



AnsaldoNucleare

Impianti Nucleari di Terza Generazione

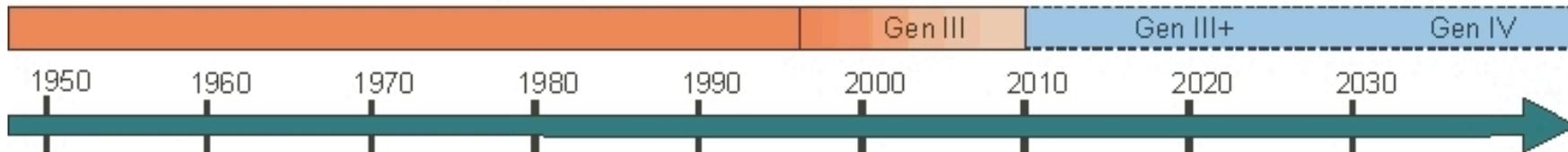
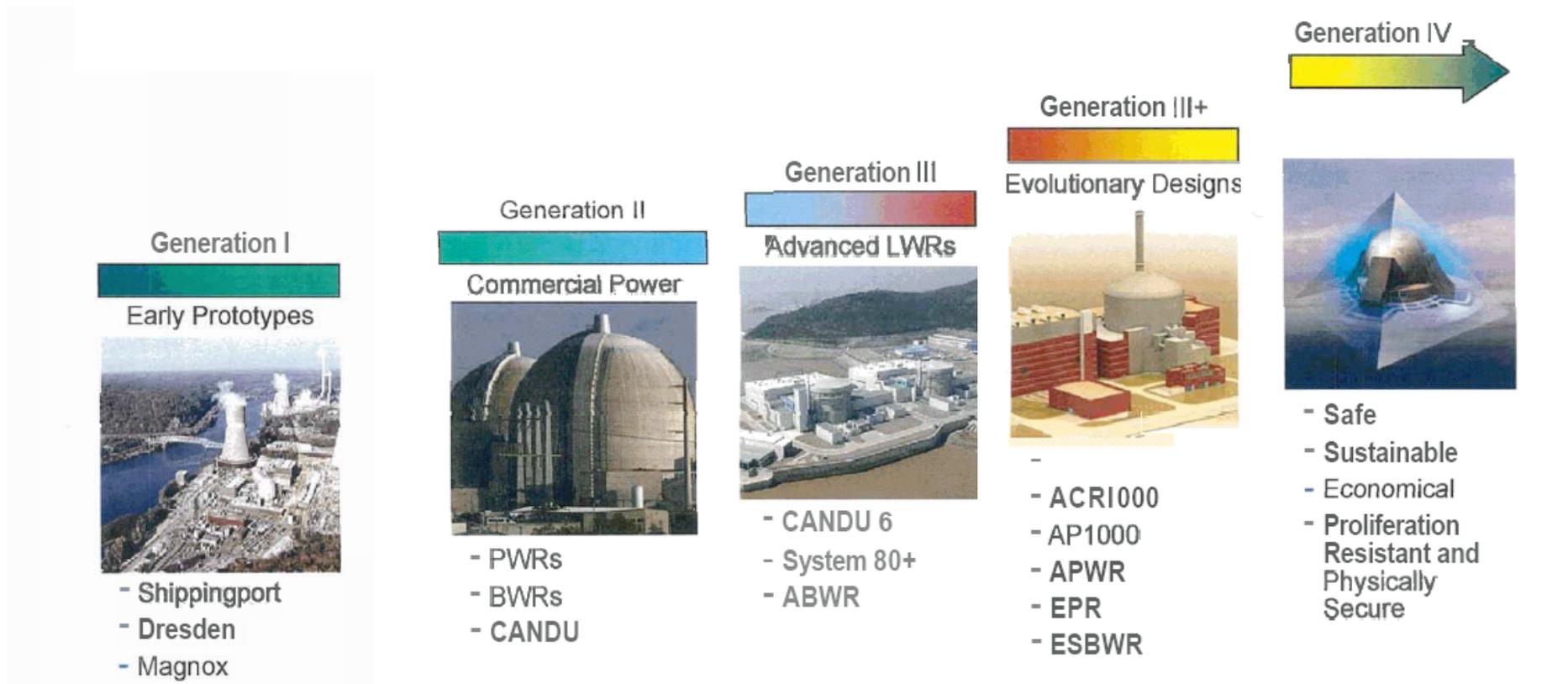
Monica Frogheri

Fusione e Fissione Nucleare: stato e prospettive sulle fonti energetiche nucleari per il futuro

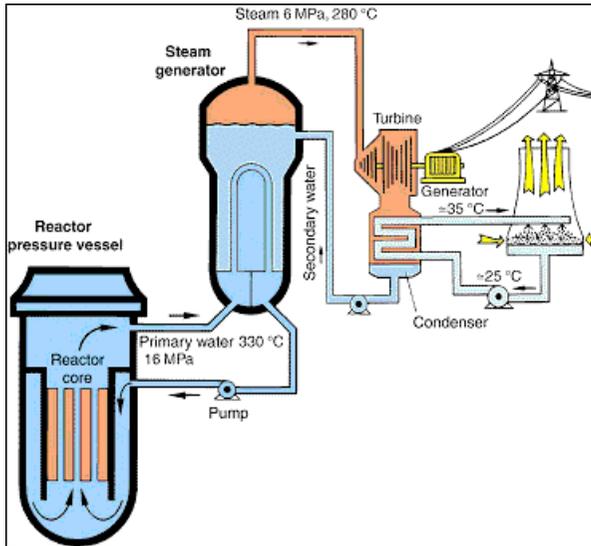
Torino, 14-15 Dicembre 2009



Evoluzione dei reattori nucleari



Generazione II: i reattori attuali

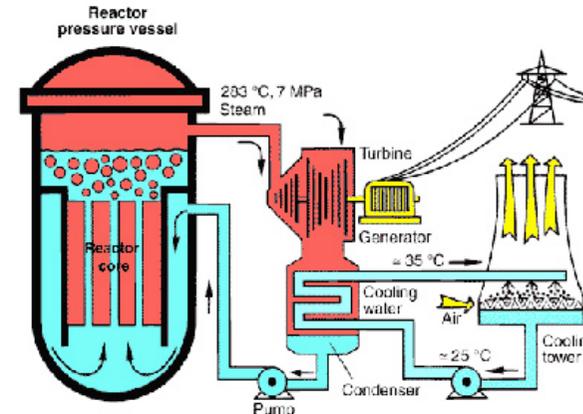


PWR (Reattore acqua pressurizzata)

- UO_2 arricchito
- Refrigerante/moderatore acqua
- Ciclo indiretto

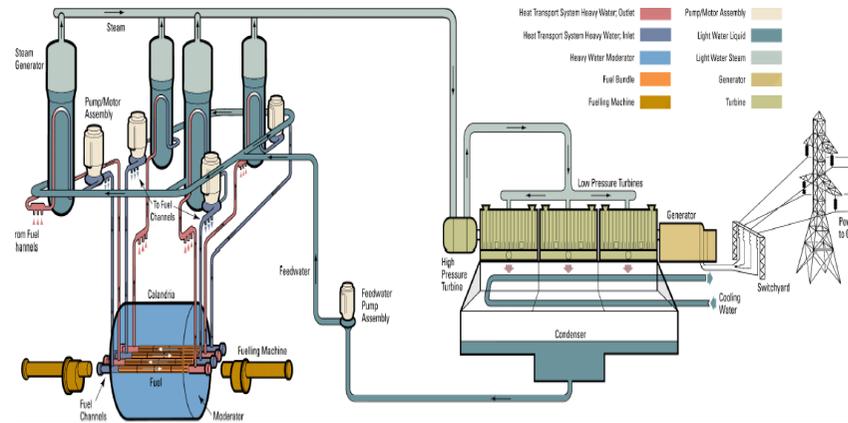
PHWR (Reattore acqua pesante pressurizzata)

- UO_2
- Refrigerante/moderatore acqua pesante
- Ciclo indiretto



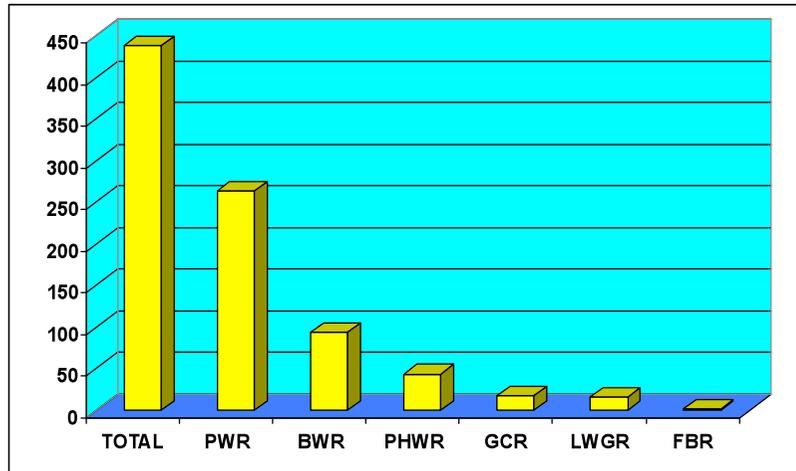
BWR (Reattore acqua bollente)

