

CIRTEN



Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare

“Attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale”

***Risultati delle attività svolte nell’ambito dell’AdP MSE/ENEA
Tema 5.2.5.8 : “Nuovo Nucleare da Fissione”***

G. Forasassi

Presidente del Consorzio Interuniversitario CIRTEN

Roma, Centro ENEA della Casaccia

26 Ottobre 2010

Accordo di Programma MSE/ENEA



Tema 5.2.5.8 : “Nuovo Nucleare da Fissione”

Il ruolo del CIRTEN



Cobeneficiario dell'ENEA

“nelle attività di programmazione tecnico-scientifica”
svolte nell'ambito dell'AdP MSE/ENEA sul tema di
ricerca “Nuovo Nucleare da Fissione”

Attività tecnico-scientifiche

Linea Progettuale 1: Studi sul nuovo nucleare e partecipazioni ad accordi internazionali/bilaterali sul nucleare da fissione.

Linea Progettuale 2: Reattori evolutivi INTD

Linea Progettuale 3: Reattori di IV Generazione

Linea Progettuale 4: Attività di ricerca e sviluppo relative alla caratterizzazione dei rifiuti radioattivi e alle fenomenologie di base tipiche di un deposito definitivo di rifiuti radioattivi di II categoria e temporaneo di rifiuti di III categoria

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.

Linea Progettuale 6: Formazione scientifica funzionale alla ripresa dell'opzione nucleare in Italia.

I e II Annualità

II Annualità

Attività tecnico-scientifiche

I^a Annualità AdP

37 Documenti Prodotti



LP1: 3 Doc. - Nuovo nucleare da fissione (Univ. Pisa; Pol. Milano)

LP2: 20 Doc. - Reattori evolutivi INTD (Univ. Palermo; Univ. Pisa; Univ. Roma; Pol. Milano; Pol. Torino)

LP3: 8 Doc. - Reattori di IV Gen. (Univ. Palermo; Univ. Pisa; Univ. Roma; Pol. Torino)

LP4: 4 Doc. - Rifiuti radioattivi e alle fenomenologie di base (Univ. Roma; Pol. Milano)

Attività tecnico-scientifiche

II^a Annualità AdP

48 Documenti Prodotti



LP1: 5 Doc. - Nuovo nucleare (Univ. Bologna; Univ. Pisa; Pol. Milano)

LP2: 19 Doc. - Reattori evolutivi INTD (Univ. Palermo; Univ. Pisa; Univ. Roma; Pol. Milano; Pol. Torino)

LP3: 7 Doc. - Reattori di IV Gen. (Univ. Bologna; Univ. Pisa; Univ. Roma; Pol. Torino)

LP4: 6 Doc. - Rifiuti radioattivi (Univ. Roma; Pol. Milano)

LP5: 6 Doc. - Supporto all'Autorità di sicurezza (Univ. Bologna; Univ. Roma; Pol. Milano)

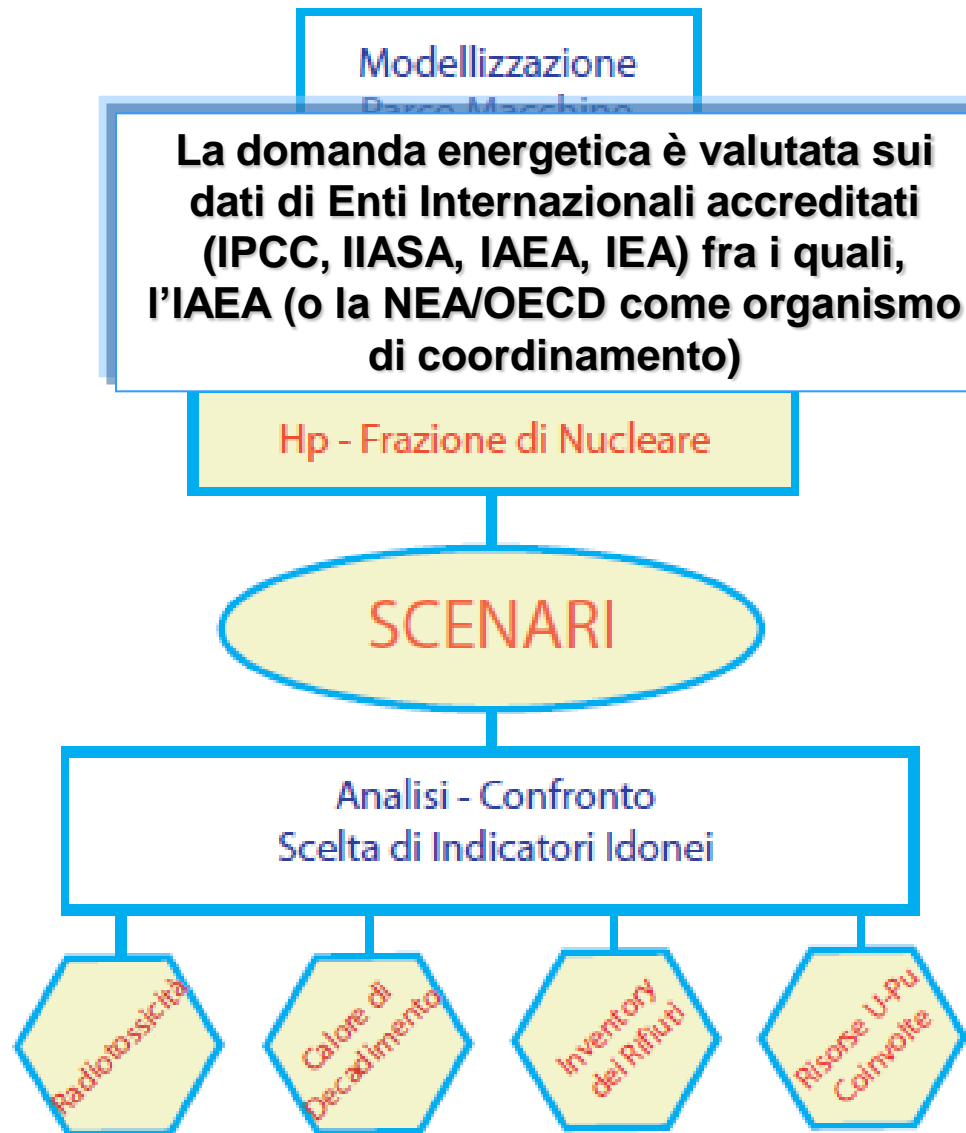
LP6: 5 Doc. - Formazione scientifica (Univ. Pisa)

ATTIVITA' CIRTEN



LP1 - Studi sul nuovo nucleare da fissione

La metodologia usata nelle analisi di scenario energetico, Internazionale e Nazionale, considera il ciclo del combustibile e permette di analizzare anche l'andamento storico seguito dalla produzione elettrica nucleare per avere una continuità con il passato



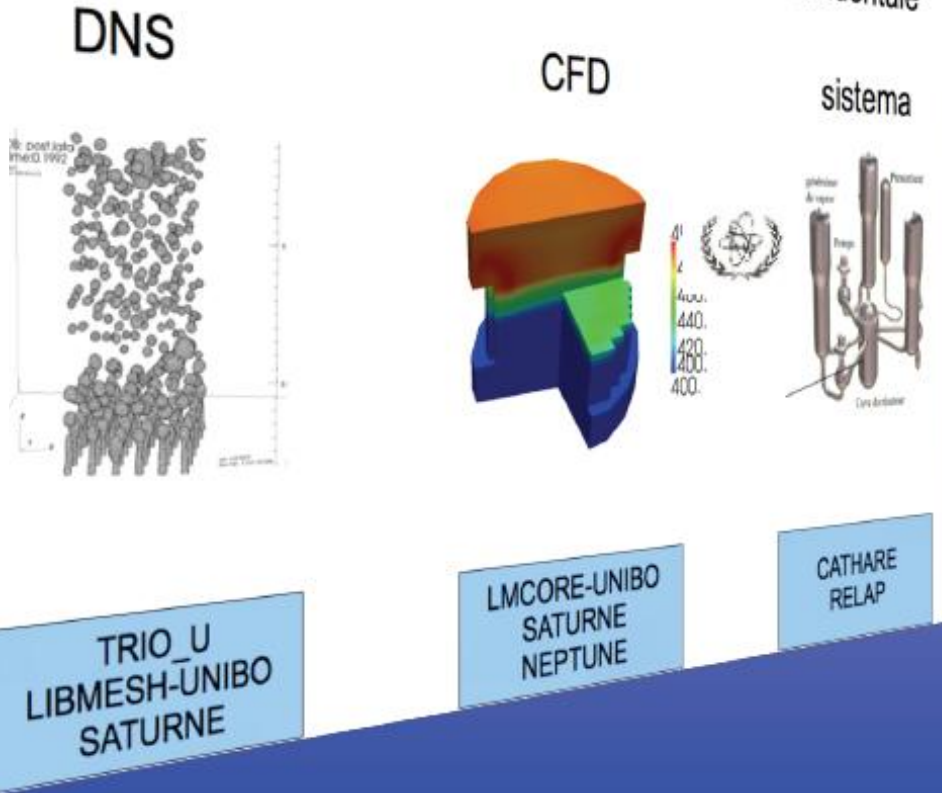
ATTIVITA' CIRTEN



LP1 - Studi sul nuovo nucleare da fissione

Sono stati sviluppati moduli di termo fluidodinamica incidentale nel codice francese CATHARE .

