



- # L'incidente di Fukushima

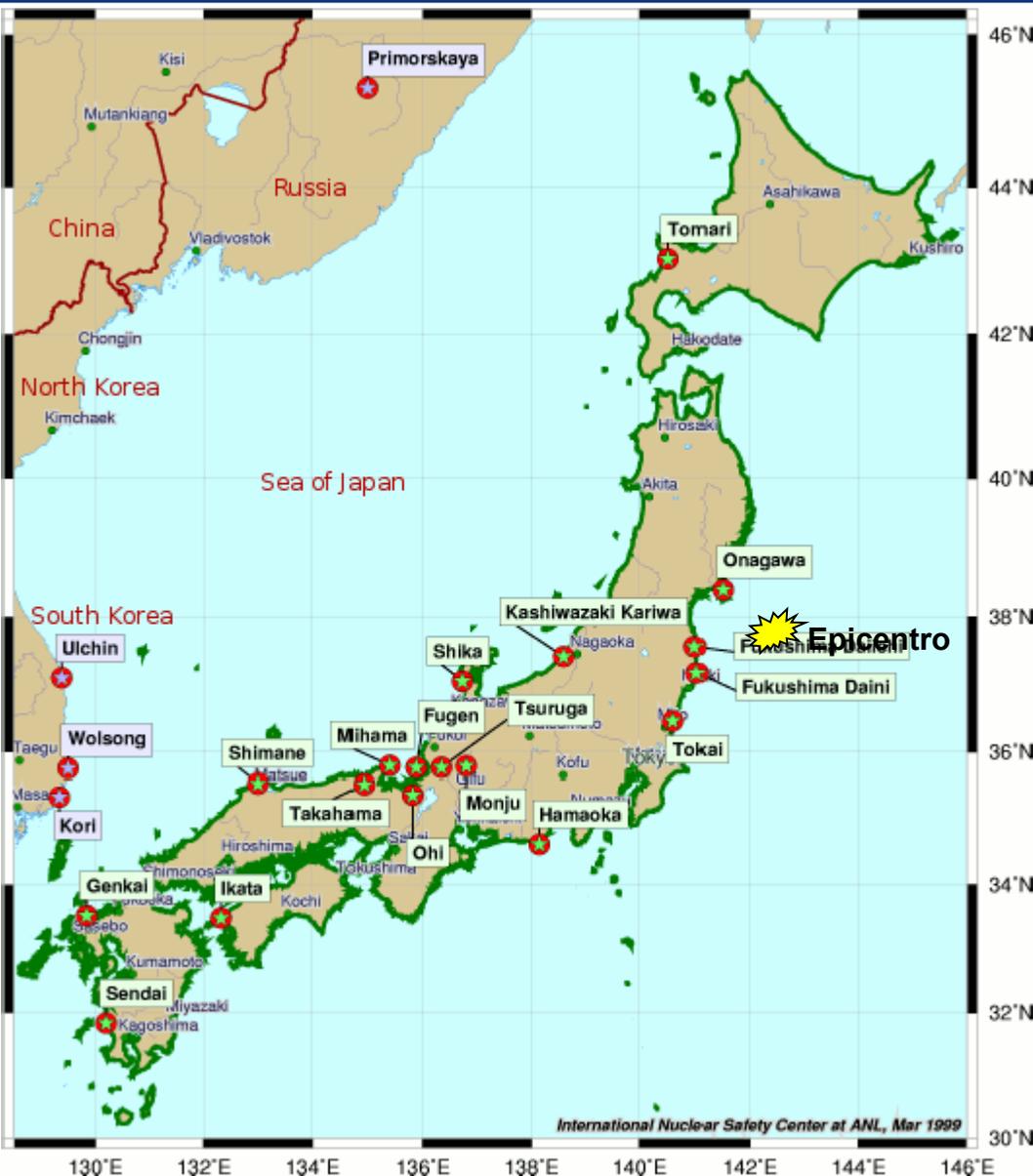
- Celso Osimani

- # Rotary Club Varese

- 6 Giugno 2013

- 1. Agenzia internazionale dell'energia atomica (IAEA)**  
(<http://www.iaea.org.at/newscenter/news/tsunamiupdate01.html> )
- 2. Agenzia per la sicurezza nucleare giapponese (NISA)**  
**seismic damage information, conditions of the plants (**  
(<http://www.nisa.meti.go.jp/english/index.html> )
- 3. Tokio Electric Power Company (TEPCO)**  
(<http://www.tepco.co.jp/en/index-e.html> )
- 4. Japan Atomic Industrial Forum (JAIF)**  
(<http://www.jaif.or.jp/english/index.php> )
- 5. European Clearinghouse on NPP Operational Experience Feedback**  
(<https://clearinghouse-oef.jrc.ec.europa.eu>)

