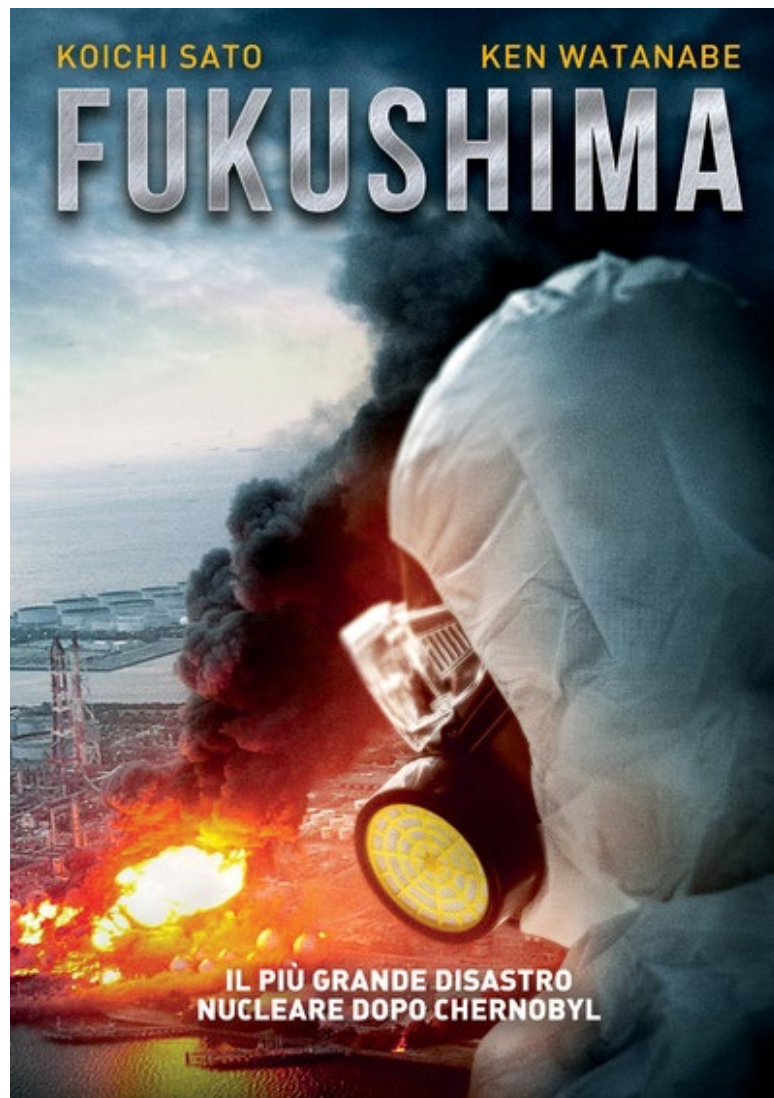




# L'incidente nucleare di Fukushima

Tecnologia ed educazione civica



## Il film «Fukushima»

E' un film del 2020 diretto da Setsurō Wakamatsu con Ken Watanabe e Kōichi Satō. Il titolo del film fa riferimento allo pseudonimo dato dai media in lingua inglese a un gruppo di dipendenti della centrale nucleare di Fukushima Daiichi: questo gruppo di dipendenti della centrale deve far fronte alle esplosioni ed al crollo dei reattori nucleari in seguito al terremoto e maremoto del Tōhoku del 2011. Il film è basato sul libro di saggistica di Ryusho Kadota, intitolato *On the Brink: The Inside Story of Fukushima Daiichi*, ed è il primo film giapponese a rappresentare direttamente il disastro.









Fino al 2011

Oggi



Terremoto sottomarino

**BLACK OUT  
ELETTRICO**

**INSERIMENTO  
AUTOMATICO  
DELLE BARRE DI  
CONTROLLO**

Accensione del  
generatore a gasolio

Il generatore a  
gasolio viene  
sommerso e si  
spegne.  
**INONDAZIONE**

Dopo 40 minuti  
**TSUNAMI** con onde  
di 14 metri

L'inizio di tutto...