- UO_2 arricchito
- Refrigerante/moderatore acqua
- Ciclo diretto

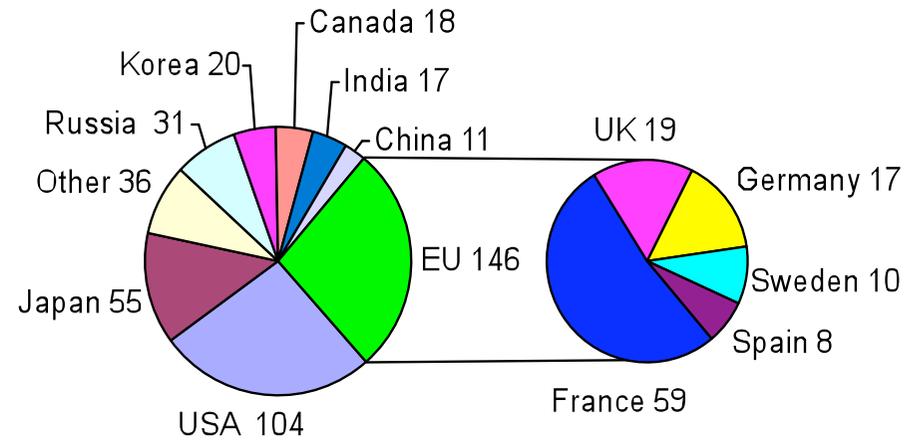


Generazione II: i reattori attuali

Reattori in operazione nel mondo (dic. 2008)

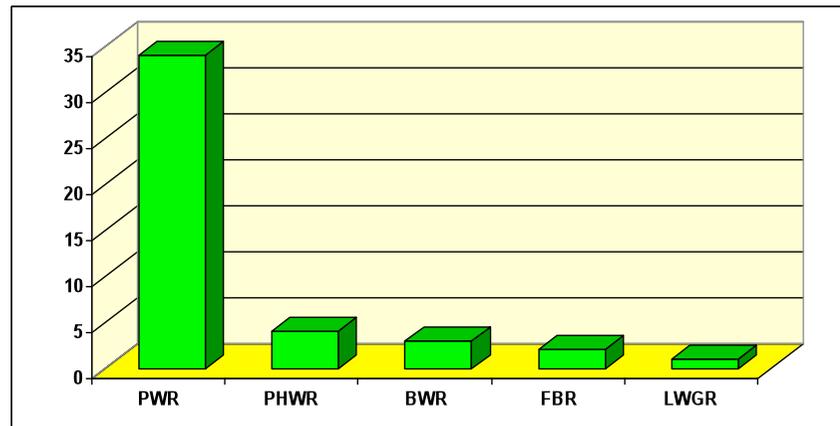


FILIERE

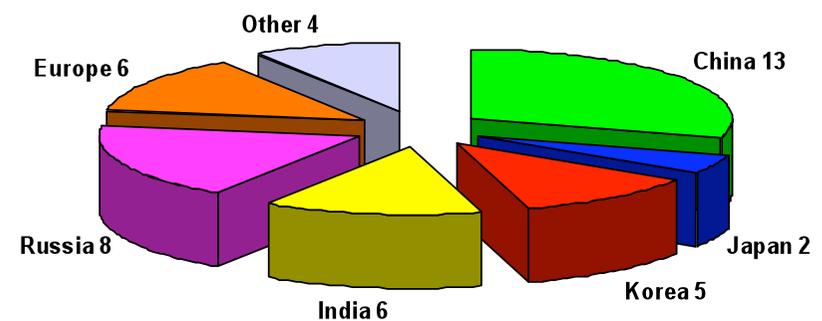


DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Reattori in costruzione nel mondo (dic. 2008)



FILIERE



DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA

Reattori industriali, disponibili nel breve termine

⇒ L'incidente di Chernobyl ha spinto a cercare un miglioramento nei livelli di sicurezza

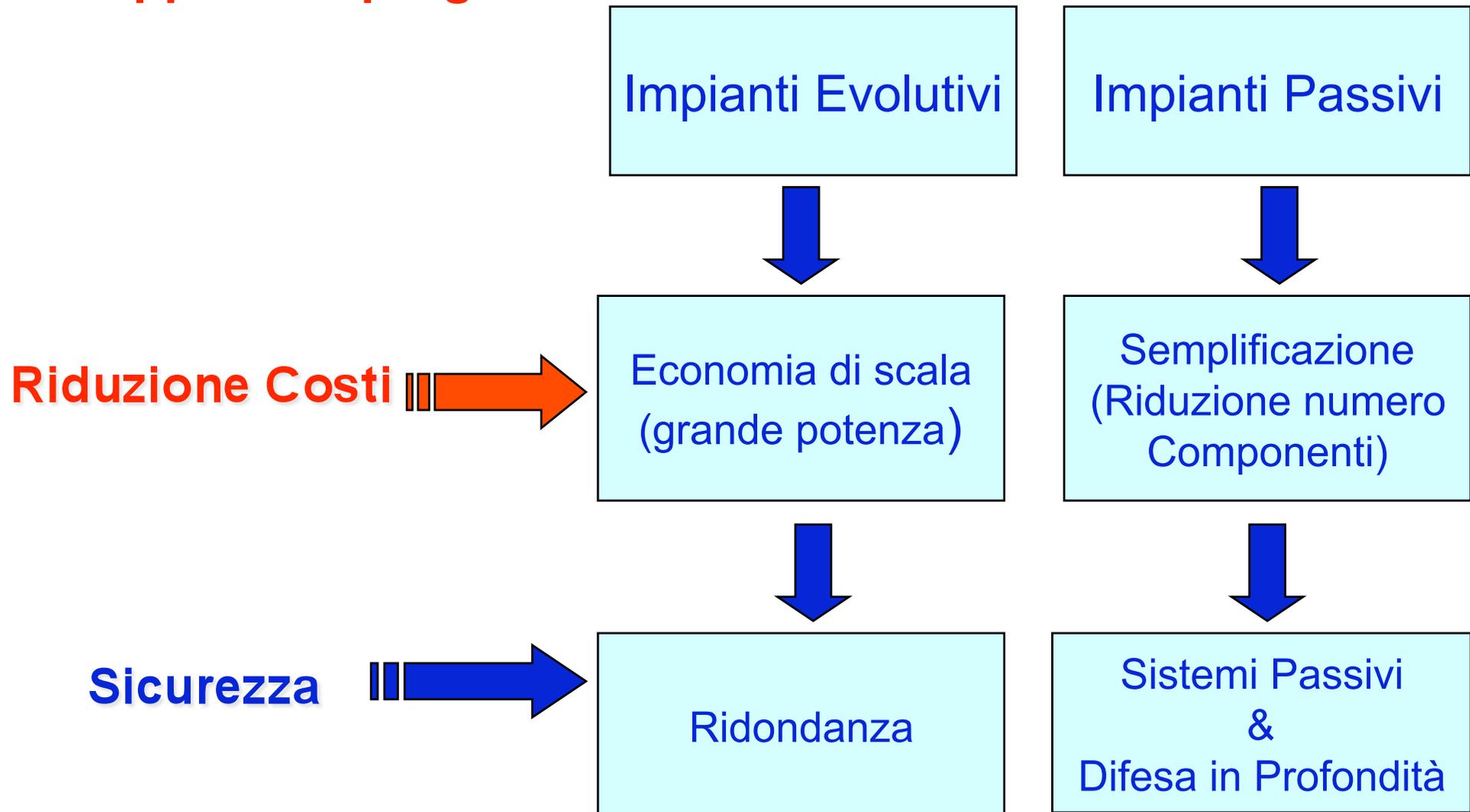
- problematiche legate all'errore umano
- caratteristiche intrinseche di sicurezza
- mitigazione delle conseguenze di un eventuale incidente severo

⇒ Pensati per rispondere alla domanda del mercato energetico

- Economicità nel costo di impianto
- Standardizzazione
- Riduzione nei tempi di realizzazione
- Utilizzo di tecnologie largamente provate

Generazione III/III⁺: i reattori avanzati

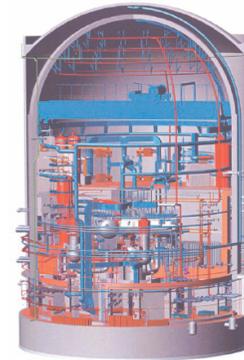
L'approccio progettuale



Generazione III/III⁺: l'offerta industriale



ABWR (Advanced Boiling Water Reactor)
GE-Hitachi (USA – Giappone)
1400 MWe
4 unità in operazione (Giappone)
3 unità in costruzione (Giappone e Taiwan)



AES - 2006 (advanced VVER)
Gidropress (Russia)
1200 MWe
3 unità in costruzione (Russia)



EPR (European Pressurized Water Reactor)
AREVA (Francia – Germania)
1600 MWe
2 unità in costruzione (Finlandia e Francia)