L'incidente di Fukushima



**51 reattori operativi**

**2 ABWR in costruzione (sospesi)**

**10 nuovi reattori (pianificati)**

**5 reattori fermi in attesa di Disattivazione + 4 di Fukushima**

**30% di elettricità nazionale prodotta da fonte nucleare**





**Fukushima Daiichi è protetta da una barriera anti tsunami progettata per onde fino 6 metri circa. L'onda che ha colpito la centrale è stata stimata essere di circa 14 metri.**

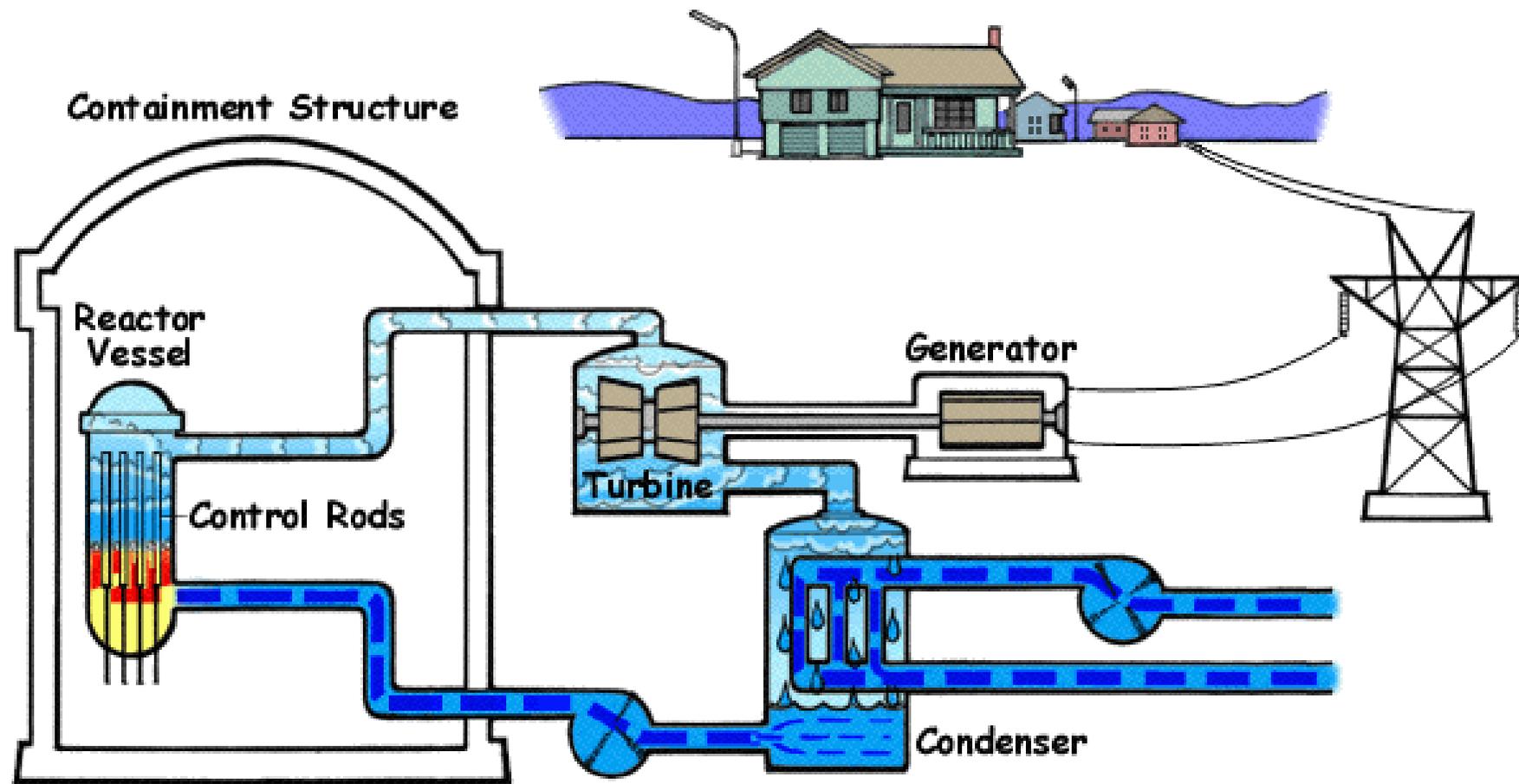
**I generatori diesel di riserva per alimentare il circuito di raffreddamento erano localizzati tra la struttura principale e la barriera, visibili a breve distanza dall'acqua.**