Il sistema di raffreddamento  
dei reattori senza energia  
elettrica non funziona

**DA QUI INIZIA L'EMERGENZA ...**





## La storia in breve

---

Lo tsunami distrusse i generatori di emergenza che alimentavano i sistemi di raffreddamento dei reattori 1, 2 e 3, e anche la linea elettrica ad alta tensione che li collegava ai reattori 5 e 6.

Ciò causò un black-out elettrico e il blocco dei sistemi di raffreddamento nei primi 3 reattori.

L'interruzione dei sistemi di raffreddamento e di ogni fonte di alimentazione elettrica, oltre ad un malfunzionamento del sistema di raffreddamento di emergenza passivo del reattore 1, nelle ore successive causò la perdita di controllo dei reattori 1, 2 e 3, che erano attivi al momento del terremoto.

I reattori subirono il MELTDOWN completo, seppur in momenti diversi, in date comprese tra il 12 e il 15 marzo.

Nelle ore e nei giorni successivi, negli edifici dei reattori si verificarono quattro distinte esplosioni, causate da fughe di idrogeno, alcune delle quali distrussero le strutture superiori degli edifici di due reattori.

# I rischi a Fukushima

- 1** Il reattore è stato bloccato in automatico ma per problemi al raffreddamento il nocciolo ha cominciato a surriscaldarsi
- 2** L'acqua di raffreddamento ha iniziato a evaporare, facendo aumentare la pressione
- 3** Contemporaneamente si è prodotta una reazione chimica tra il metallo di rivestimento delle barre di combustibile e l'acqua in evaporazione, sprigionando gas
- 4** Nella prima gabbia di contenimento la pressione è cresciuta oltre i limiti di sicurezza. Quindi si è proceduto alla decompressione nel contenitore esterno. Ma è esploso per la reazione chimica che ha coinvolto l'idrogeno. La prima gabbia di contenimento è rimasta intatta

## Parte esplosa

Vasca del combustibile esausto

Reattore  
(al suo interno ci sono le barre di combustibile nucleare)

Prima gabbia di contenimento  
in calcestruzzo e acciaio

Seconda gabbia  
di contenimento

12 m  
di profondità

## La fusione del nocciolo

Il rischio è la parziale o totale fusione del nocciolo, ovvero la formazione di una massa radioattiva ad alta temperatura composta dal combustibile nucleare, dai rivestimenti e dalla matrice d'acciaio che racchiude il nocciolo. Le polveri e il vapore radioattivi che si sprigionano, in caso di rottura del contenimento, possono fuoriuscire e contaminare l'ambiente esterno

13 m  
di altezza

Tunnel di accesso

Vasca di abbattimento  
della pressione



# Meltdown

---



Gli incidenti nucleari più catastrofici della storia sono stati Černobyl (1986) e Fukushima (2011). In entrambi gli incidenti è avvenuto quello che è chiamato in italiano **FUSIONE DEL NOCCIOLO**, in inglese **MELTDOWN** (massimo dei danni possibili in una centrale nucleare)