AP1000 (Advanced Passive PWR)
Westinghouse (USA)
1117 MWe
4 unità in costruzione (Cina)

**Partecipazione italiana a
progettazione e costruzione**

Generazione III/III⁺: l'offerta industriale

- **ESBWR** (GE – Hitachi)
 - ✓ Economic and Simplified BWR
 - ✓ 1500 MWe
 - ✓ Certificazione negli USA prevista per il 2010-2011

- **APWR** (Mitsubishi)
 - ✓ Advanced PWR
 - ✓ 1500 MWe
 - ✓ 2 unità previste in Giappone
 - ✓ Certificazione negli USA prevista per il 2011

- **ACR1000** (AECL)
 - ✓ Advanced Candu Reactor
 - ✓ 1200 MWe
 - ✓ Iter certificazione quasi terminato in Canada

- **IRIS** (International Reactor Innovative & Secure)

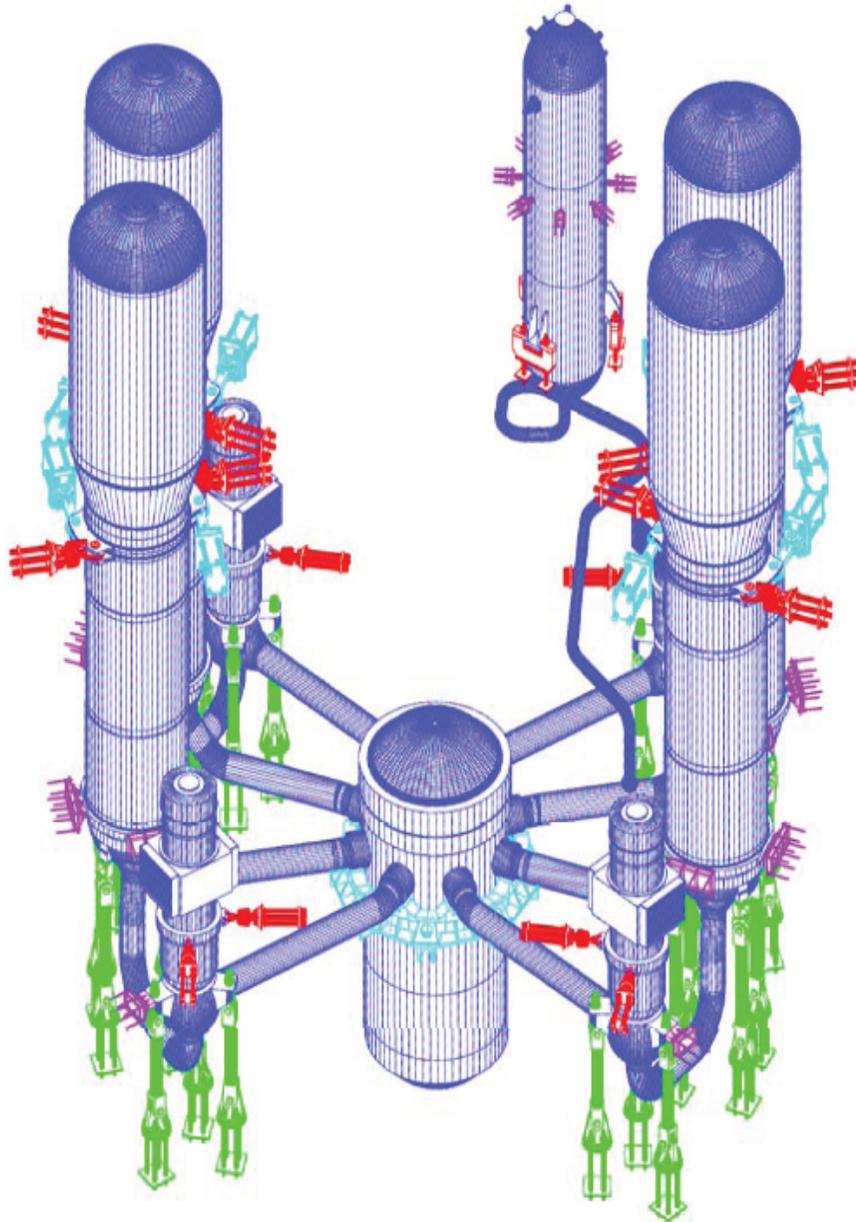
Un consorzio internazionale (Italia inclusa) sta sviluppando un reattore integrato e modulare di 335 MWe. E' in fase di pre-licensing negli USA

Reattori GEN III di riferimento : EPR

- **Progetto evolutivo**, basato sulla tecnologia PWR esistente e l'esperienza operativa
- **Miglioramento economico**
 - ✓ Il costo di produzione diminuisce di circa il 10%
 - ✓ L'operazione e la manutenzione dell'impianto sono semplificate
 - ✓ Progettato per 60 anni di vita
- **Sicurezza**
 - ✓ Riduzione esposizione personale
 - ✓ Incremento ridondanza e separazione fisica dei sistemi di sicurezza
 - ✓ Riduzione core damage frequency (CDF)
 - ✓ Gestione incidenti severi ed eventi esterni



Reattori GEN III di riferimento : EPR



- ✓ PWR a 4 loop di tipo standard
- ✓ Aumentato il volume dei componenti del **Reactor Coolant System** in modo da incrementare il tempo a disposizione dell'operatore prima di un intervento

Reattori GEN III di riferimento : EPR

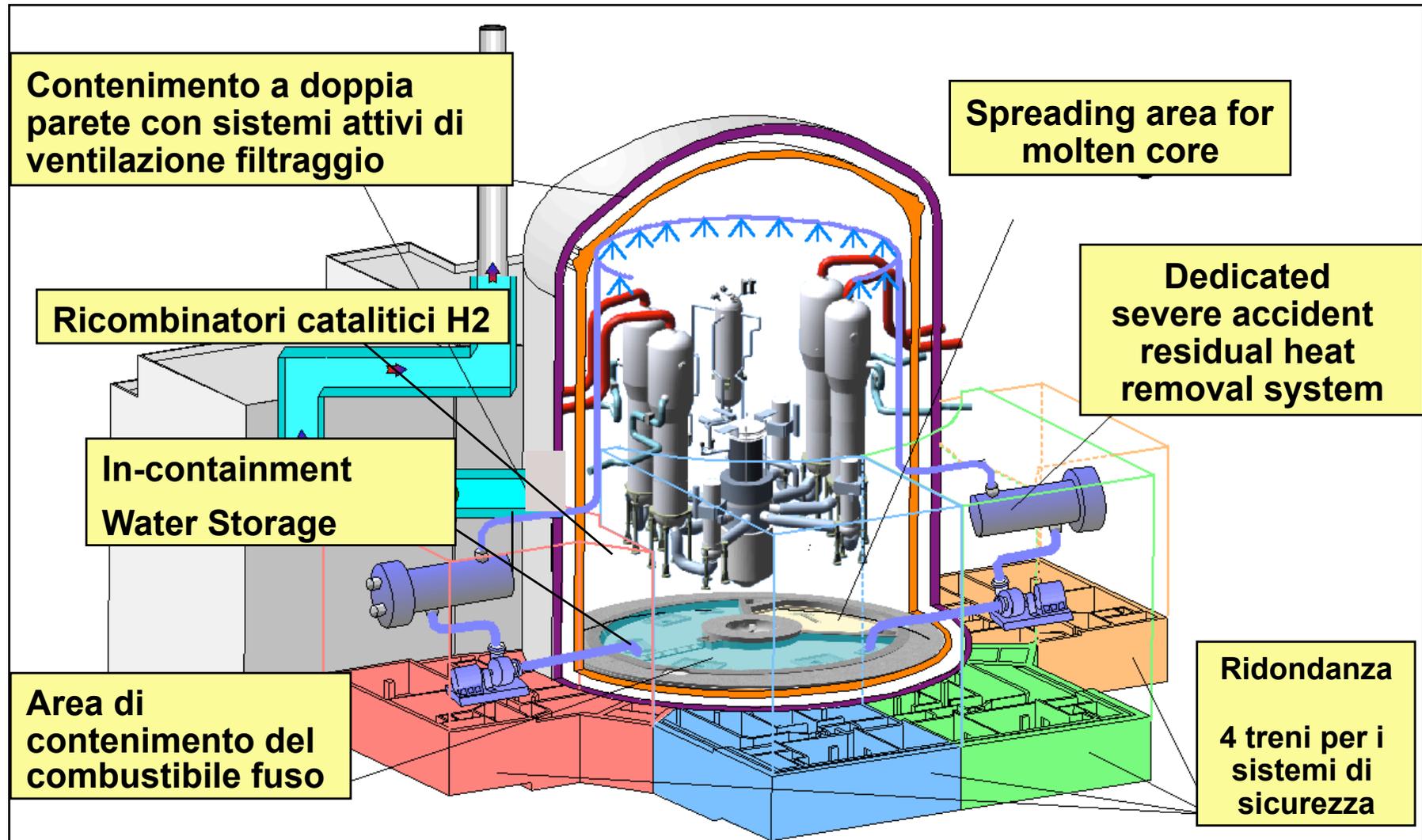
Previsti 4 treni di sistemi di sicurezza indipendenti e collocati in costruzioni separate (al di fuori del contenimento primario)