L'incidente di Fukushima



L'incidente di Fukushima



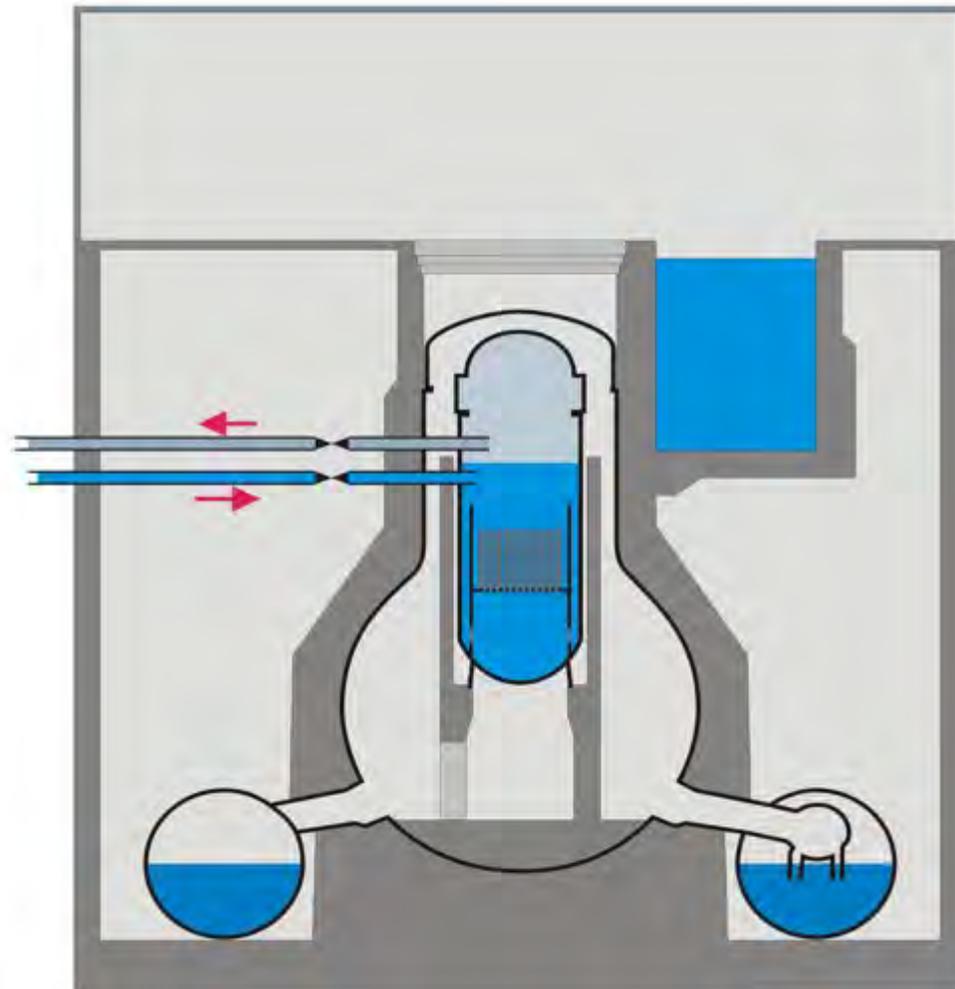


## 11 marzo ore 14:46: Terremoto

- Magnitudo 9
- Le linee elettriche nel nord del Giappone si interrompono
- Reattori non subiscono danni