Aumento della temperatura:  
acqua di raffreddamento si  
tramuta in **VAPORE**

**EVAPORAZIONE** del  
refrigerante con formazione di  
**IDROGENO**

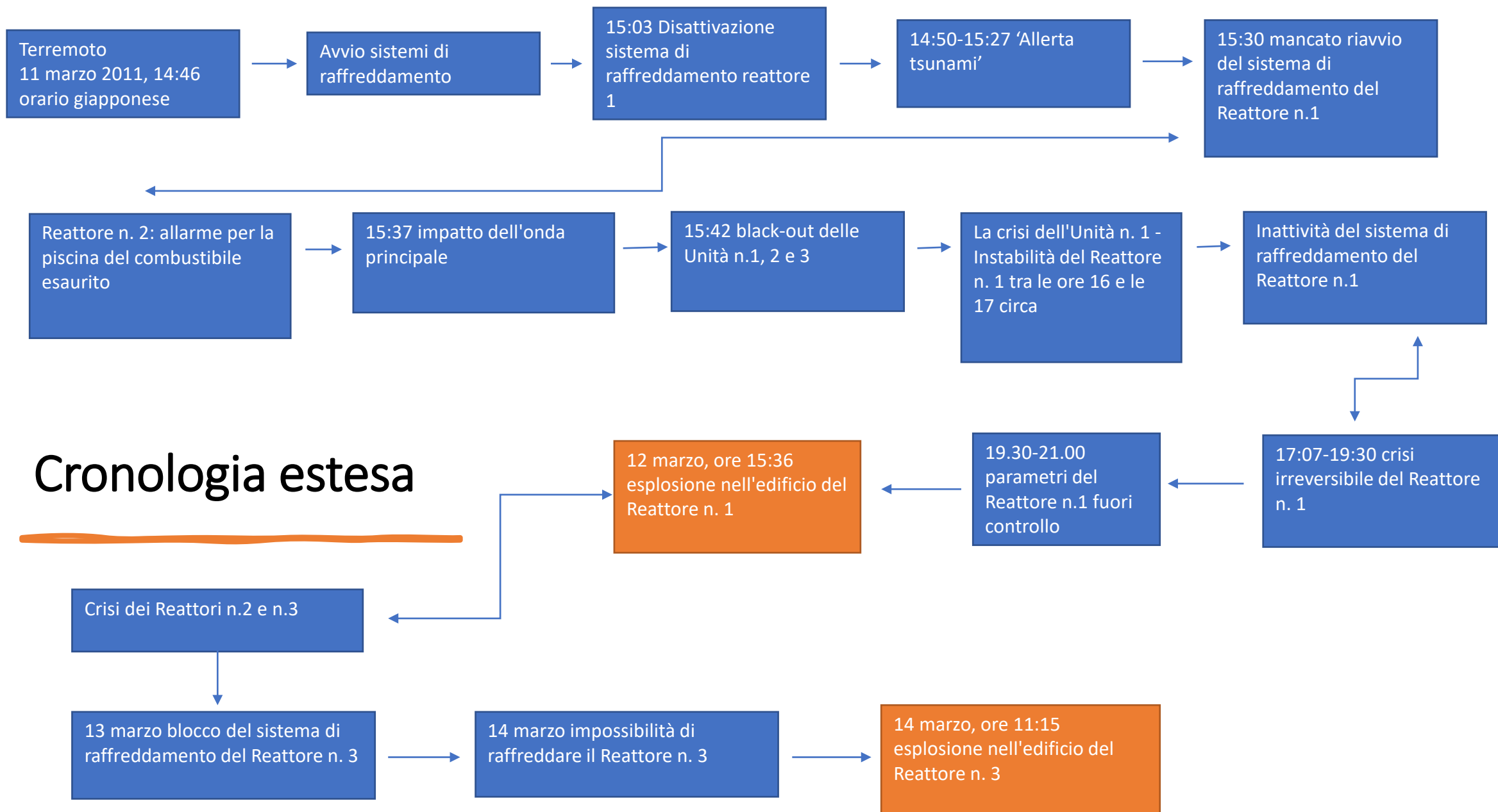
Assenza di **RAFFREDDAMENTO**  
= **FUSIONE DEL NOCCIOLO**  
(**MELTDOWN**)