Sviluppo e utilizzo di codici di termoidraulica incidentale



Analisi delle Linee Guida



IAEA e



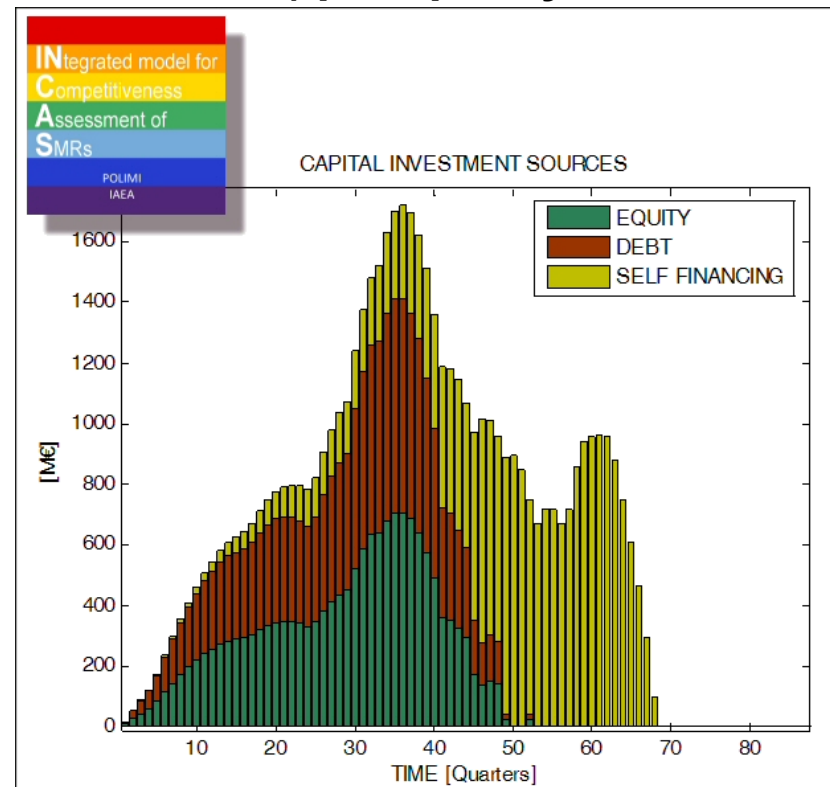
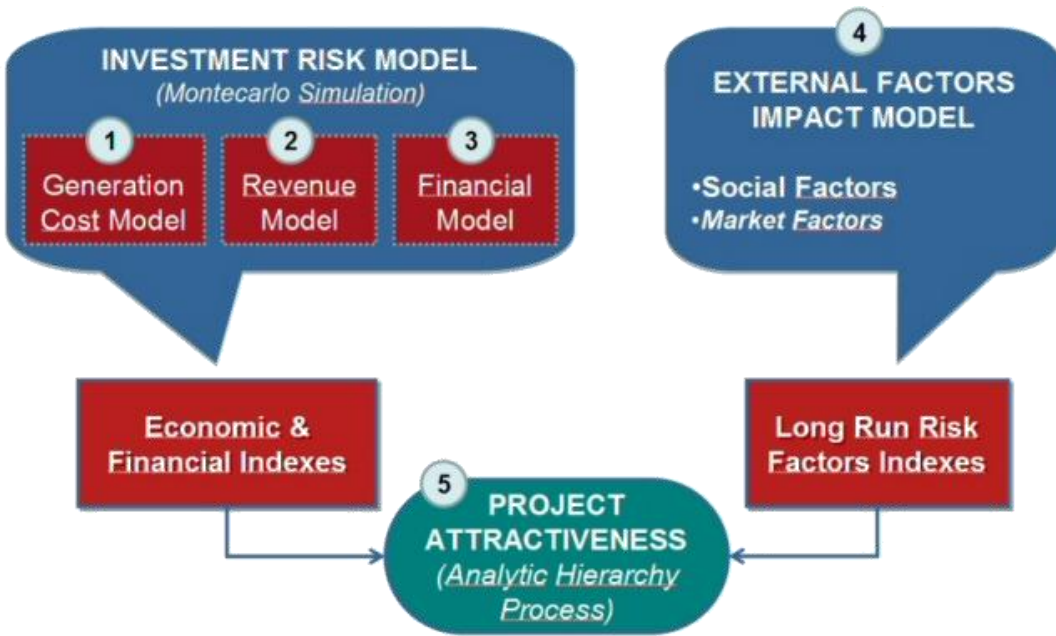
per la Revisione dei Rapporti di sicurezza al fine di individuare una linea guida per il nostro Paese

Attività svolta nell'ambito dell'accordo ENEA-CEA per lo studio di sistemi LFR

LP1 - Studi sul nuovo nucleare da fissione

Reattori Large size vs. Small-Modular size

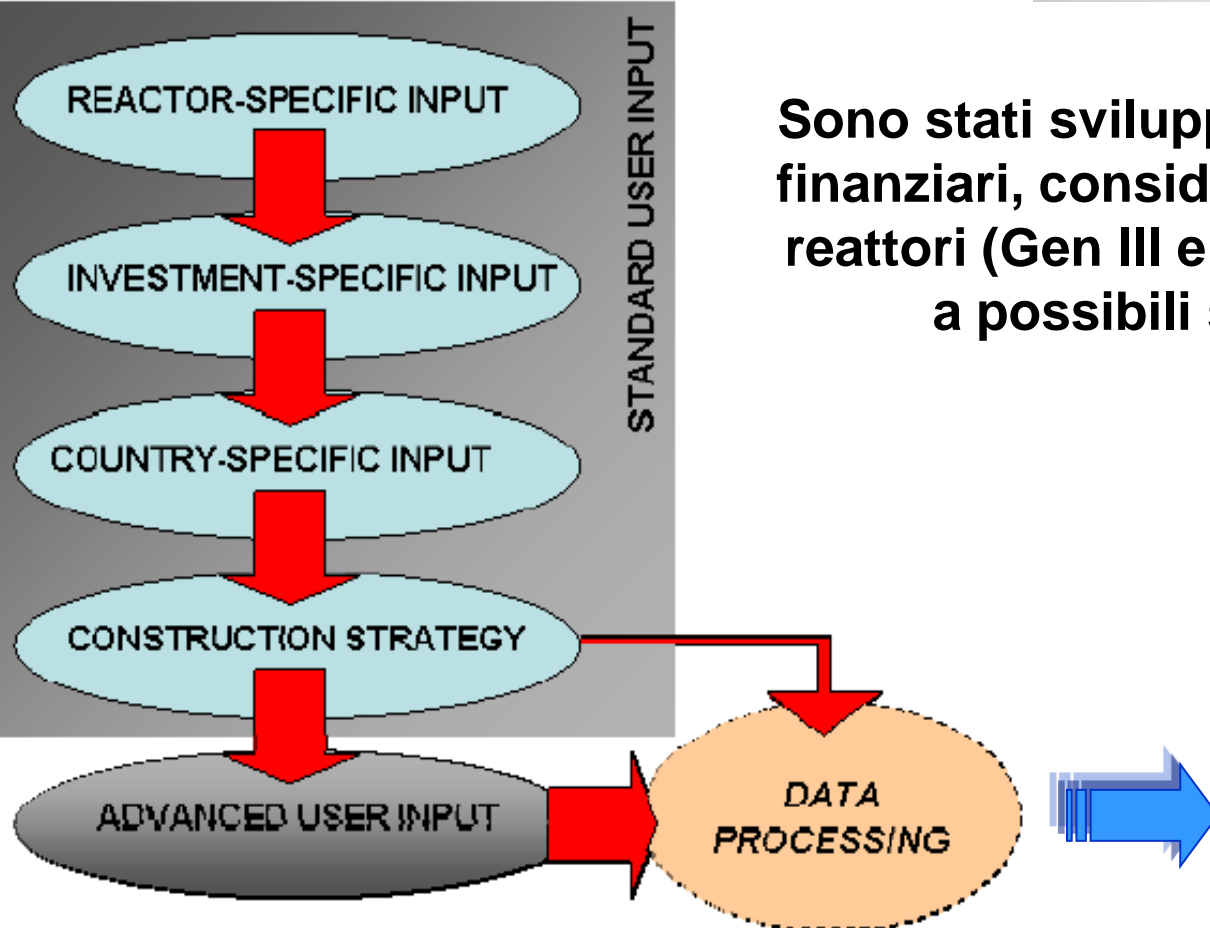
- Programma simulazione di scenari di deployment (INCAS): modelli costi generazione, revenues, investimento finanziario (inclusa simulazione Monte-Carlo di parametri critici)
- Modellazione fattori “esterni” (socio-politici-economici) per “policy management”
- Lavoro in collaborazione con IAEA