Componenti più piccoli
Meno valvole
Manutenzione più facile

Ottimizzazione layout
Riduzione piping
Costo unità inferiore

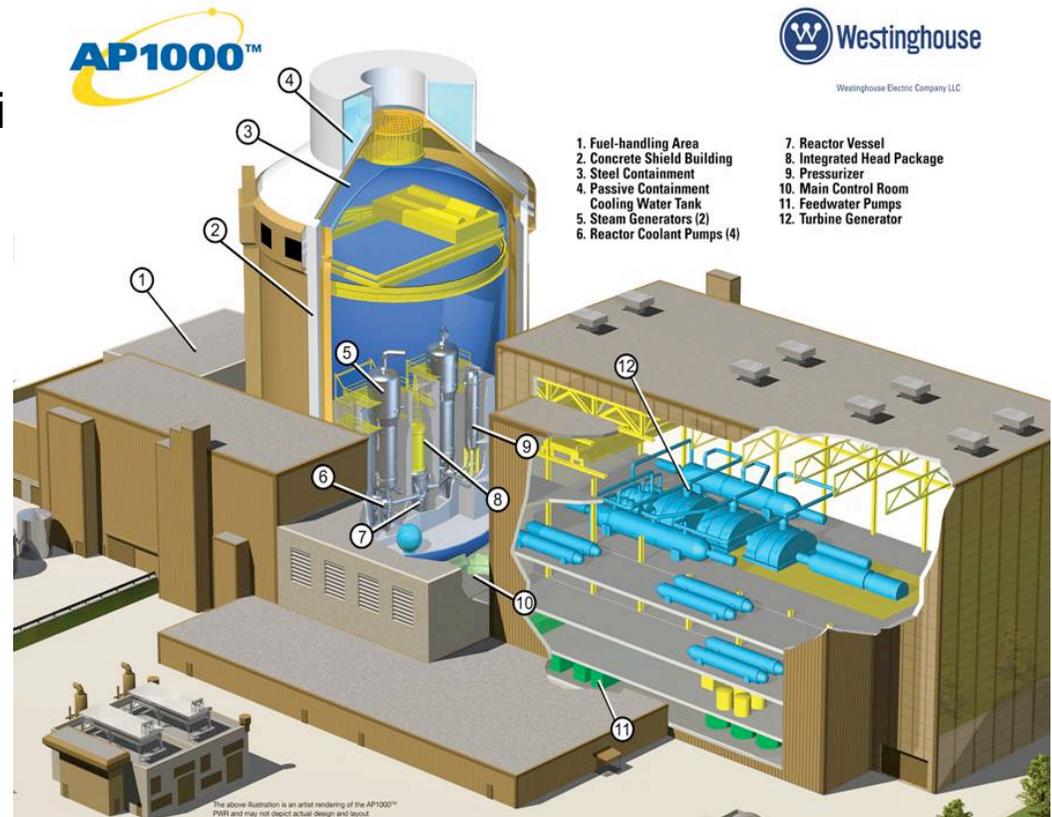
Manutenzione durante operazione
Tempi di fermata inferiori
Maggiore disponibilità dell'impianto

Reattori GEN III di riferimento : EPR

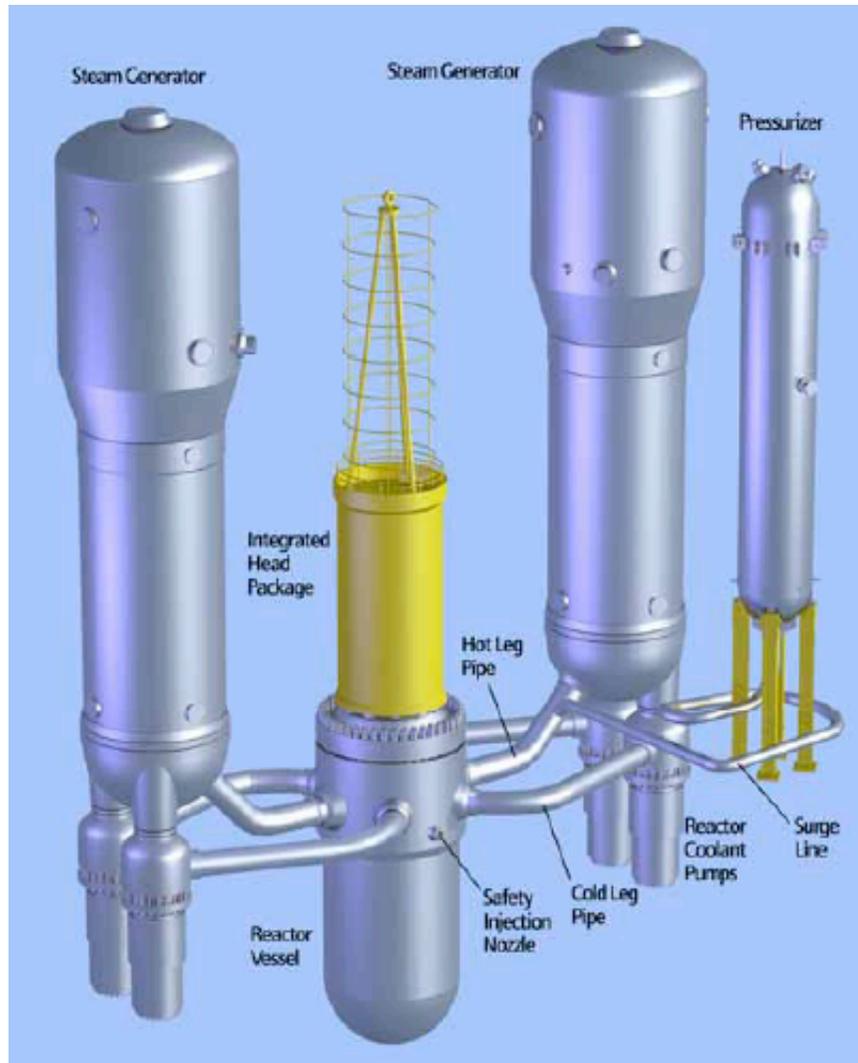


Reattori GEN III di riferimento : AP1000

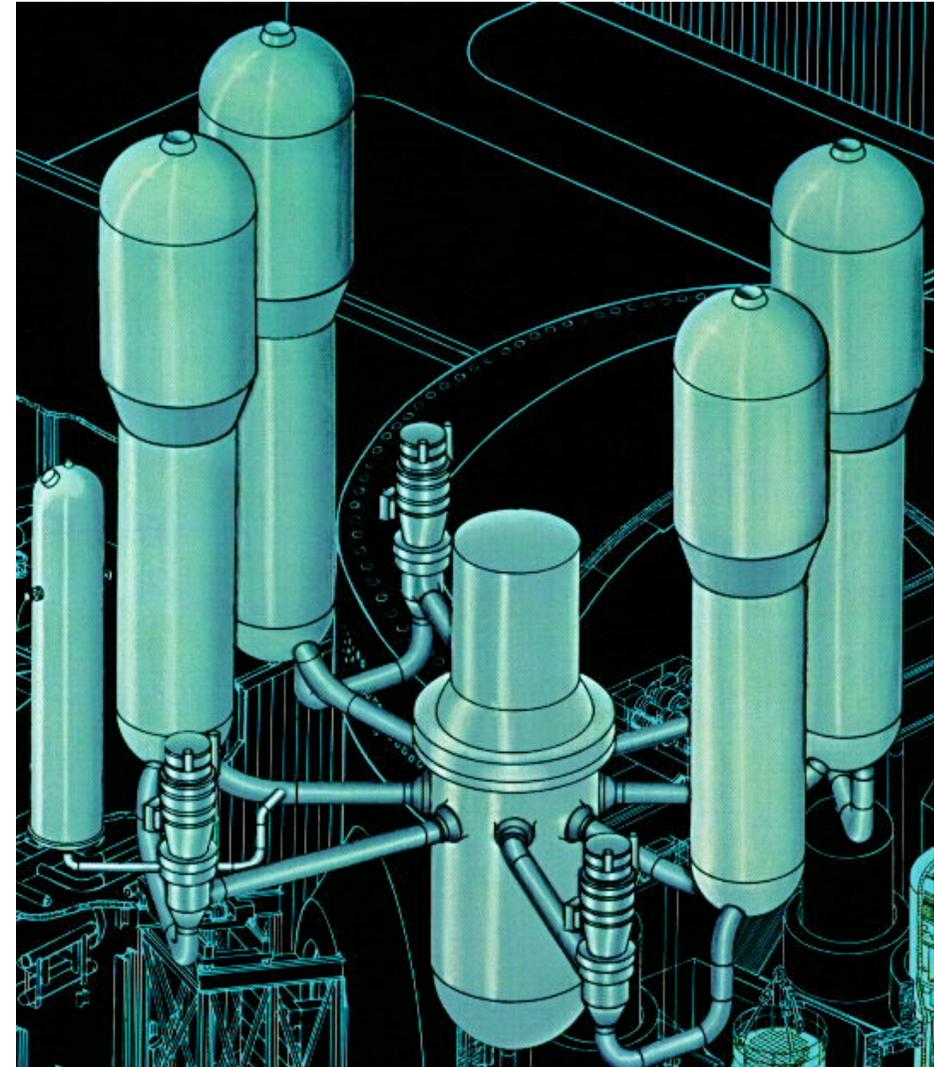
- ✓ Potenza 1117 MWe
- ✓ Sistemi di sicurezza passivi innovativi
- ✓ Semplificazione dell' impianto
- ✓ Costruzione di tipo modulare
- ✓ Progetto dei maggiori componenti basato su tecnologia "provata"
- ✓ E' l'unico reattore di Generazione III+ con Design Certification NRC
- ✓ E' iniziata la costruzione di 4 unità AP1000 in Cina
- ✓ La joint venture Ansaldo-Mangiarotti partecipa alla costruzione (contenimento metallico, PRHR)