Esplosione da accumulo di  
idrogeno con **NOCCIOLO**  
**SCOPERTO**

Per limitare la fuoriuscita  
di **RADIAZIONI** e  
raffreddare i reattori

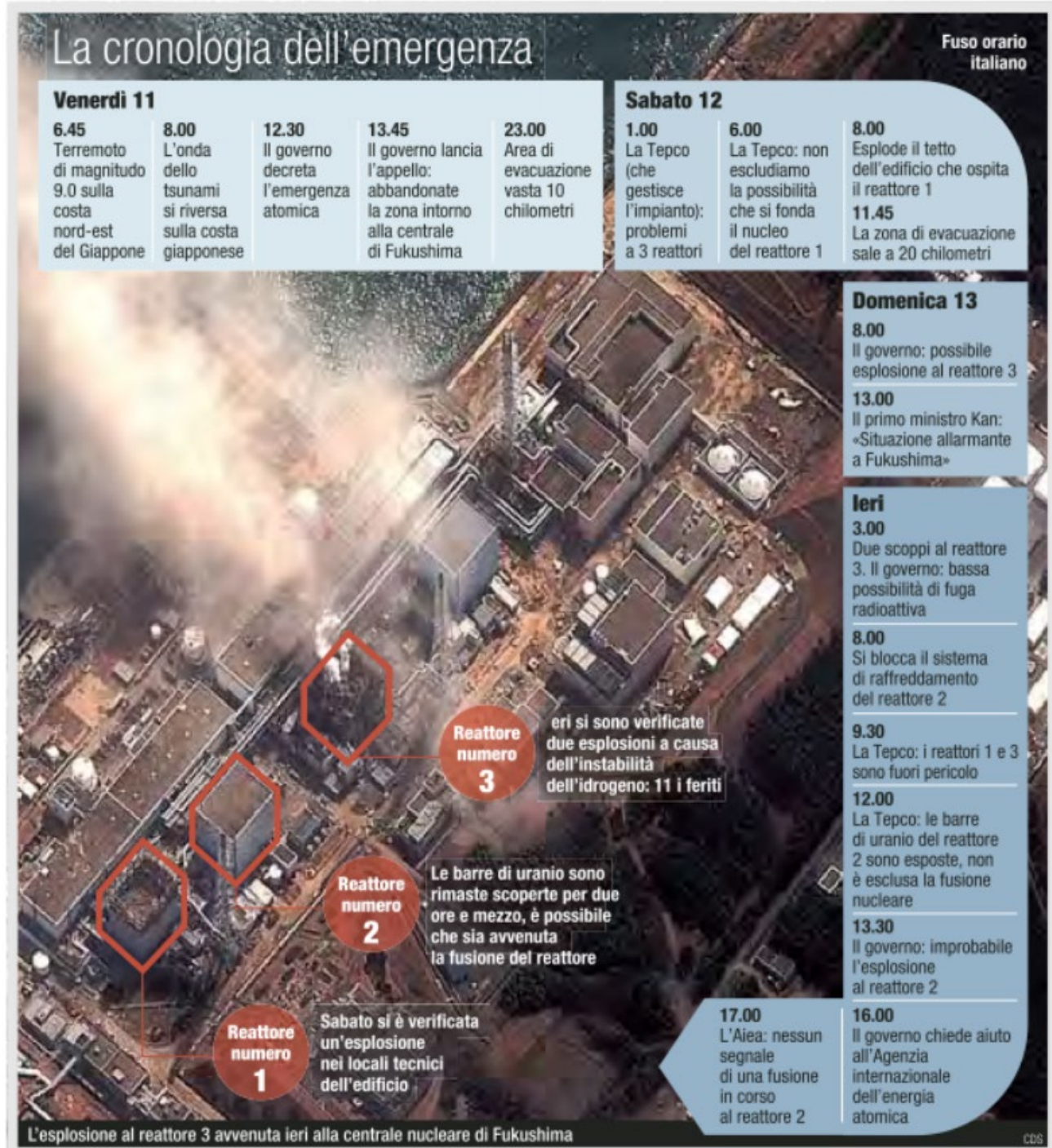
I tecnici sacrificano la centrale con  
l'**IMMISSIONE DI ACQUA DI MARE**