ATTIVITA' CIRTEN



LP1 - Studi sul nuovo nucleare da fissione



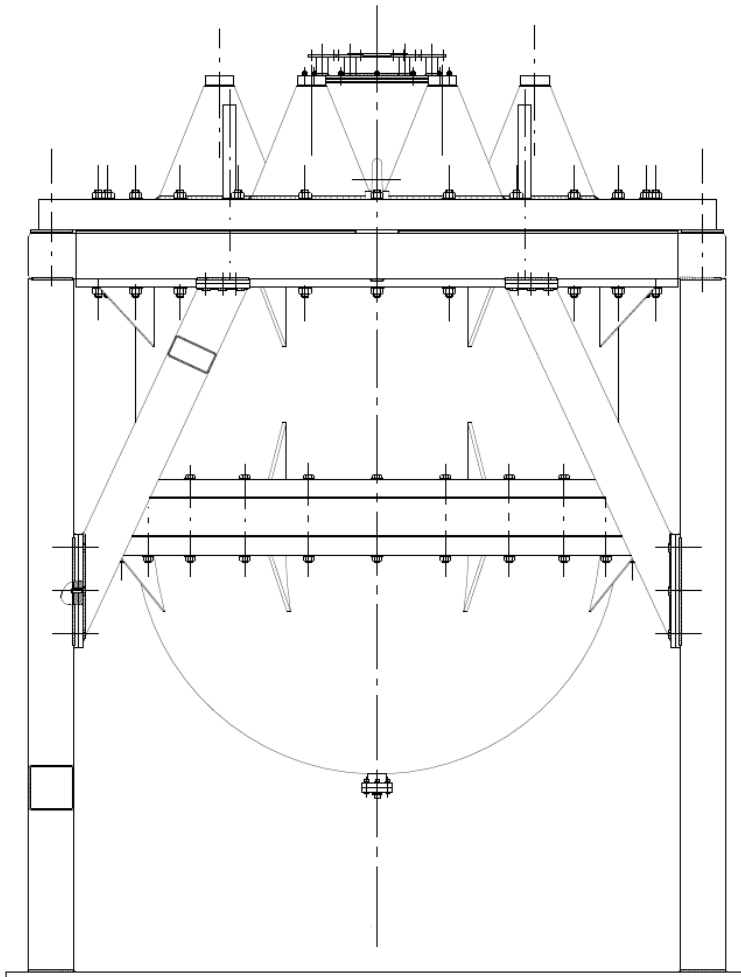
Sono stati sviluppati modelli economico-finanziari, considerando diversi parchi di reattori (Gen III e NTDR), con riferimento a possibili scenari Nazionali.



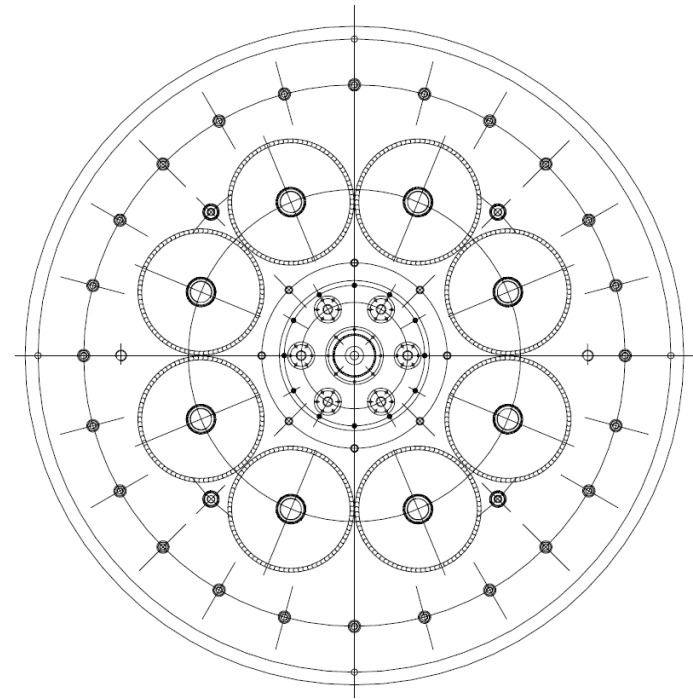
**Definizione della
strategia di
investimento.**

LP2 - Reattori evolutivi INTD

E' stata progettata e realizzata una facility sperimentale, che permette di simulare il comportamento fluido-dinamico del Down-comer e Lower Plenum del reattore IRIS.



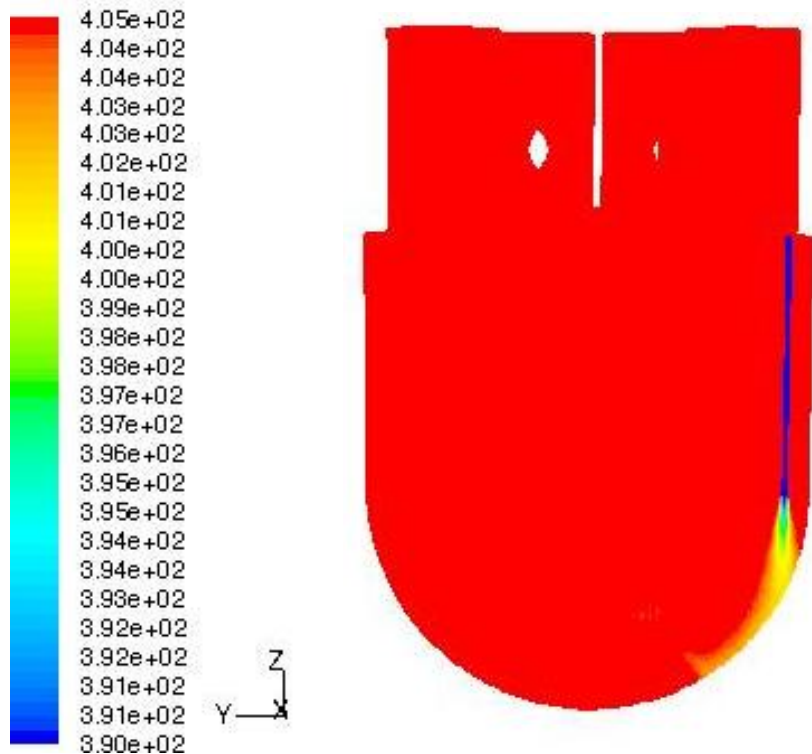
Sezione dell'apparecchiatura sperimentale



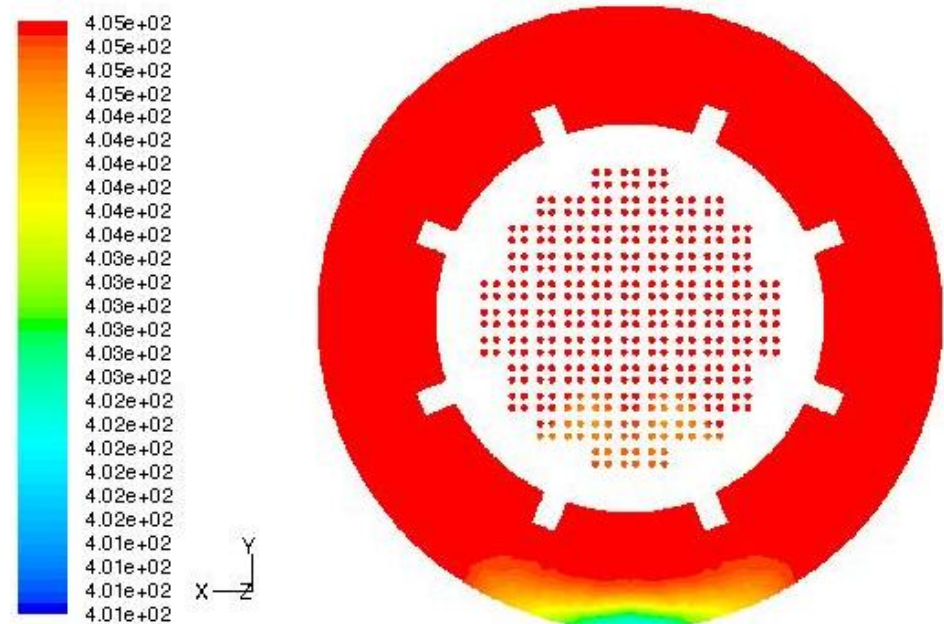
Vista dell'apparecchiatura sperimentale

LP2 - Reattori evolutivi INTD

Alcuni risultati dei calcoli CFD del comportamento fluido-dinamico del fondo vessel del reattore IRIS a supporto dell'attività sperimentale.



Temperature distribution for the IRIS domain ($t = 60000$ s, with supports)



Temperature distribution at the core inlet section for the IRIS domain ($t = 60000$ s, with supports)

LP2 - Reattori evolutivi INTD

2.1) Studi teorico-sperimentali per la termo fluidodinamica di componenti del reattore IRIS (GV, EHRS)

Nella prima annualità è stata approntata la facility (singolo tubo) ed effettuate le prime analisi sperimentali per la crisi termica e le perdite di carico bifase per il GV di IRIS. Nel seconda è stato caratterizzato il comportamento termo fluidodinamico per le instabilità termoidrauliche sia statiche che dinamiche.