## Arresto automatico di emergenza (SCRAM) per massima accelerazione sismica

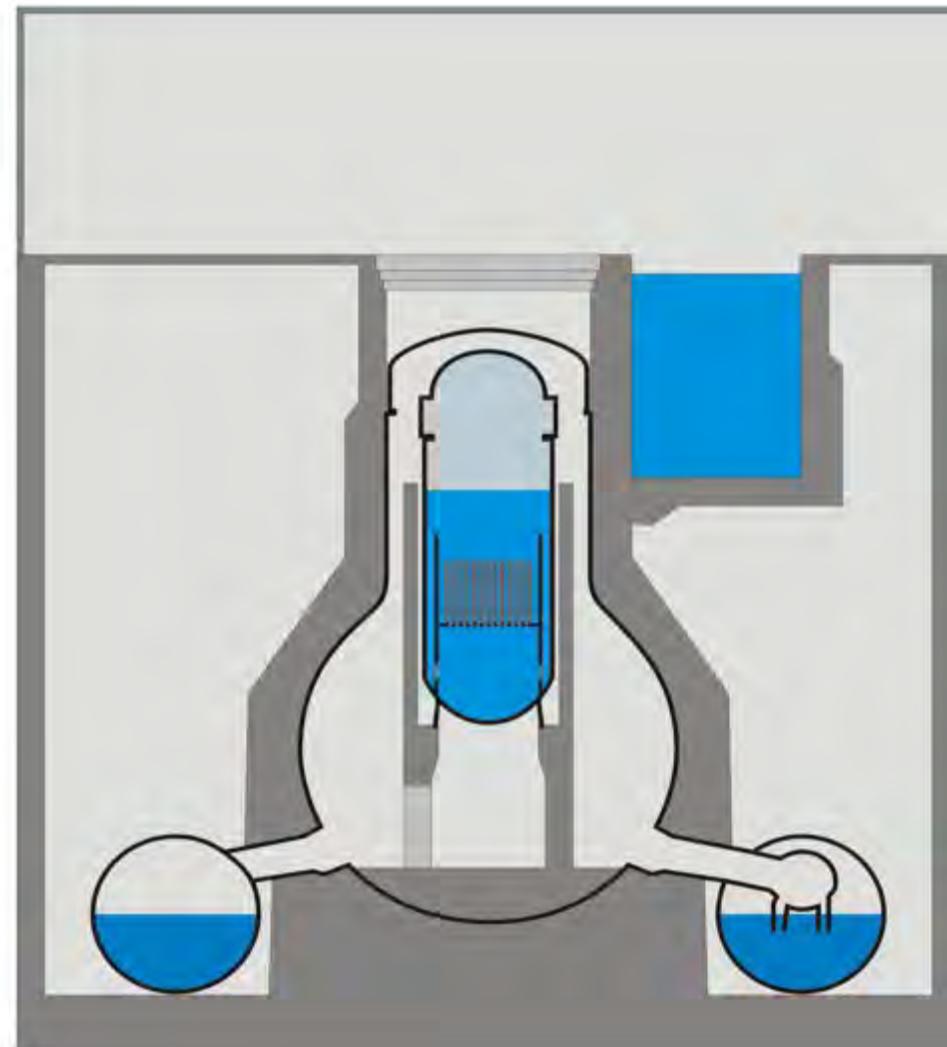
- Produzione di energia da fissione nucleare s'interrompe
- La generazione di calore dovuta al decadimento radioattivo dei prodotti di fissione prosegue



## 11 marzo ore 15:41 Lo tsunami investe la centrale

- Inondazione degli edifici che ospitano i generatori diesel, che vanno fuori servizio

