

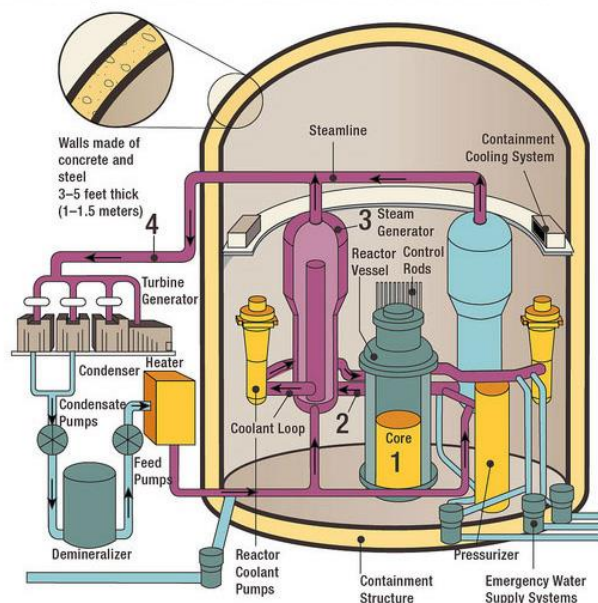
## L'energia nucleare, i reattori nucleari a fissione e le loro principali caratteristiche

### Reattore ad acqua pressurizzata - PWR Pressurized Water Reactor

Anche il PWR è un reattore moderato e refrigerato ad acqua leggera H<sub>2</sub>O, detto a "ciclo indiretto". A differenza del BWR, in questa tipologia di reattore ci sono due circuiti del refrigerante: un circuito primario, costituito da 3-4 loop, in cui l'acqua di raffreddamento viene mantenuta sempre allo stato liquido ed uno secondario, in cui si forma il vapore. Su un solo loop del primario è collegato il pressurizzatore, avente il duplice scopo di:

- mantenere costante la pressione del primario ad un valore di circa 15 Mpa, in modo da garantire che l'acqua del primario sia sempre allo stato liquido;
- funzionare da "vaso di espansione" per tenere conto delle variazioni del carico.

Un impianto di questo tipo risulta costruttivamente più complesso rispetto al BWR.



### *Funzionamento*

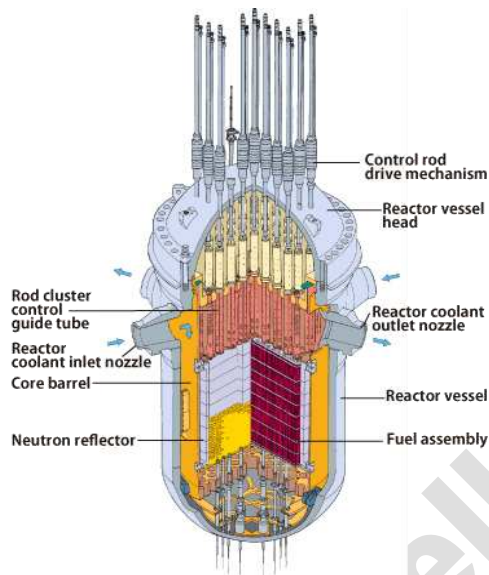
- nel nocciolo del reattore si produce energia termica a seguito delle fissioni. Il calore così prodotto viene trasferito all'acqua del circuito primario;
- L'acqua di alimentazione del circuito primario, in virtù di una pressione di circa 16 Mpa, rimane sempre in fase liquida. Entra dal basso alla temperatura di circa 290°C ed esce ad una temperatura di circa 320 °C senza raggiungere il punto di ebollizione;
- L'acqua calda del circuito primario entra successivamente in un circuito secondario, in cui è presente un generatore di vapore. In esso il calore viene ceduto all' acqua secondaria lato mantello e la trasforma in vapore a una temperatura di circa 280°C;



- a sua volta il vapore espandendosi genera energia meccanica che aziona le turbine. Queste sono accoppiate agli alternatori che producono a loro volta energia elettrica;
- Il vapore in uscita dalla turbina viene raffreddato in un terzo circuito collegato a delle torri di raffreddamento e torna in fase liquida. Quest'acqua viene nuovamente pompata nel nocciolo mescolandosi all'acqua di ricircolo.

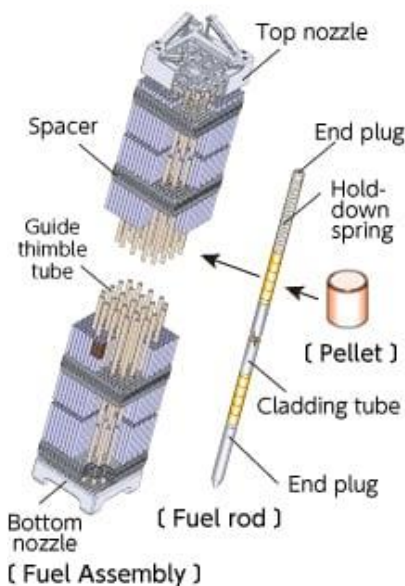
In questo tipo di reattore il livello di potenza viene regolato mediante inserzione e disinserione continua delle barre di controllo. Anche lo spegnimento sicuro del reattore nucleare viene effettuato mediante l'uso delle barre di controllo.