Reattori GEN III di riferimento : AP1000

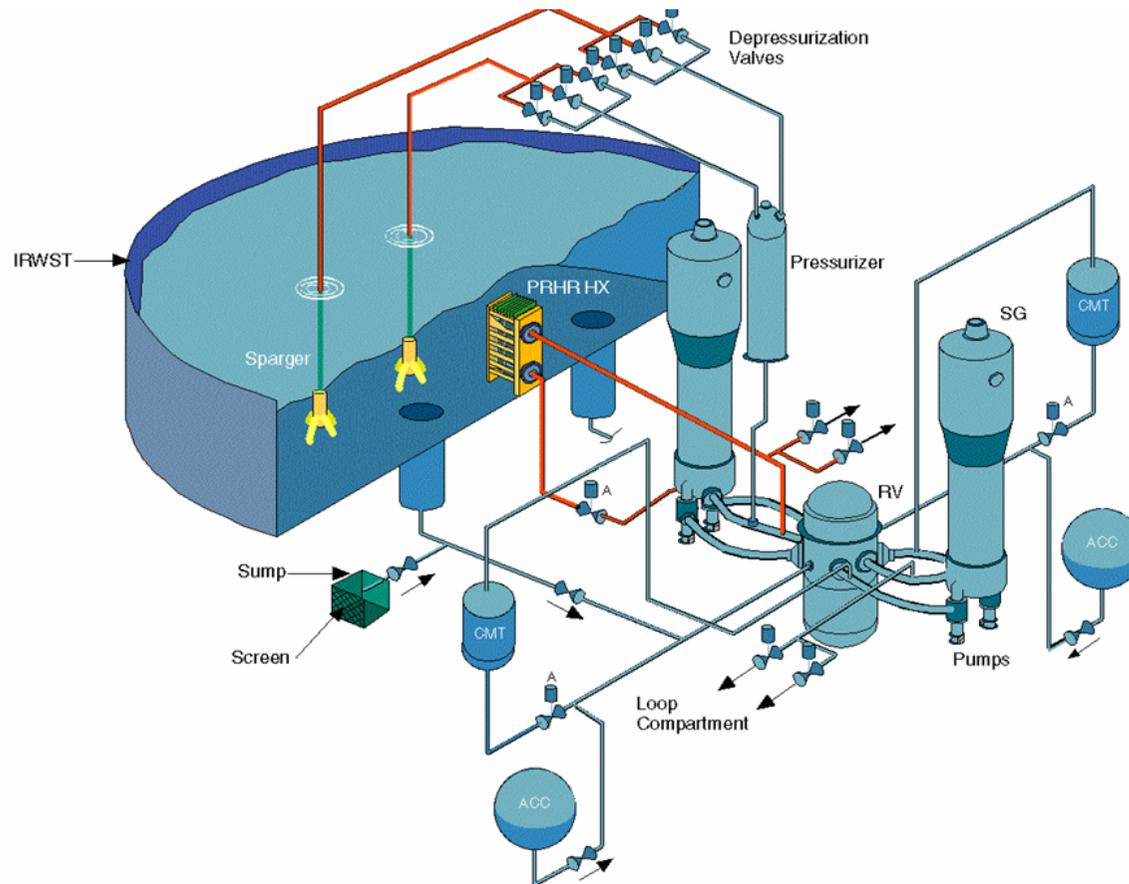


AP1000



PWR attivo

Passive Core Cooling System

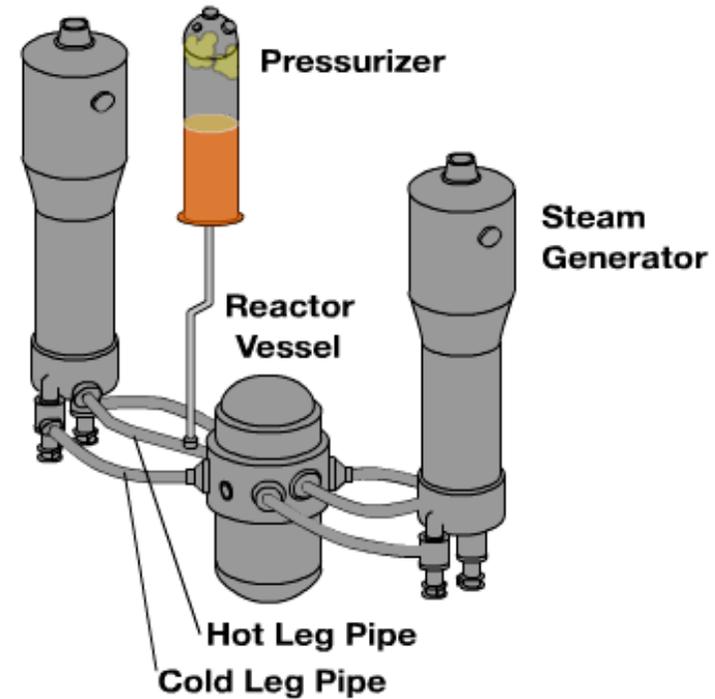


- **Funzioni di sicurezza assicurate da fenomeni naturali**
 - ✓ Gravità
 - ✓ Scambio di calore per conduzione e convezione
 - ✓ Evaporazione

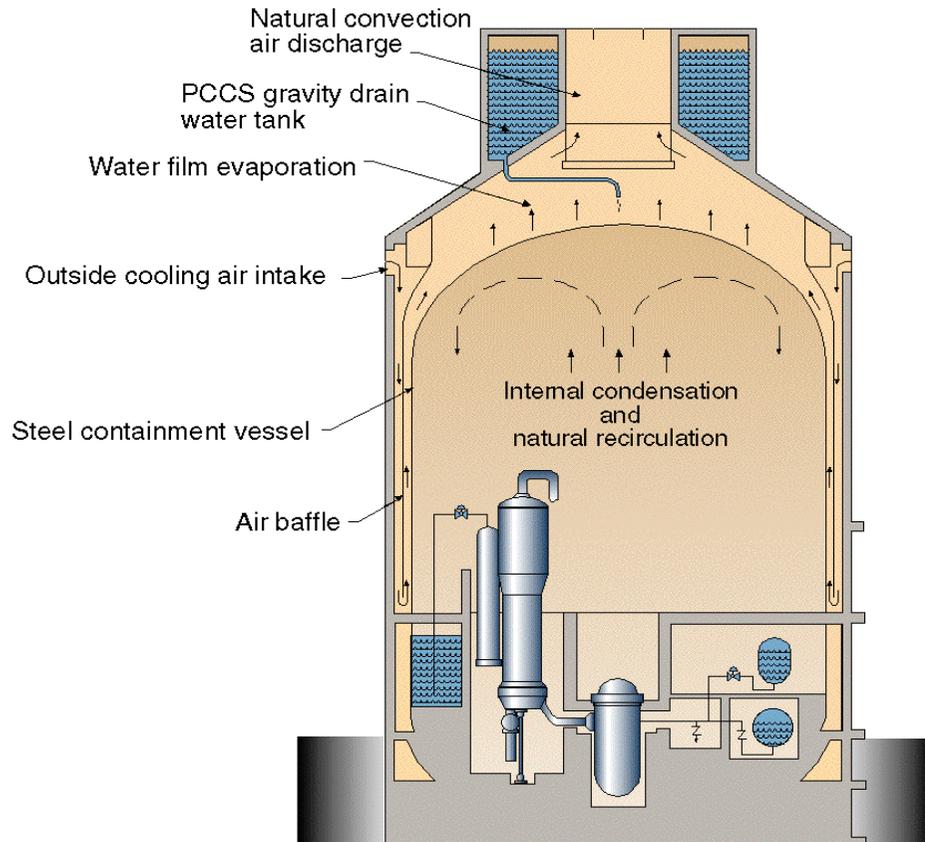
- **I sistemi di sicurezza non si basano su componenti attivi → eliminazione di**
 - ✓ Diesels di emergenza
 - ✓ Pompe di emergenza
 - ✓ Sistemi di supporto ai sistemi di sicurezza