**“Station” Blackout = perdita totale dell'alimentazione elettrica**



## Il sistema di raffreddamento del nocciolo si arresta

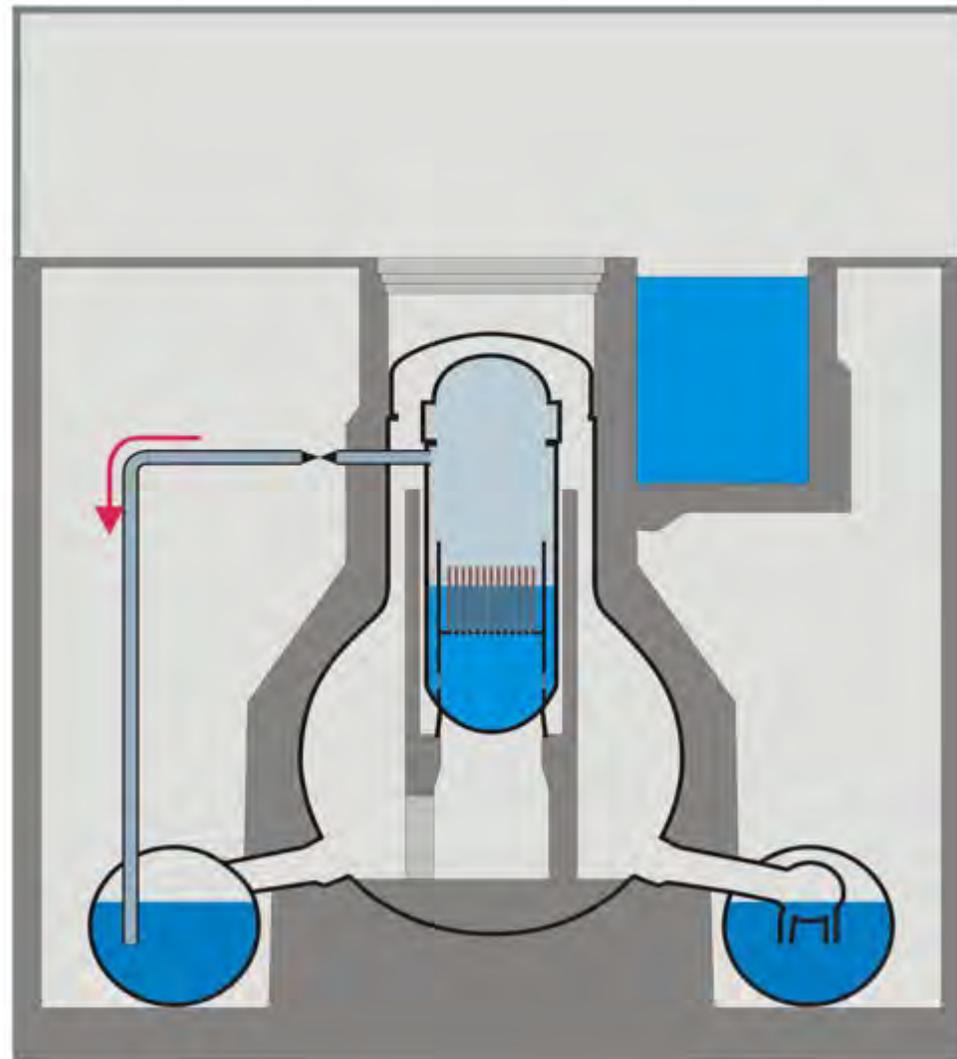
## Il calore di decadimento continua a produrre vapore nel contenitore a pressione del reattore