I risultati (Nyquist), per diverse condizioni di prova, indicano:

- l'aumento della pressione ha un effetto stabilizzante;
- l'aumento del flusso imposto ha un effetto destabilizzante;
- l'aumento del coefficiente di caduta di pressione all'ingresso del canale ha effetto stabilizzante;
- l'aumento della portata specifica ha effetto stabilizzante

Tali comportamenti sono stati riscontrati in tutti i canali e sono in totale accordo con i risultati delle prove sperimentali disponibili.

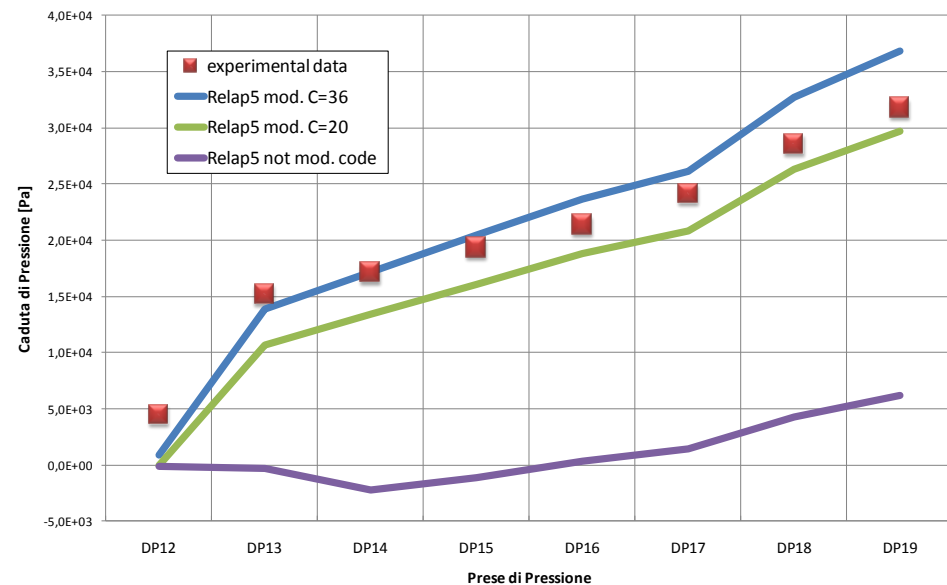
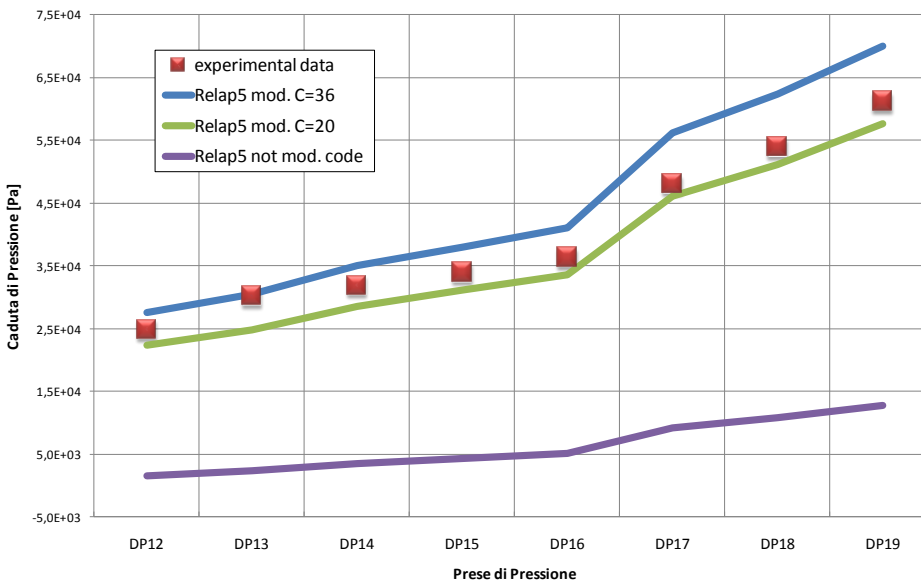
LP2 - Reattori evolutivi INTD

2.2) Analisi della fluidodinamica di componenti di IRIS (GV, EHRS)

E' stato affrontato lo studio termoidraulico dei Generatori di Vapore a tubi elicoidali di tipo integrato previsti per il reattore IRIS mediante il codice di calcolo RELAP5/MOD3.2.2b.

Delica = 0,64 m - $G_l = 600$ l/h - $G_g = 100$ l/h

Delica = 1 m - $G_l = 300$ l/h - $G_g = 100$ l/h



Sono state implementate opportune procedure per valutare le perdite di carico attraverso l'uso dei moltiplicatori bifase di Lockhart-Martinelli.

ATTIVITA' CIRTEN

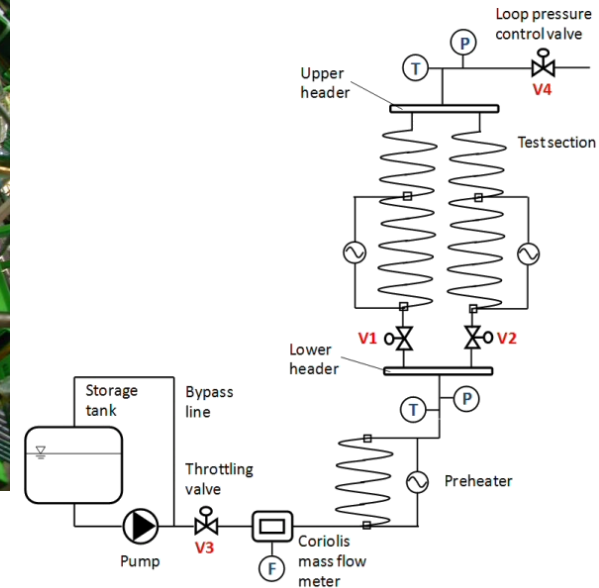
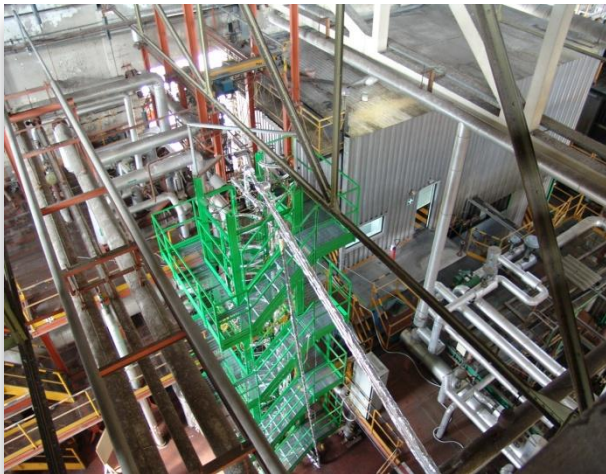


LP2 - Reattori evolutivi INTD

Prove a grande scala

EHRS - Sistema di sicurezza passivo (bifase, circolaz.naturale, sliding pressure) di IRIS: prove (full T, P, z) di performance, stabilità, avvio

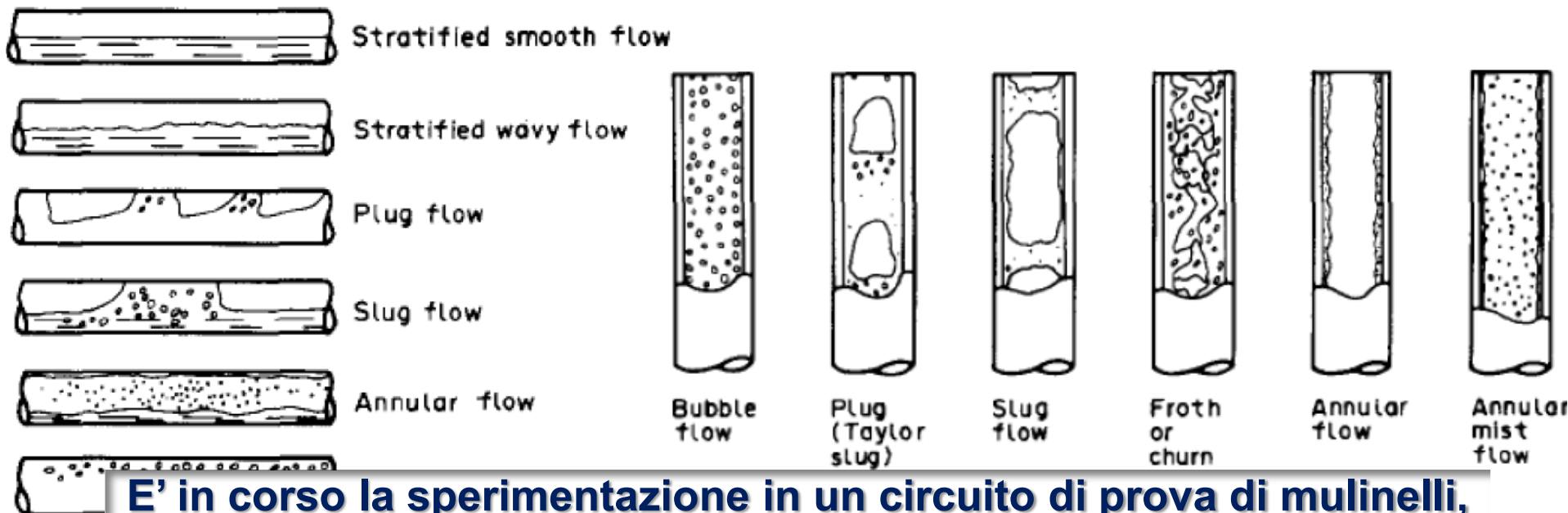
Coppia di tubi elicoidali (full scale) del Generatore di Vapore di IRIS: prove di crisi termica, perdite di carico bifase, instabilità