Reattori GEN III di riferimento : AP1000

Passive Core Cooling System



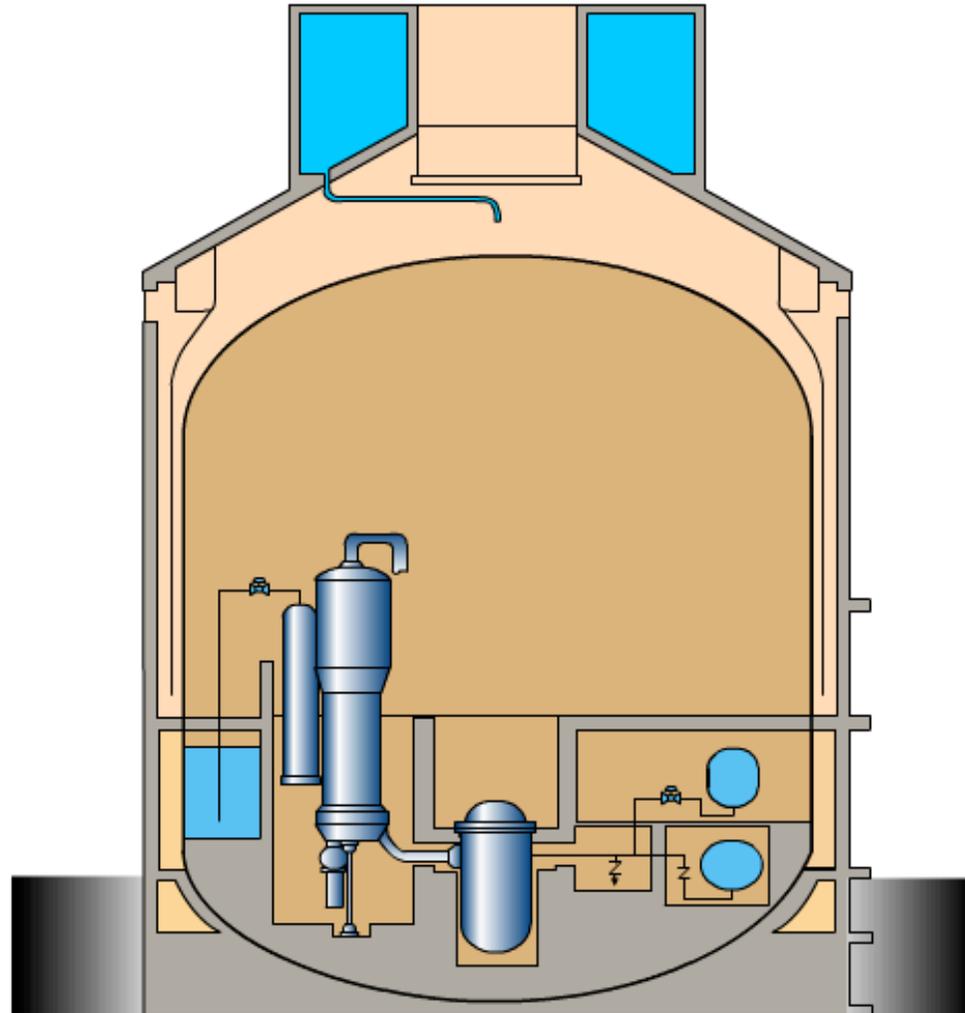
Passive Containment Cooling



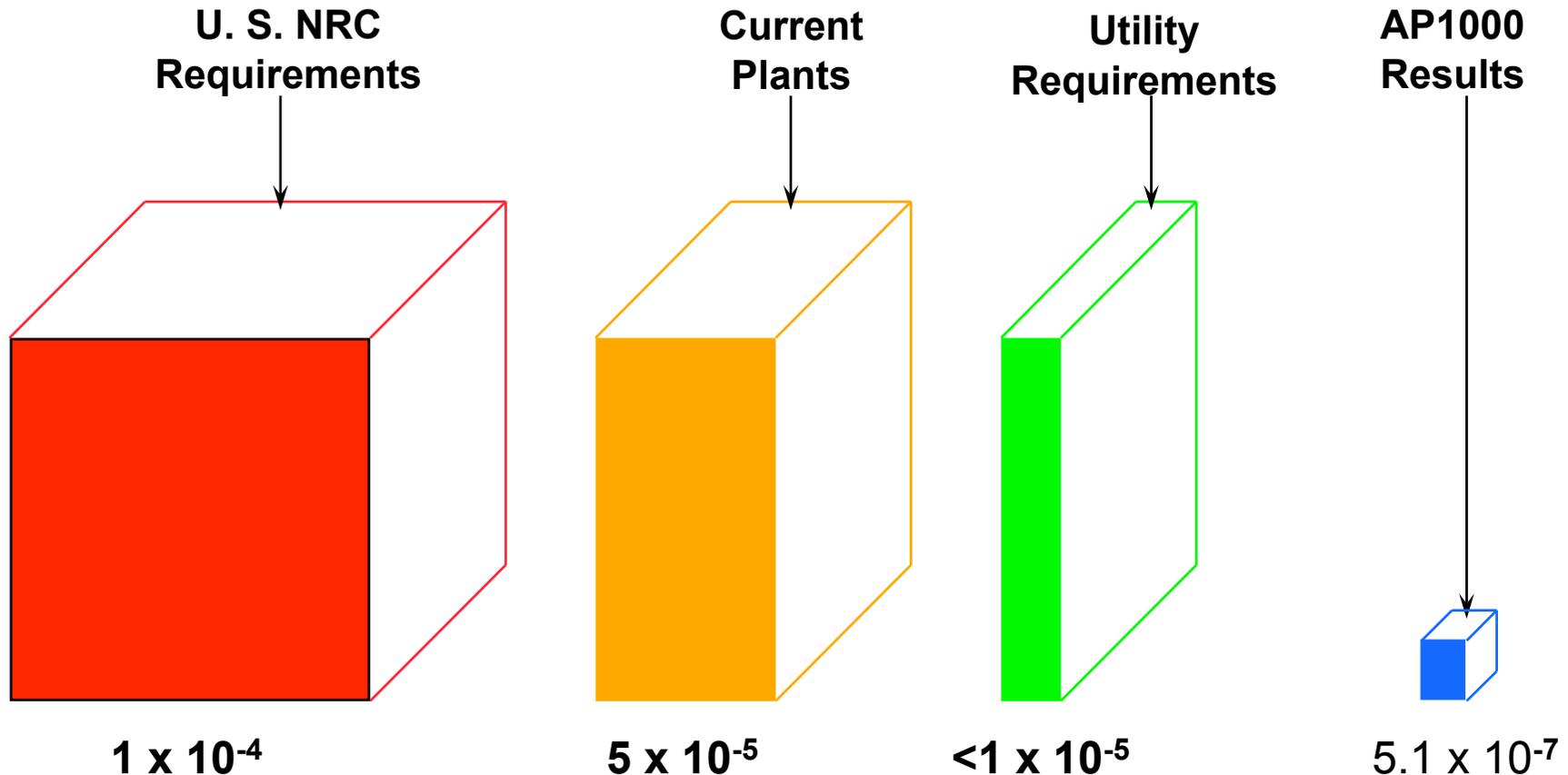
- l'evaporazione dell'acqua assicura per 72 ore la rimozione del calore dal contenimento
- Anche senza acqua la convezione naturale dell'aria assicura per 24 ore l'integrità del contenimento