- La pressione aumenta

## Apertura delle valvole di rilascio di pressione

- Rilascio nella camera di soppressione del vapore

## Diminuzione del livello di liquido nel contenitore a pressione del reattore

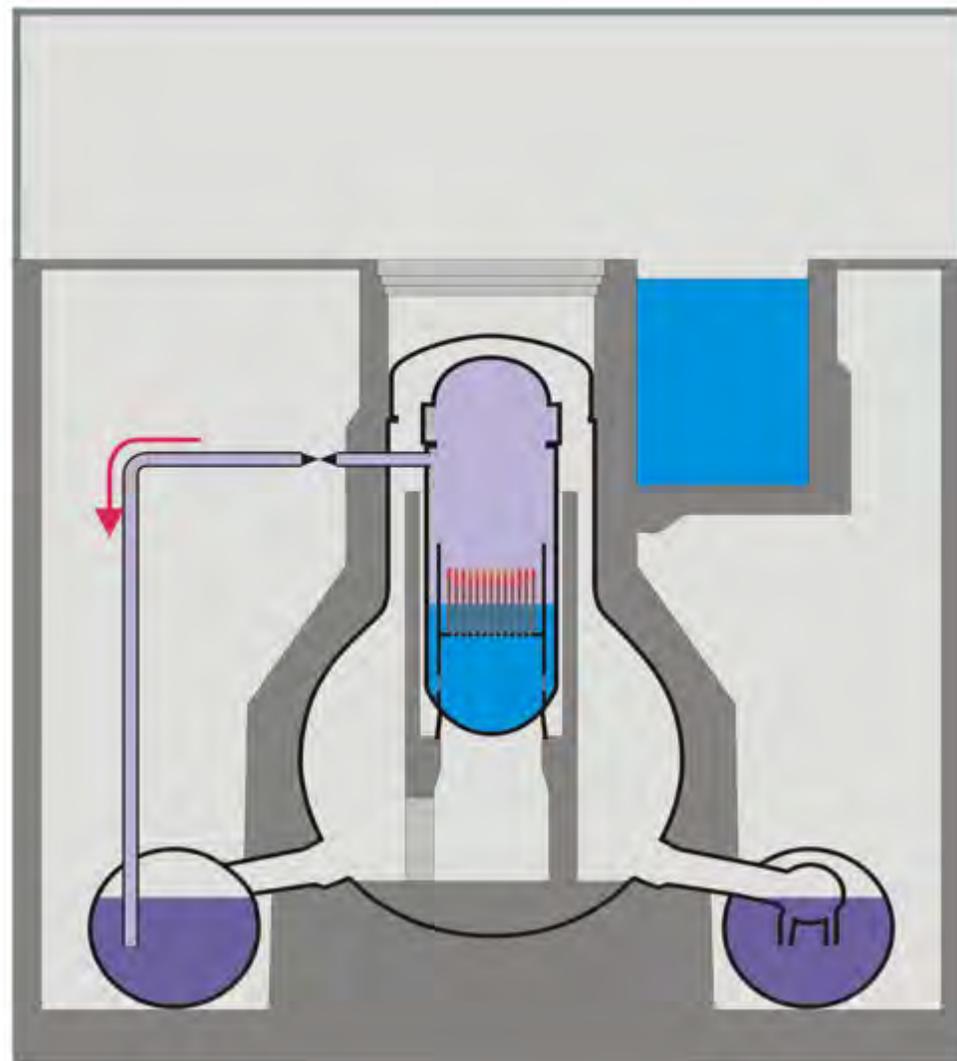


## ~50% del nocciolo rimane esposto

- La temperatura della guaina di rivestimento delle barre sale, ma ancora nessun danneggiamento significativo del nocciolo