LP2 - Reattori evolutivi INTD

2.3 Strumentazione per misure fluidodinamiche in regime bifase

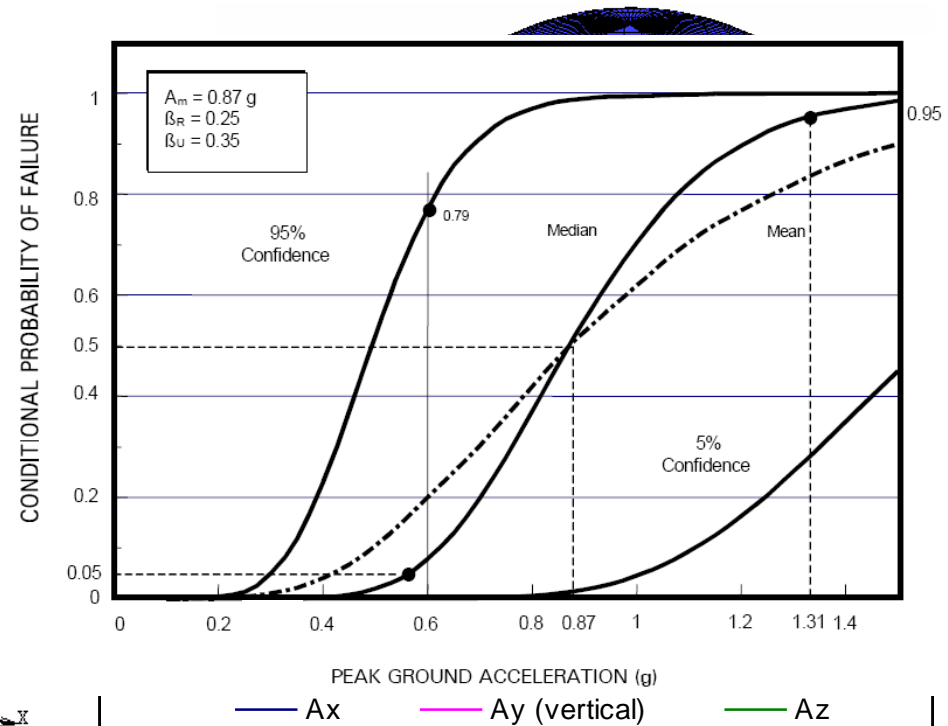
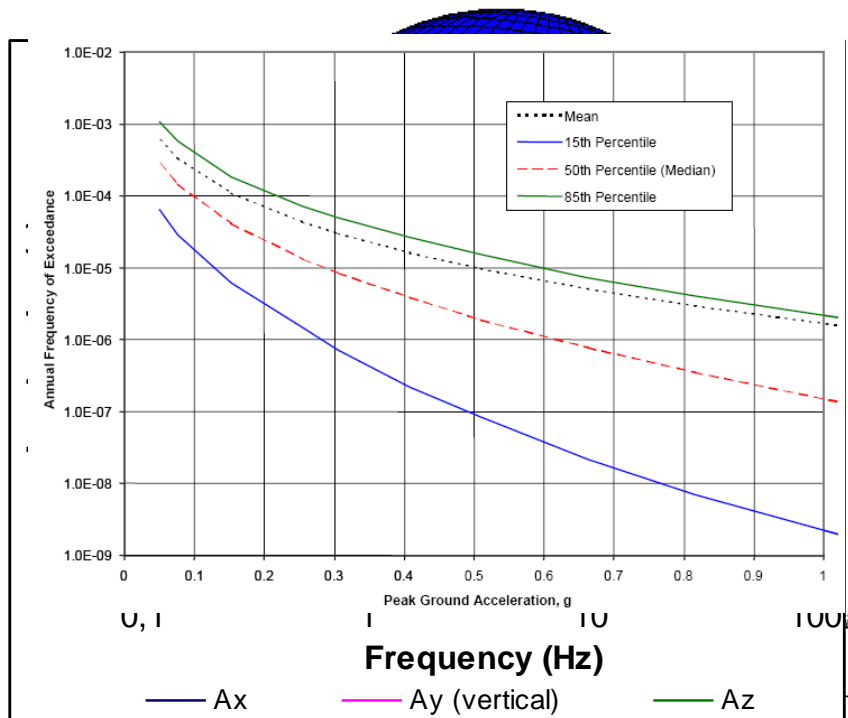
Sono stati studiati i fenomeni fisici a valle dei tubi del GV, con riferimento agli incidenti di rottura delle tubazioni dell'apparecchiatura sperimentale SPES3, per poter definire la strumentazione più idonea per la misura della portata bifase e del grado di vuoto.



E' in corso la sperimentazione in un circuito di prova di mulinelli, drag disks, Vortex e nel prossimo futuro di Wire Mesh Sensors.

LP2 - Reattori evolutivi INTD

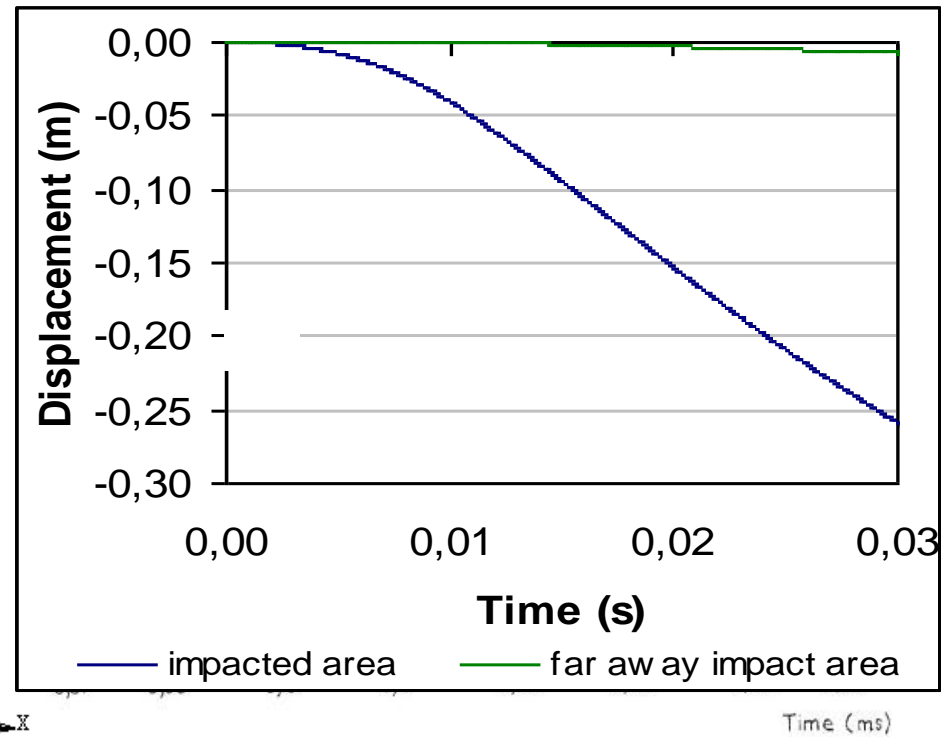
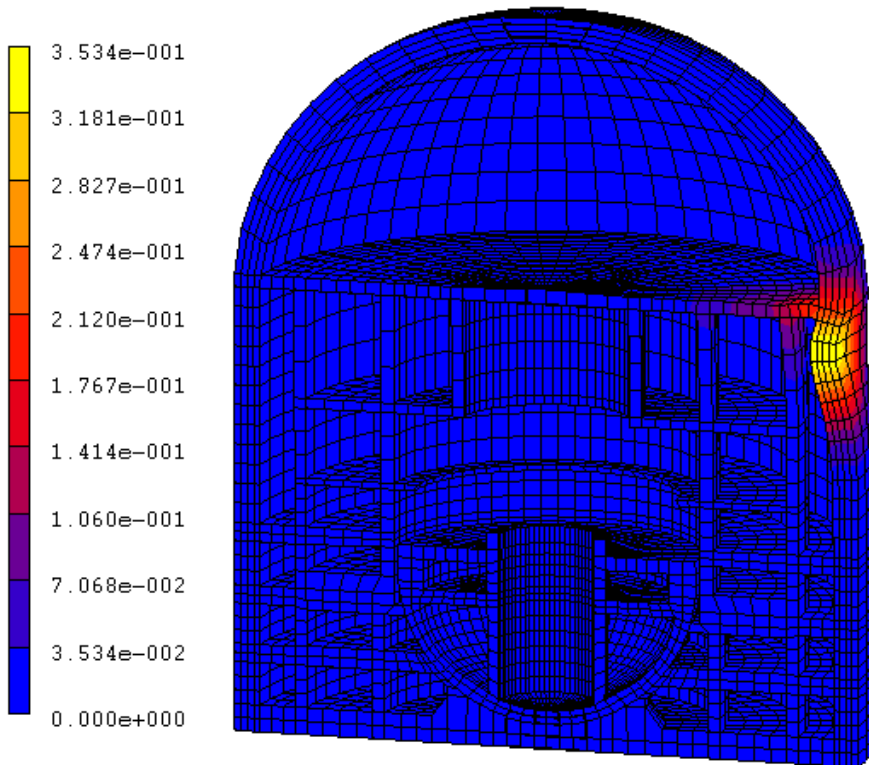
E' stato studiato il comportamento dinamico dell'edificio ausiliari del reattore IRIS e gli effetti indotti della propagazione delle sollecitazioni dinamiche indotte da un sisma base di sicuro spegnimento sulle principali strutture e componenti del reattore innovativo IRIS, in presenza o no dell'isolamento sismico