Reattori GEN III di riferimento : AP1000

Passive Containment Cooling System at Work



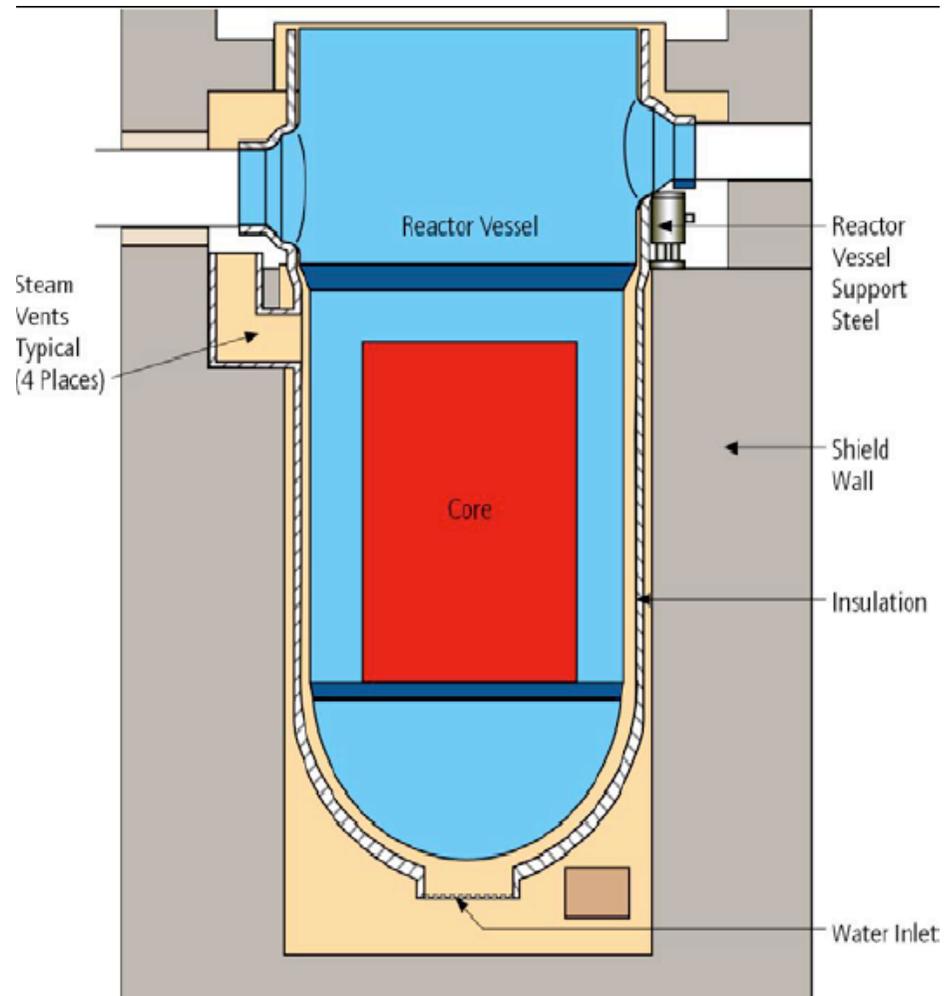
Mitigazione Incidenti Catastrofici



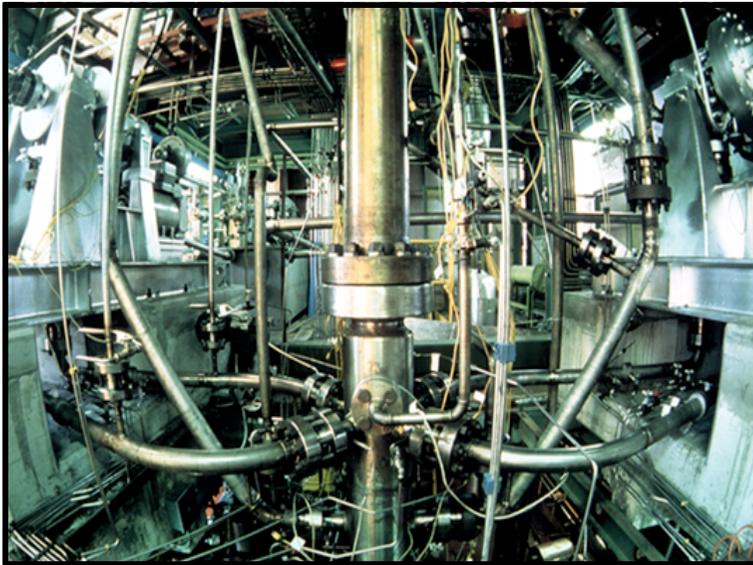
Probabilità di danneggiamento del nocciolo per anno reattore

Mitigazione Incidenti Catastrofici

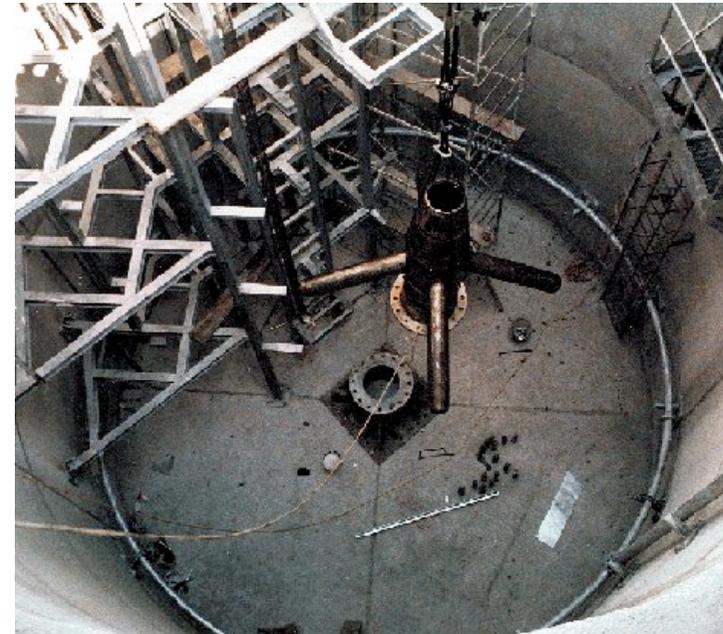
- Scenario fusione nocciolo (Probabilità ~ 5 eventi ogni 10^7 anni reattore)
- AP1000 è progettato per contenere il nocciolo fuso all'interno del vessel, evitando che il materiale fuso venga disperso all'interno del contenimento



I sistemi passivi sono stati ampiamente testati ... anche in Italia



**Integral Systems Test (SPES)
SIET (Piacenza)**

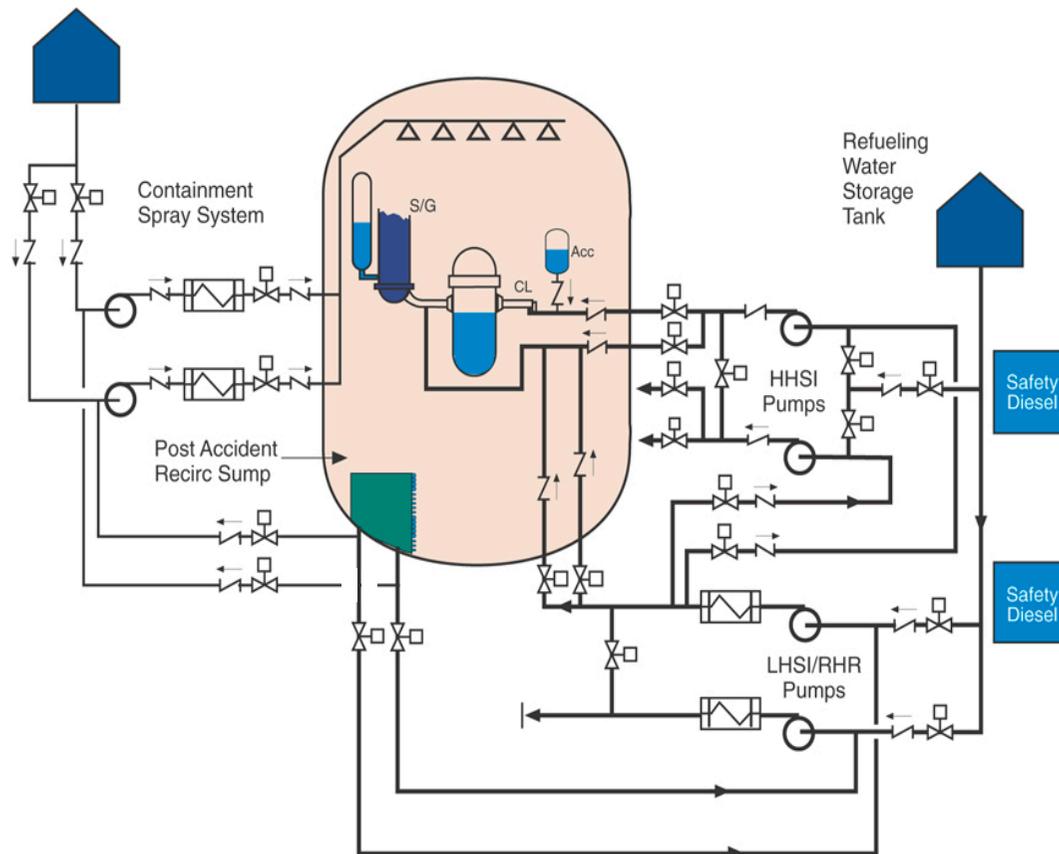


**Test facility VAPORE
ENEA Casaccia (Roma)**

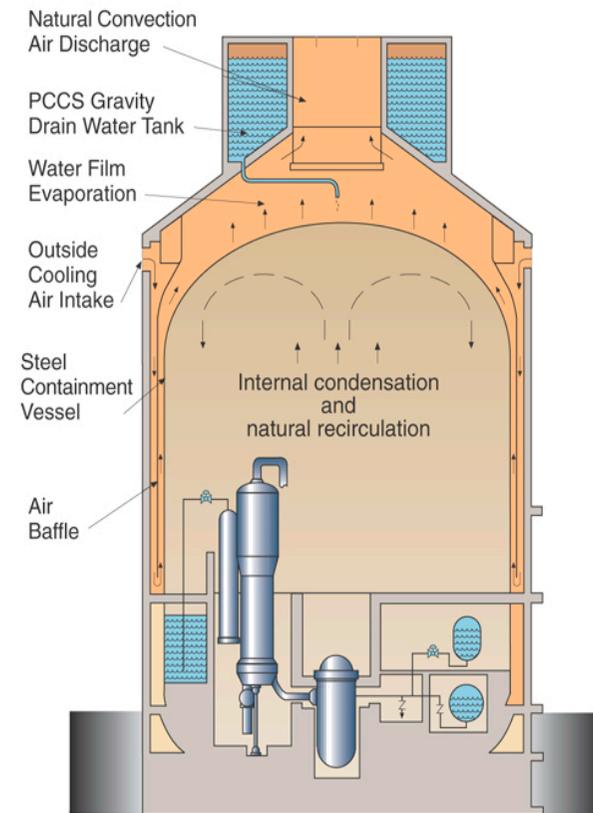
Reattori GEN III di riferimento : AP1000