## Cronologia estesa

# Cronologia estesa



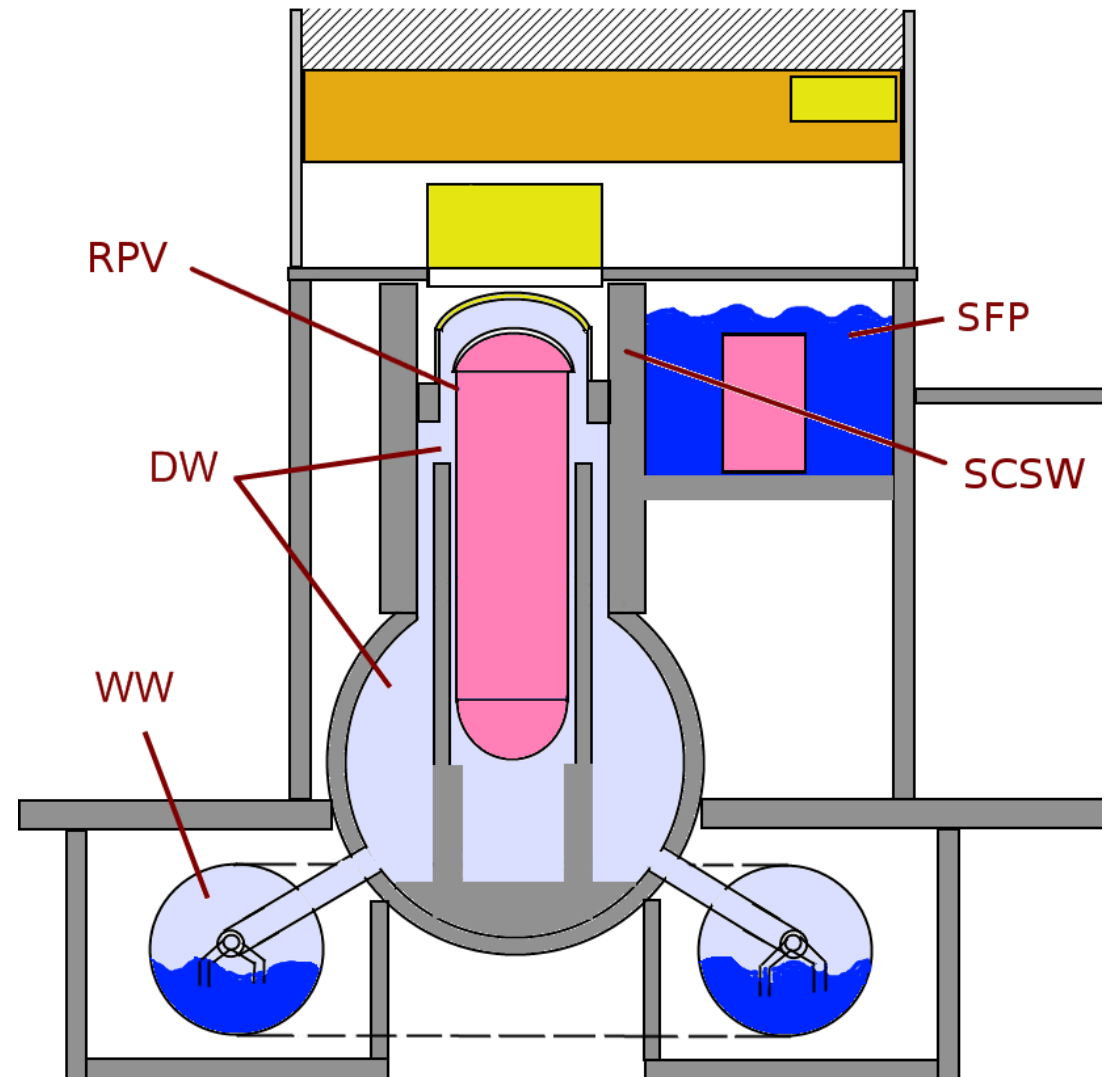


# Schema dei reattori BRW

I reattori BWR hanno una struttura verticale e sono racchiusi in un recipiente ermetico, pressurizzato e a prova di radiazioni di forma cilindrica allungata simile a una caldaia.

