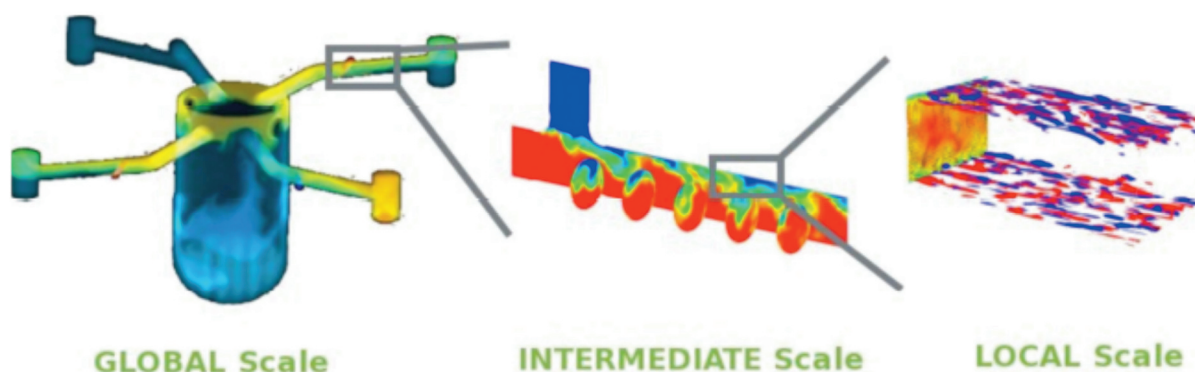
La maggior parte dell'impegno sulla seconda linea di attività ha riguardato l'implementazione sulla rete di calcolo ENEA dei codici resi disponibili nell'ambito degli accordi CAMP (Code Assessment & Maintenance Program) e CSARP (Cooperative Severe Accident Research Program) con l'US-NRC, e della piattaforma di calcolo NURISP (Nuclear Reactor Integrated Simulation Project) cui ENEA ha avuto accesso nell'ambito dell'omonimo progetto europeo. Al primo gruppo, in particolare, appartengono i codici di sistema RELAP5, TRACE e il codice MELCOR per lo studio degli incidenti severi. La piattaforma NURISP, basata sul software SALOME, consente di integrare codici diversi per sviluppare capacità di simulazione multi-fisica e multi-scala. In una prima fase le attività sono state concentrate sull'aspetto multi-scala ed attualmente sulla rete di supercalcolo ENEA sono stati installati i codici CFD (Computational Fluid Dynamics) NEPTUNE-CFD, TRIO-U, SATURNE ed è prevista l'installazione del codice di sistema CATHARE.

Nell'ambito di questa attività si è inteso anche fornire agli stakeholder italiani e a tutti i soggetti interessati un'esauriente informazione

sull'infrastruttura di calcolo disponibile, sulle modalità di acquisizione dei codici più avanzati per la modellistica nucleare e sul loro utilizzo nell'ipotesi di un ritorno alla produzione di energia elettrica da fonte nucleare.

Un'ulteriore attività ha riguardato lo sviluppo di software di simulazione per controllo/gestione di reattori LWR di III generazione di tipo evolutivo. L'utilizzo di un linguaggio "object oriented" (Modelica) ha permesso di sviluppare un software particolarmente versatile non indirizzato ad uno specifico tipo di reattore e in grado di supportare modellistica di tipo multi-fisica e di dinamica di sistema.

Le attività per il conseguimento di questo obiettivo sono state condotte in collaborazione con CIRTEN.



Applicazioni a diverse scale del codice di termo-fluidodinamica computazionale TRIO-U

Preparazione del programma di qualifica sperimentale

Scopo dell'attività è la ricostituzione dei presupposti necessari per l'implementazione di programmi sperimentali che potranno riguardare sia la qualifica industriale di sistemi e componenti d'impianto, sia la validazione degli strumenti di calcolo utilizzati per le verifiche di sicurezza richieste dal processo di licensing. Sono state sostanzialmente seguite due linee, rispettivamente dedicate al ripristino delle infrastrutture sperimentali e alla verifica della disponibilità di laboratori e di competenze in relazione alla normativa di riferimento e alle esigenze della catena di fornitura.

L'adeguamento delle infrastrutture sperimentali ha riguardato una parte dei sistemi ausiliari che, nei laboratori SIET di Piacenza, servono tutti gli impianti sperimentali tra cui l'impianto SPES-2, un simulatore integrale di impianto che fu costruito per il reattore PWR Westinghouse 312 e in seguito modificato per la certificazione del reattore evolutivo AP-600.