L'approccio passivo permette una notevole semplificazione dei sistemi di sicurezza

Standard PWR

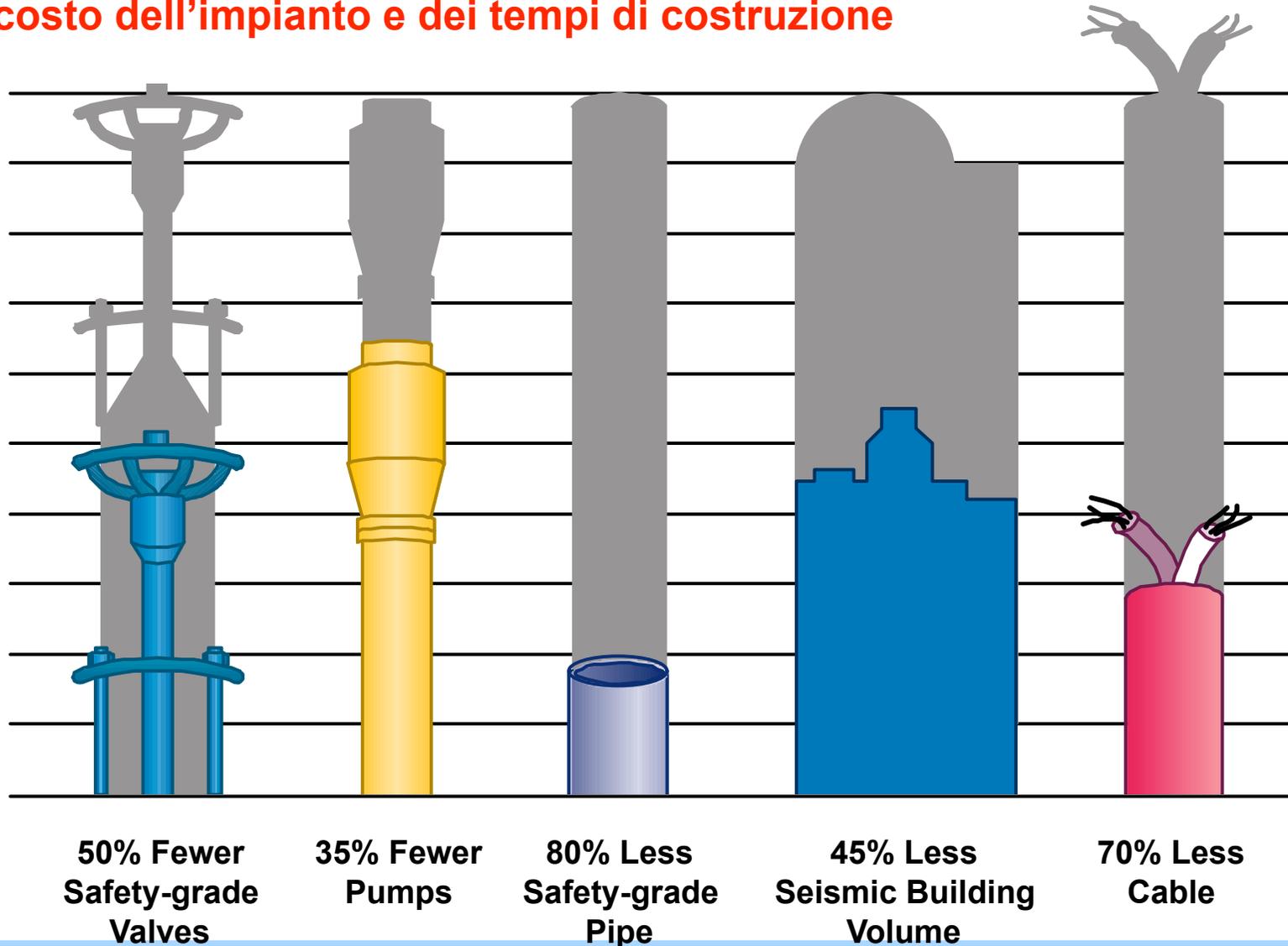


AP1000



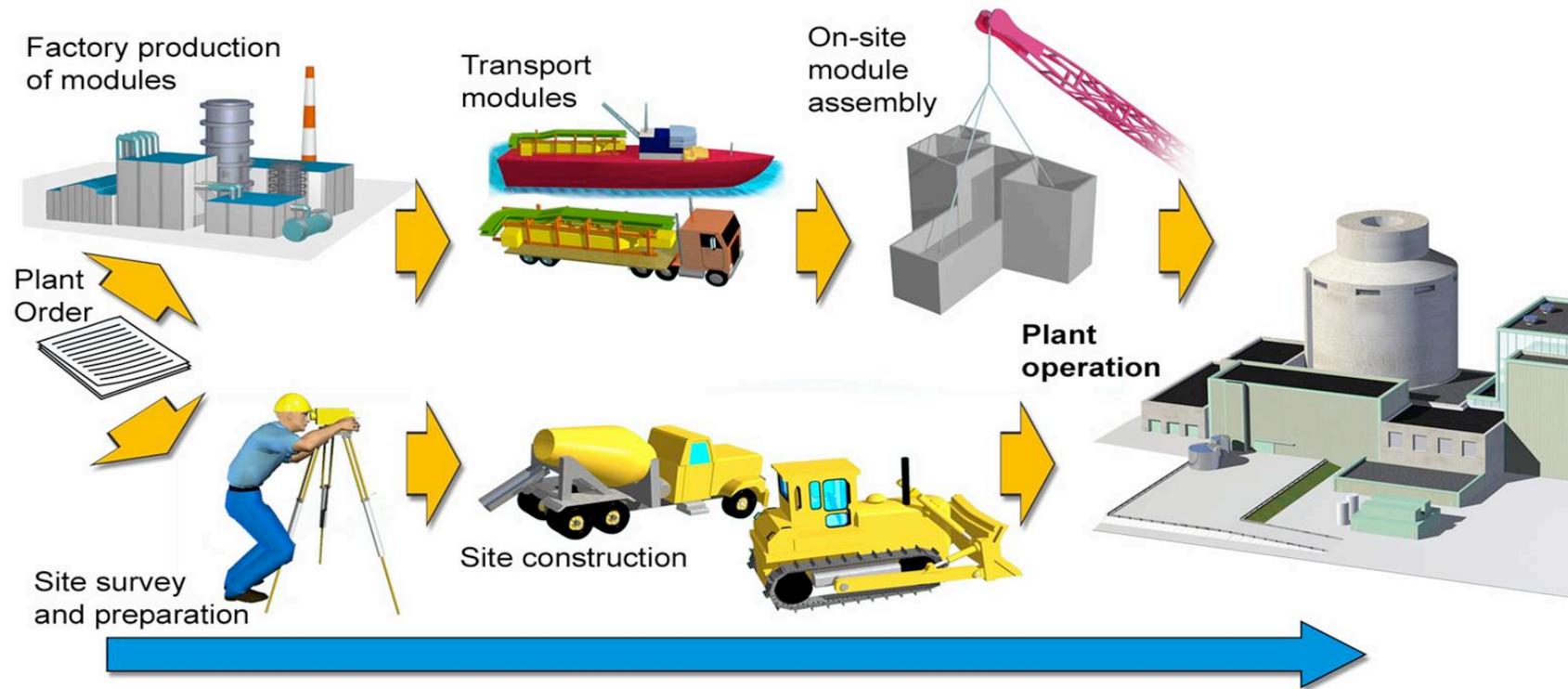
Reattori GEN III di riferimento : AP1000

La semplificazione assicurata dai sistemi passivi permette una diminuzione del costo dell'impianto e dei tempi di costruzione



Reattori GEN III di riferimento : AP1000

La costruzione a moduli abbrevia i tempi di costruzione e quindi il costo dell'impianto



Site Development - 18 mos	Construction - 36 mos	Commissioning - 6 mos
---------------------------	-----------------------	-----------------------

Nth plant schedule

CONCLUSIONI

- Dopo un lungo periodo di stagnazione, ci sono chiari segnali di una nuova, significativa ripresa del nucleare nel mondo
- L'industria nucleare ha sviluppato negli ultimi anni progetti di reattori avanzati caratterizzati da una maggiore sicurezza, semplificazione, disponibilità, economicamente più competitivi
- Alcuni nuovi reattori (AP1000, EPR) sono in fase di costruzione e sono quindi disponibili sul mercato
- L'industria e la ricerca italiana hanno partecipato in questi anni alle attività di progettazione e sviluppo dei nuovi reattori e hanno quindi mantenuto le competenze tecnologiche necessarie