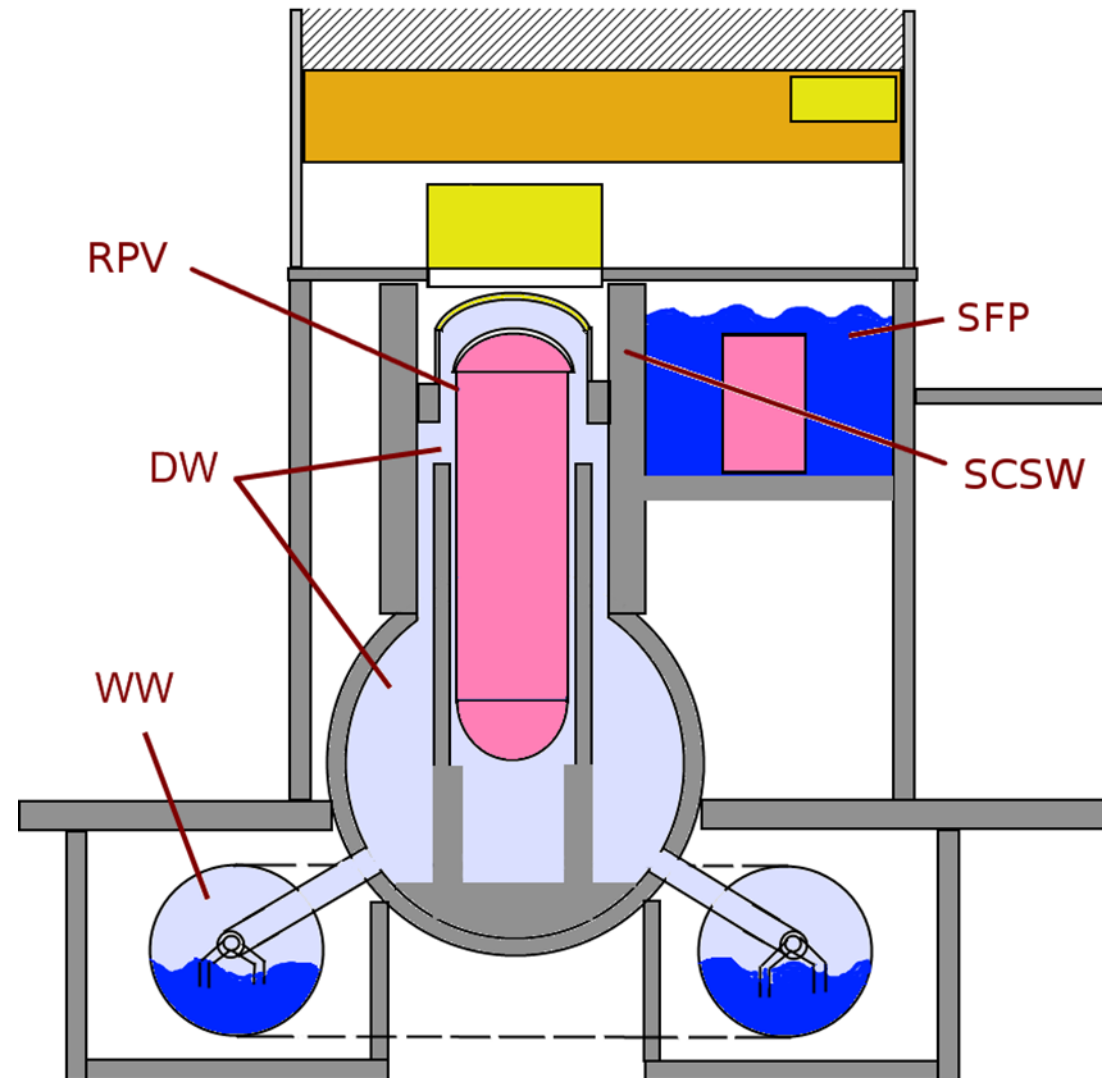
Il nocciolo (RPV) è l'unità calorifera che occupa la parte mediana, mentre nello spazio immediatamente superiore al nocciolo ci sono i tubi di canalizzazione e separazione del vapore che si sviluppano nell'interno del recipiente per una certa altezza, quindi al di sopra di questa struttura, lasciando alcuni metri di spazio libero, sono collocate strutture in lamiera che formano superfici di condensazione, sovrastate a loro volta da un ulteriore spazio libero coperto infine dalla cupola. Lo schema è quello di una caldaia a vapore, in cui i canali collocati in verticale determinano la direzione di circolazione del vapore e il nocciolo si trova immerso in acqua bollente pressurizzata.