### Caratteristiche costruttive e di funzionamento tipiche di un PWR



Pressione di esercizio, MPa	16
Potenza termica tipica, MWth	3400
Potenza elettrica, MWe	1150
Efficienza termica, %	34
Diametro interno/esterno del nocciolo, m	~ 3,76/3,87
Diametro/altezza/spessore del vessel, m	~ 4÷5/12÷14/0,25
Materiale del vessel	Acciaio al carbonio
Rivestimento/Internals del vessel	Acciaio inox
Massa totale del vessel, Mkg	~ 500
Numero di circuiti (loop)	4
Numero di elementi di combustibile	193
Numero totale di barrette in un nocciolo	50952
Temperature ingresso/uscita refrigerante, °C	~ 290/325
Portata d'acqua del primario, Mg/s	~ 17,7
Temperatura del vapore, °C	~ 285

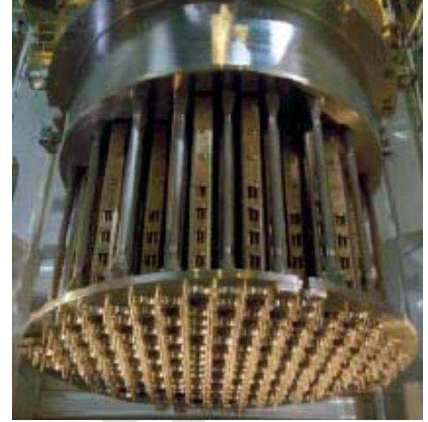
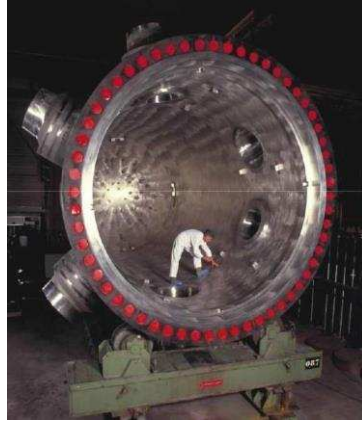
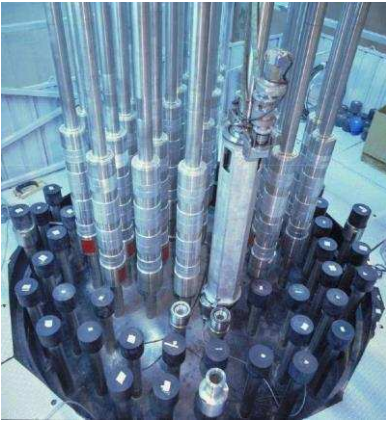
### Caratteristiche di un elemento di combustibile PWR (15x15 o 17x17)



Arricchimento medio pellet UO <sub>2</sub> , %	4 – 5%
Diametro esterno pellets UO <sub>2</sub> , mm	8,20
Diametro esterno della barretta, mm	9,50
Spessore incamiciatura, mm	0,57
Passo medio tra barrette in un elemento, mm	12,6
Lunghezza totale della barretta, m	3,9
Lunghezza totale dell'elemento di combustibile, m	4,1
Altezza attiva del combustibile in una barretta, m	3,66
Numero barrette per elemento (17x17)	264
Numero barre di controllo per elemento di combustibile	24
Materiale	
Combustibile: pastiglie sinterizzate di UO <sub>2</sub> , UO <sub>2</sub> contenente gadolinio	
Incamiciatura barrette: Zircaloy-4	
Distanziatori: Zircaloy-4	
Strutture di supporto: acciaio inox	

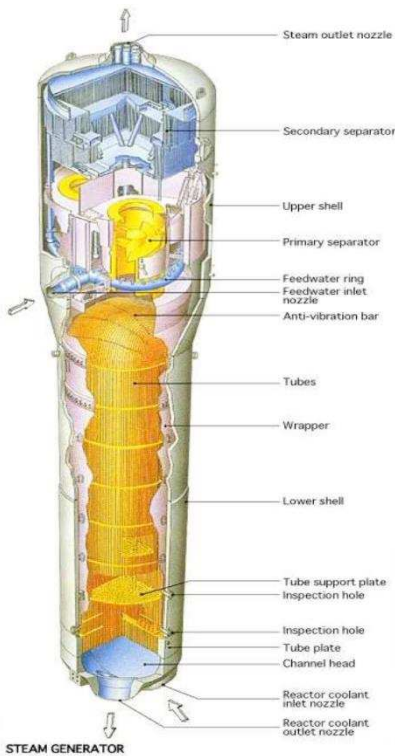
<b>Barre di controllo</b>	Leghe di Ag-In-Cd
Incamiciatura delle barre di controllo	Tubi di acciaio inox

Vedute di un recipiente in pressione (vessel) del nocciolo di un PWR



Generatore di vapore di un PWR

Il generatore di vapore è uno scambiatore di calore verticale a tubi a U che, a partire dal calore prodotto nel nocciolo, produce il vapore e lo trasferisce al gruppo turbo-alternatore



Diametro esterno del generatore, m	Parte superiore	5,1
	Parte inferiore	3,9
Altezza del generatore, m		~ 21
Tubi per lo scambio termico	Numero totale di tubi	5830
	Diametro esterno tubi, mm	19,1
	Spessore tubi, mm	1,1
Superficie totale di scambio termico, m <sup>2</sup>		6500
Massa totale, Mg		440





Impianto PWR di Trino Vercellese (Vc)

---

*A cura di Roberto COVINI*

Museo della Radioattività