LP2 - Reattori evolutivi INTD

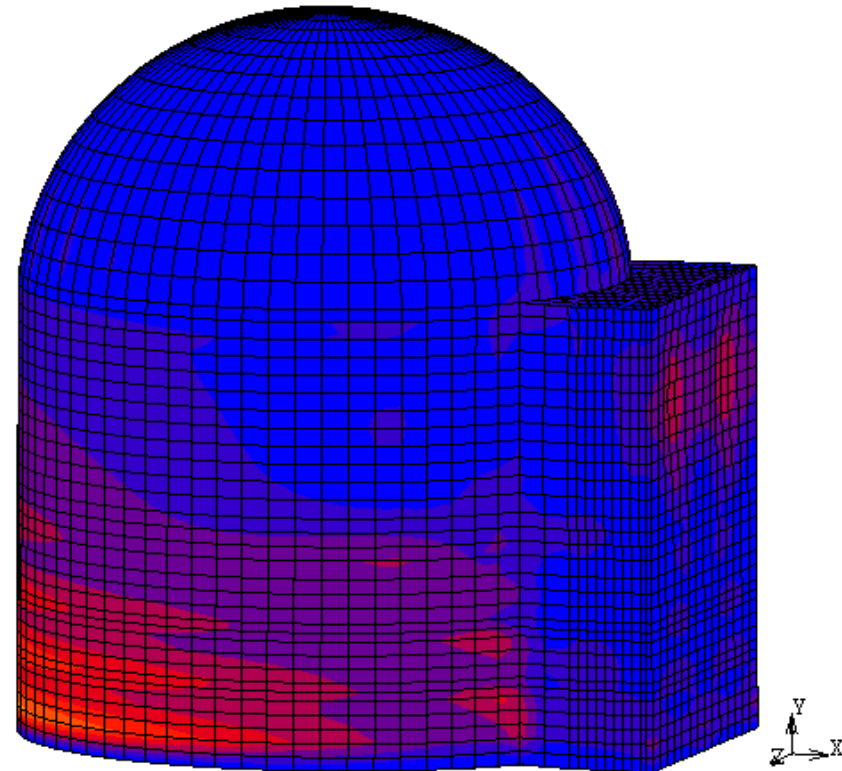
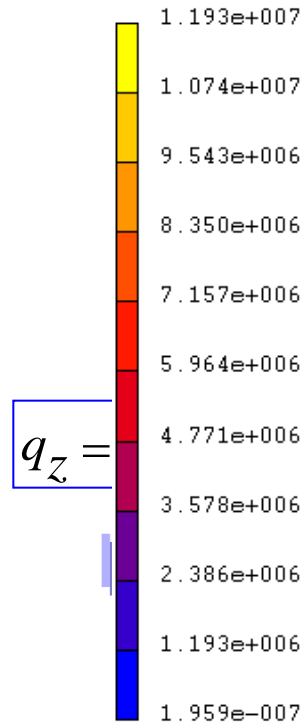
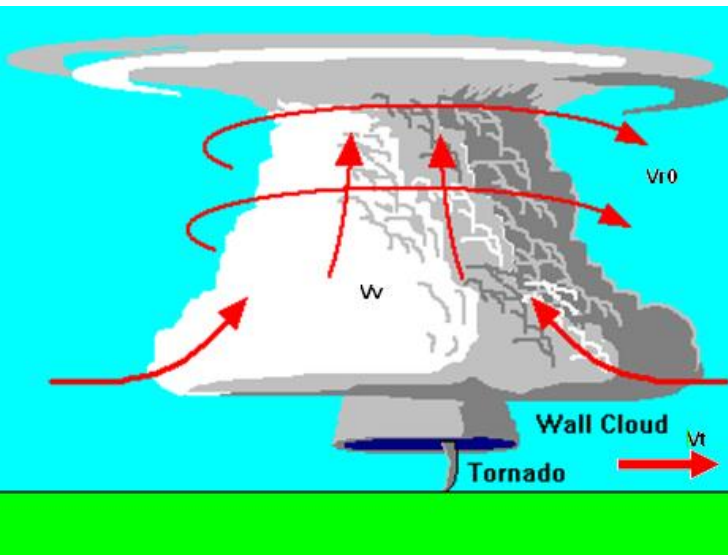
Questa attività ha permesso di mettere a punto le metodologie ed i mezzi di calcolo per valutare preliminarmente gli effetti indotti dagli eventi esterni, quali l'impatto di aereo, il tornado ecc. sull'edificio del reattore innovativo IRIS.

2.5) Analisi impatto di aereo : approccio deterministico



LP2 - Reattori evolutivi INTD

2.6) Analisi degli effetti di un tornado: approccio deterministico

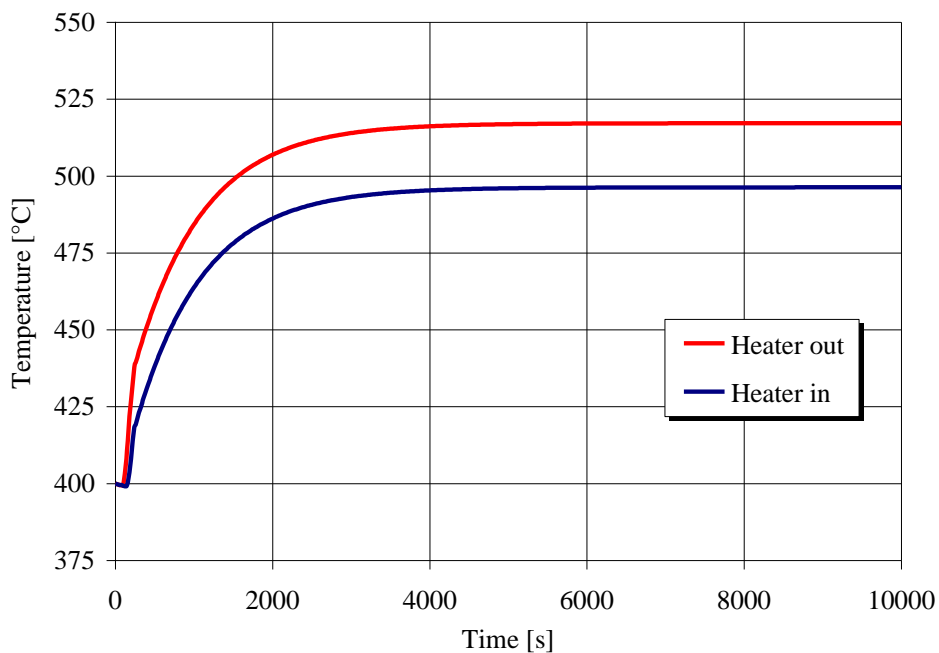
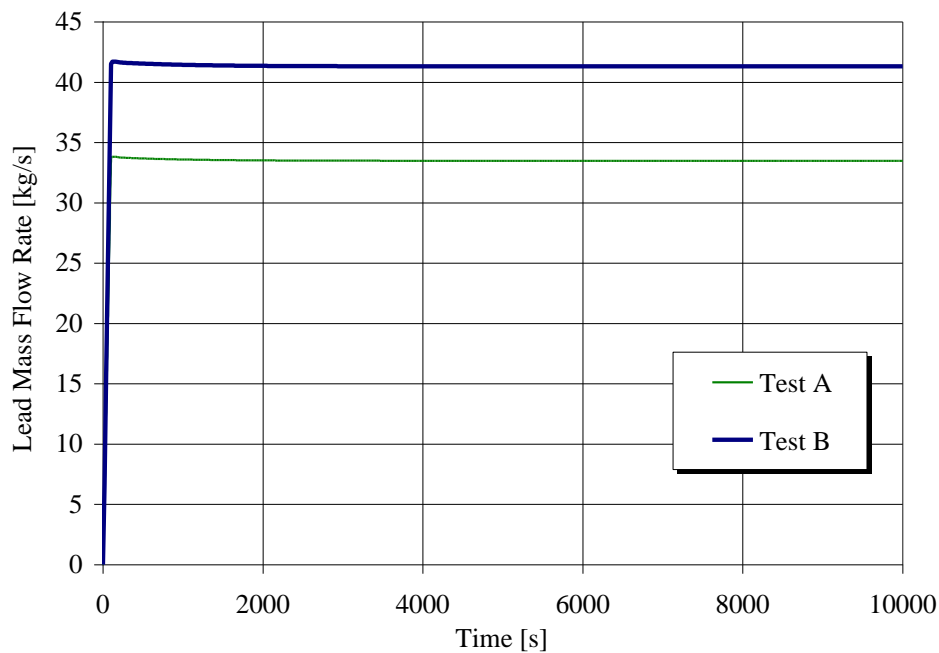