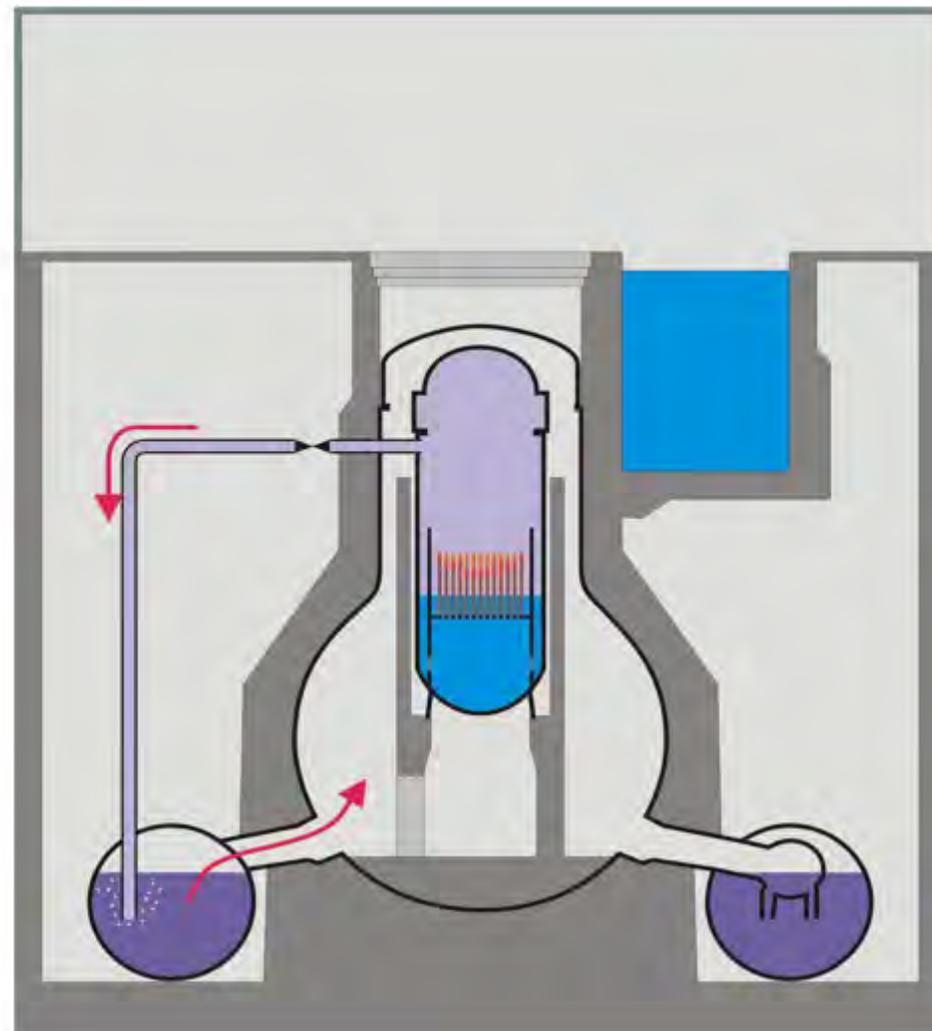
## ~2/3 del nocciolo esposto

- La temperatura della guaina di rivestimento delle barre va oltre  $\sim 900^{\circ}\text{C}$
- Rottura della guaina
- Rilascio di prodotti di fissione dalle fessure nelle barre di combustibile



## ~3/4 del nocciolo esposto

- Guaina oltre i ~1200°C
- Zirconio nella guaina reagisce con il vapore:  $\text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZrO}_2 + 2\text{H}_2$
- La reazione – esotermica - riscalda ulteriormente il nocciolo
- Idrogeno prodotto (stime)
  - Unità 1: 300-600kg
  - Unità 2/3: 300-1000kg
- L'idrogeno migra attraverso la camera di soppressione del vapore, fino al contenitore a pressione del reattore attraverso i “dischi di rottura”