Le barre di controllo sono inserite nel nocciolo dal basso. Tutto il recipiente a pressione così descritto è contenuto all'interno di un secondo recipiente ermetico (DW). Intorno alla base del recipiente, nel suo insieme, se ne trova un altro di forma toroidale (WW), cioè simile a una ciambella, detto camera di decompressione, o camera di soppressione. L'intero reattore è a sua volta interamente contenuto in un guscio in cemento e acciaio, e l'intera struttura compresa la camera toroidale è collocata sopra una spessa struttura di contenimento in acciaio e cemento. I recipienti sono progettati per resistere alle altissime pressioni e temperature che potrebbero verificarsi in caso di incidente, mentre il guscio di contenimento esterno sottostante in cemento e acciaio è progettato per resistere a un'eventuale esplosione.



# Combustibile esaurito

Anche gli elementi di materiale fissile esauriti, una volta rimossi dal reattore, continuano a produrre calore, pertanto devono essere depositati in apposite piscine per un periodo di alcuni anni (SFP). Tali vasche sono collocate nella parte superiore dell'edificio e adiacenti al reattore. Nelle piscine di raffreddamento il combustibile esaurito deve restare completamente immerso in acqua. Le piscine devono essere alimentate per compensare l'evaporazione dell'acqua, onde evitare che il livello dell'acqua scenda e garantendo così che il materiale resti immerso. Se gli elementi esauriti rimanessero esposti questi si surriscalderebbero fino a incendiarsi, liberando vapori radioattivi nell'atmosfera. Al momento del disastro, reattori e vasche di raffreddamento contenevano un numero di elementi attivi od esauriti





# Acqua di mare

Per raffreddare le barre di combustibile nucleare subito dopo l'incidente e mantenerle alla giusta temperatura, in tutti questi anni è stata usata una grande quantità d'acqua, che ha assorbito varie sostanze radioattive. Attualmente ci sono circa 1,25 milioni di tonnellate di acqua contaminata a Fukushima, l'equivalente di 500 piscine olimpioniche, che sono contenute in grandi serbatoi: la Tokyo Electric Power Co. (Tepco), l'azienda energetica che gestisce la centrale, ne ha costruiti più di mille attorno all'impianto.



## L'ACQUA DI FUKUSHIMA



Serviva  
a **raffreddare**  
I reattori nucleari

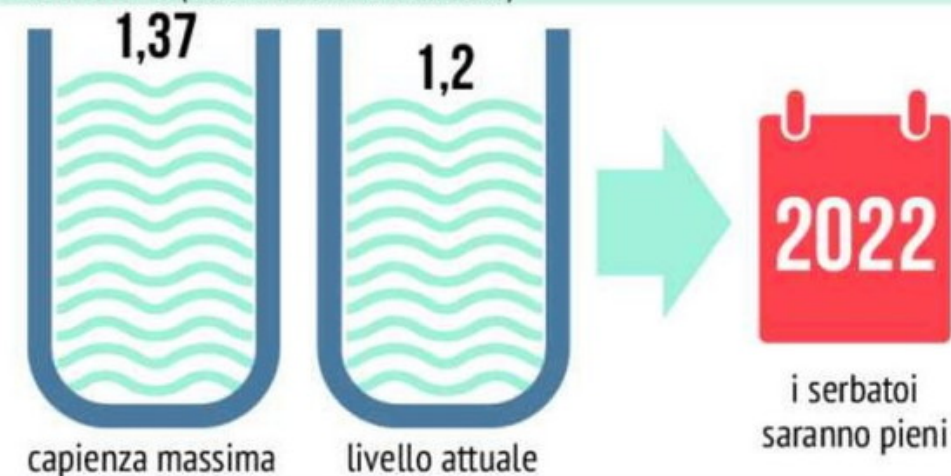


È stata **depurata**  
di 62 radionuclidi  
(Non il trizio, poco  
pericoloso per l'uomo)



Ora è **stoccata**  
in 960 serbatoi  
d'acciaio

### I SERBATOI (valori in milioni di tonnellate)



### IPOTESI DI SMALTIMENTO



1 Scaricare i serbatoi  
in mare



2 Costruire altri serbatoi  
nella centrale



3 Costruire altri serbatoi  
nei terreni circostanti  
ormai privi di valore