Si è ipotizzato un tornado “incredibile” (classificazione Fujita F-5)

LP3 - Reattori di quarta Generazione

Simulazioni delle condizioni di esercizio dell'impianto di prova HELENA

Risultati dell'analisi di Pre-Test



PIPE 100
(T-111)

PIPE 190
(P.E.M. T-112)

PIPE 200
(T-113)

PUMP 10
(PC-101)

PIPE 200
(T-101)

PIPE 200
(T-102)

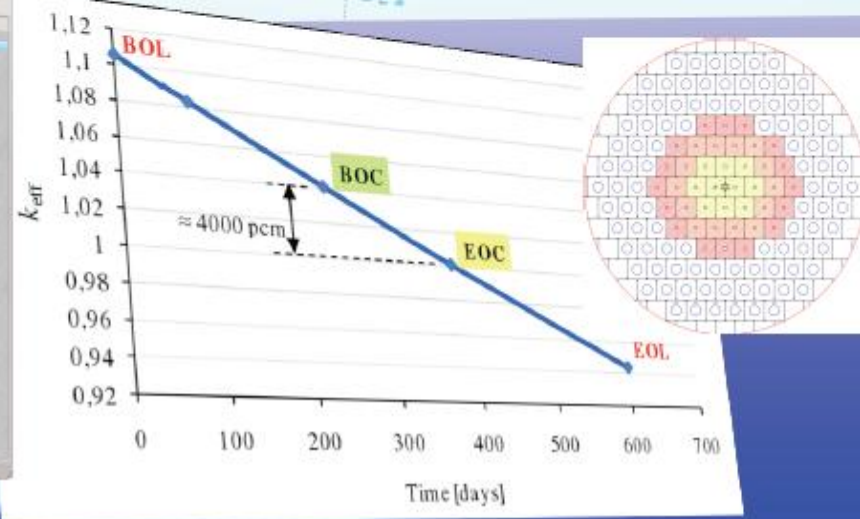
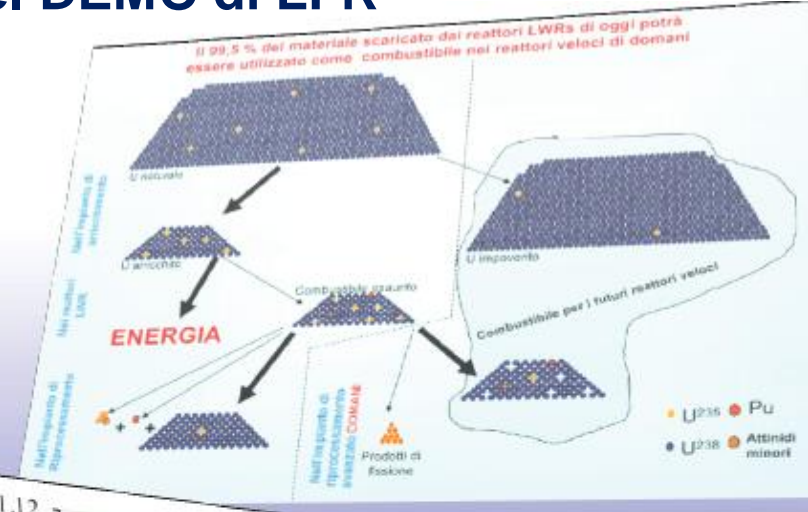
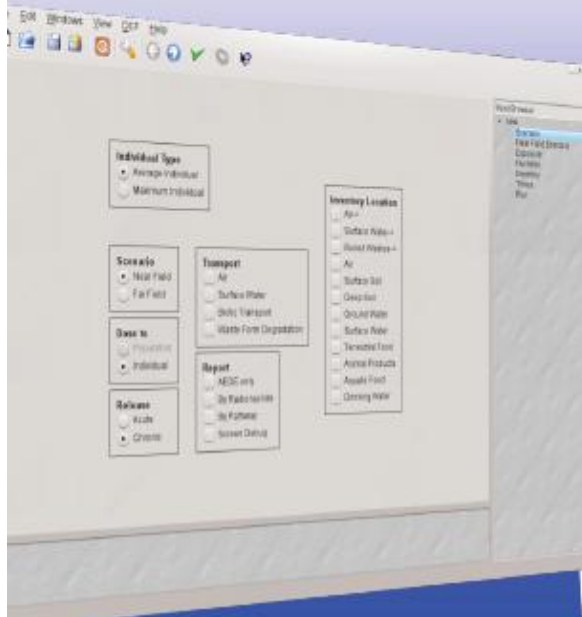
ATTIVITA' CIRTEN



LP3 - Reattori di quarta Generazione

Concettualizzazione del DEMO di LFR

Core Design



La progettazione concettuale si è basato sulla caratterizzazione neutronica e termoidraulica; sulla valutazione arricchimenti del combustibile, sulla regolazione e sicurezza, ecc.

LP3 - Reattori di quarta Generazione

La Concettualizzazione del Core di LFR si è avvalsa di:



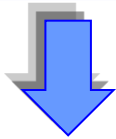
- 1. Sviluppo di modelli di calcolo per la termo- fluidodinamica, neutronica e cinetica di nocciolo mediante**
- 2. Sviluppo e validazione di metodi nodali x-y per la neutronica dei sistemi a piombo**
 - **Studio della convergenza**
 - **Confronto tra metodi**
 - **Validazione con benchmark**
- 3. Sviluppo di una piattaforma per la soluzione della dinamica neutronica in forma quasi statica**
 - **Applicazione a codici di trasporto**
 - **Analisi dell'influenza dell'anisotropia**
 - **Miglioramento ai metodi quasi statici**

ELENCO ATTIVITA' CIRTEN

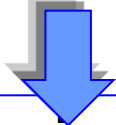


LP4 -Caratterizzazione dei rifiuti radioattivi e fenomenologie tipiche di un deposito temporaneo e definitivo

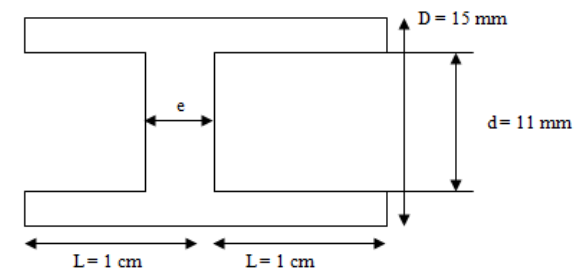
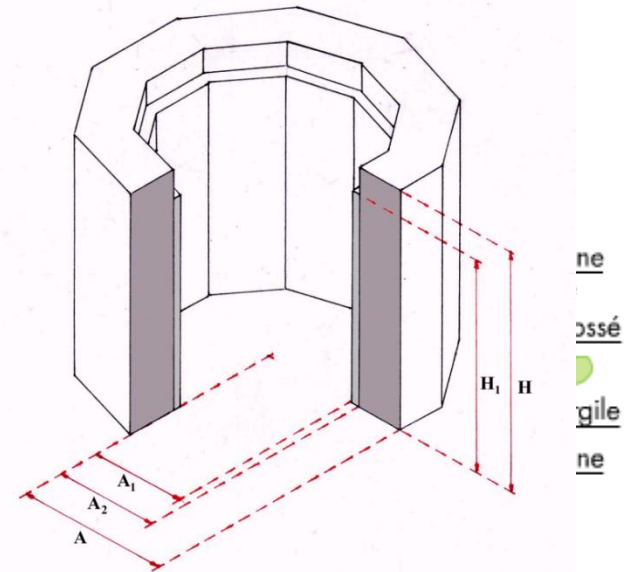
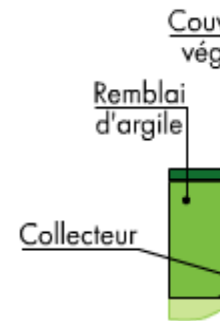
Caratterizzazione dei rifiuti da conferire al deposito