La disponibilità dello SPES-2, che ha l'importante peculiarità di montare sistemi di sicurezza passivi tipici di gran parte dei reattori di III generazione di tipo evolutivo, è ritenuta di estrema importanza per rinforzare le competenze nel campo della termoidraulica di sistema e supportare la qualifica dei codici di calcolo.

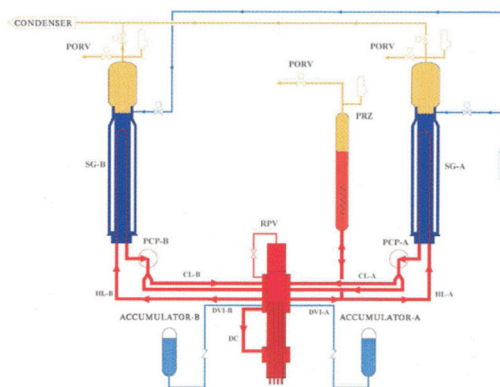
L'attività di progettazione/realizzazione di campagne di prove sperimentali significative per gli scopi precedentemente elencati, da una parte si è concretizzata nella realizzazione degli interventi necessari per

il ripristino dell'impianto effettuati dalla società SIET, dall'altra ha portato allo sviluppo da parte ENEA di un modello numerico dell'impianto SPES-2 realizzato con il codice di sistema CATHARE che supporterà la progettazione delle prove stesse.

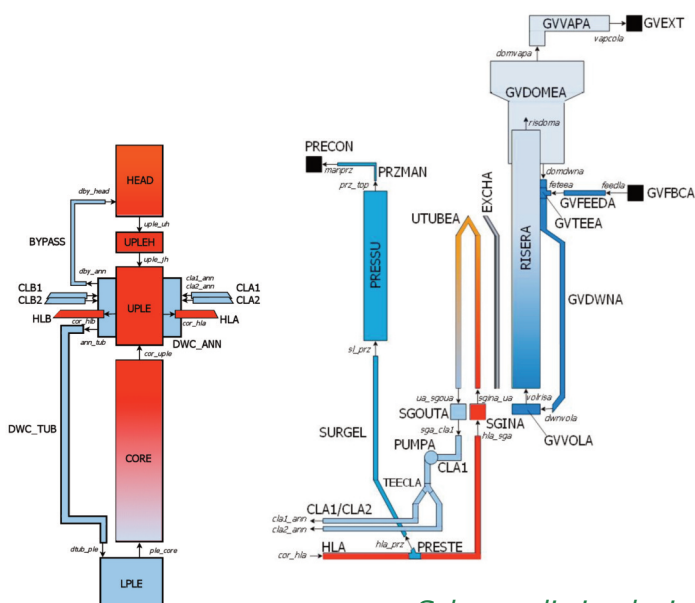
Il risultato della **verifica della disponibilità di laboratori e di competenze** in ENEA è il Dossier ENEA "Qualificazione di sistemi e componenti in ambito nucleare" distribuito a tutti gli stakeholder, nucleari e non, italiani.

Inoltre, al fine di mettere in relazione tale offerta con la futura domanda, determinata dalla normativa di riferimento e dalle esigenze delle industrie che costituiranno la catena di fornitura, si è svolta una ricerca approfondita che è stata facilitata dalla partecipazione degli esperti ENEA ai gruppi di lavoro UNICEN, dei quali fa parte anche una rappresentanza significativa dei gestori di centrali e di industrie grandi e medie che nel settore nucleare sono già impegnate, con commesse all'estero, o sono interessate ad entrare.

In tale sede sono state elaborate proposte di revisione di guide tecniche: la partecipazione degli esperti ENEA ha consentito di dettagliare e verificare le esigenze che derivano dalla specificità del sito e del relativo territorio (ad esempio per quanto concerne gli eventi esterni che impongono requisiti specifici di qualificazione nucleare) e le esigenze di ricerca e sviluppo che derivano dalle innovazioni degli impianti (ad esempio l'estensione della vita di esercizio a 60 anni e le conseguenti problematiche di qualificazione).
Le attività sono state realizzate da ENEA e da SIET.



Lay-out dell'impianto SPES2 senza sistemi passivi (SPES-99)



Schema di simulazione dell'impianto SPES-99

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.