Modellazione dei fenomeni di dispersione di contaminanti attraverso le barriere protettive di un deposito di rifiuti radioattivi



metodologia probabilistica e deterministica per la valutazione del rischio associato alla costruzione ed operazione del deposito



ELENCO ATTIVITA' CIRTEN

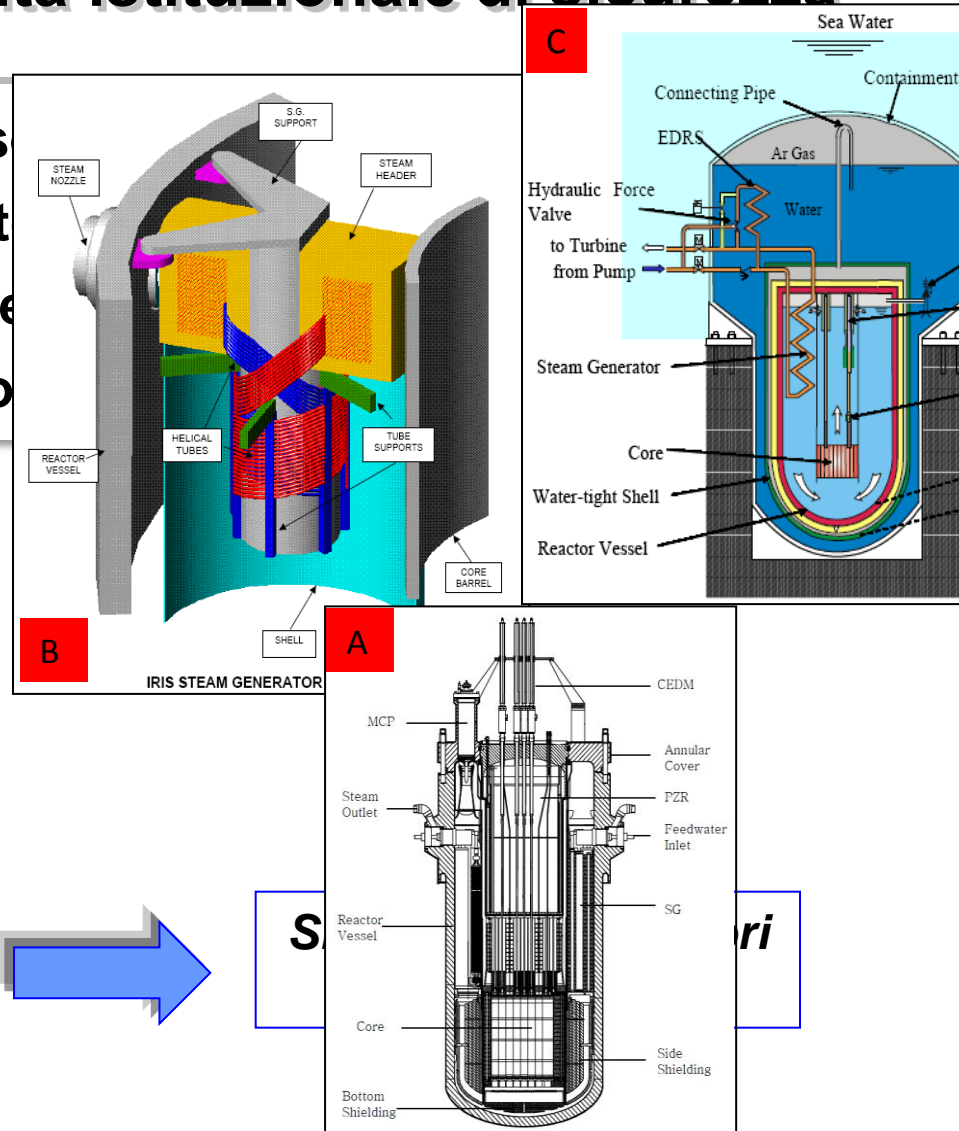
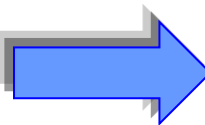


LP5 - Supporto all'Autorità istituzionale di sicurezza

Le attività svolte hanno permesso di sviluppare affidabili capacità di supportare l'Autorità per quanto riguarda la verifica indipendente e la comparazione delle attuali opzioni.

Sviluppo know-how reattori Gen III di tipo evolutivo anche di possibile interesse italiano

Sviluppo di metodologie per valutare il comportamento dei reattori di Gen III (in condizioni normali e di incidente)



ELENCO ATTIVITA' CIRTEN



LP6-Formazione scientifica funzionale alla ripresa dell'opzione nucleare in Italia

1. NEPIO = 10 --> 50 (Depending on Expert Group Support) --> 0 (close to)

2. REG BODY = 10 --> 50+Tech Support

The Nuclear Industry Workforce⁴

Figure professionali impiegate nel nucleare UK

Workforce Distribution	
Number of Employers	200
SET Employees	50,000*
– Fuel Processing	13,000
– Decommissioning	12,000
– Defence	9,000
– Power Production	13,000
– Waste Management	3,000
Age of workforce ⁵	
– 16-24	6%
– 25-34	28%
– 35-44	35%
– 45-54	21%
– 55+	10%

Ethnicity ⁵	
– White	96%
– Non-white	4%
Gender ⁵	
– Female	18%
– Male	82%

Occupation Distribution ⁶	
Managers and Senior Officials	4%
Professional Occupations	38%
Associate Professional and Technical	13%
Administrative and Secretarial	11%
Skilled Trades Occupations	24%
Sales and Customer Service Occupations	0%
Process, Plant and Machine Operatives	5%
Elementary Occupations	5%

* Industry estimates can exceed ABI employee data due to contractor workforce and SIC limitations

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Years (Indicative only)

LP6-Formazione scientifica funzionale alla ripresa dell'opzione nucleare in Italia

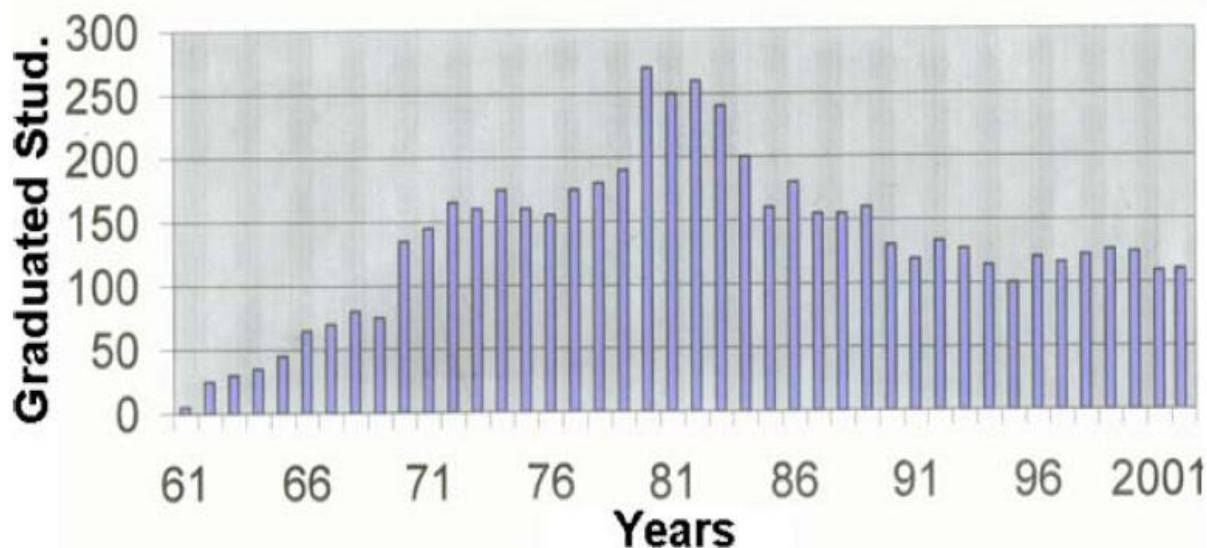
Considerando le prospettive di realizzazione delle nuove centrali nucleari nazionali ed Internazionali, si può ragionevolmente ipotizzare che per supportare un futuro rilancio del nucleare in Italia, saranno necessari:

- **400-500 ingegneri nucleari per anno;**
- **2000 tecnici altamente specializzati di cui dovrebbero far parte 500 - 600 ingegneri non prettamente nucleari ma formati al nucleare;**
- **5000 lavoratori che possano operare sui cantieri e operatori dell'indotto tecnologico almeno nel periodo e per la durata delle costruzioni delle centrali previste.**

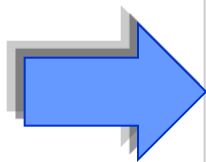
ELENCO ATTIVITA' CIRTEN



LP6-Formazione scientifica funzionale alla ripresa dell'opzione nucleare in Italia



La “rinascita” del nucleare in Italia è legata alla tipologia e “numero” di competenze necessarie.



Corsi di Laurea in Ing. Nucleare

Dottorato di ricerca

Master di II livello in Ing. Nucleare

Le Università in cui sono attivi corsi di Laurea in Ing. Nucleare fanno del CIRTEN