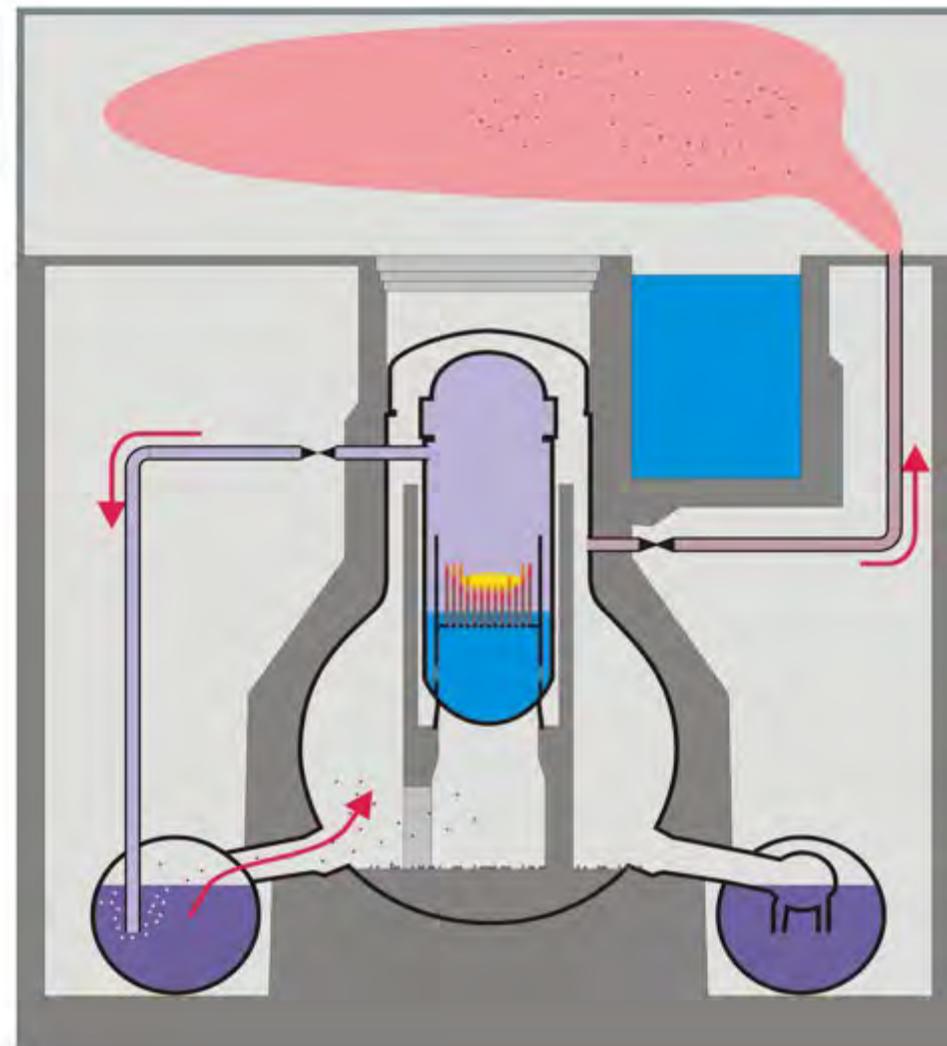


## Aspetti positivi e negativi della depressurizzazione del contenitore

- Rimuove energia dall'edificio del reattore (unica via rimasta)
- Riduce la pressione a ~4 bar
- Rilascio di piccole quantità di gas (Iodio, Cesio ~0.1%)
- Rilascio di tutti i gas nobili
- Rilascio di idrogeno

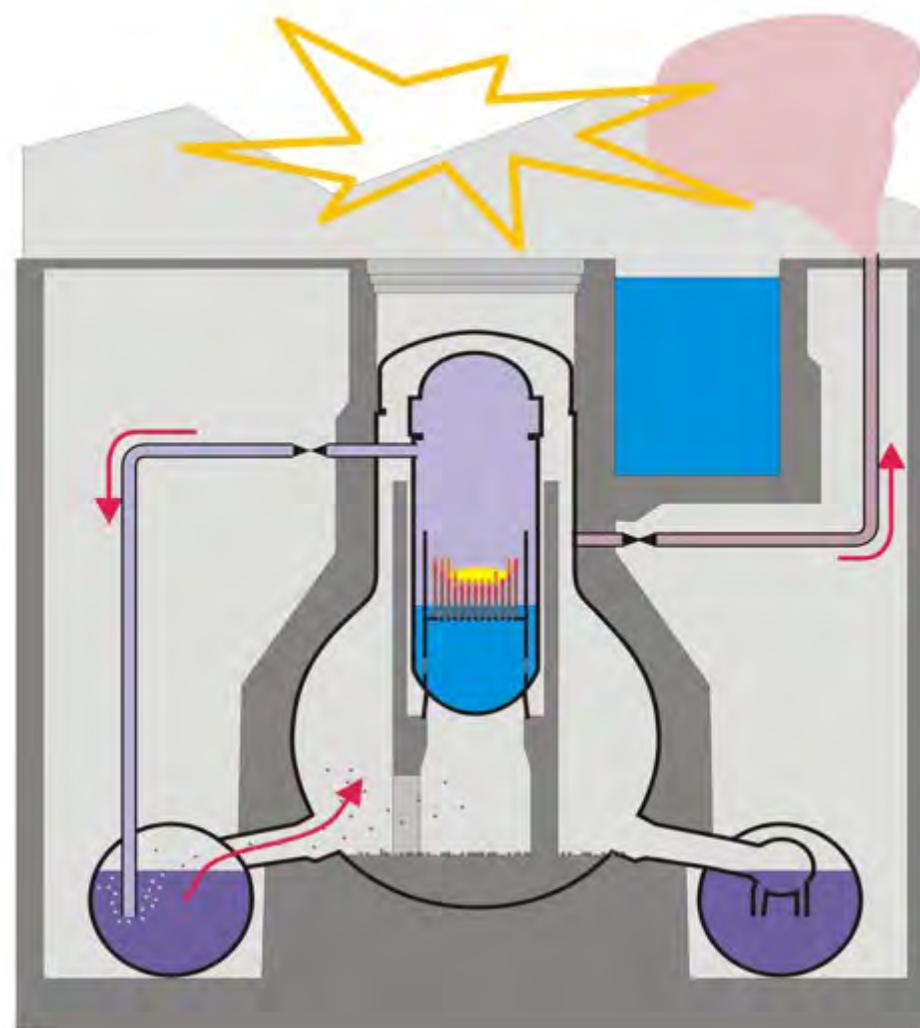
## I gas sono rilasciati nella parte superiore dell'edificio secondario di contenimento del reattore

- L'idrogeno è infiammabile



## Unità 1 e 3

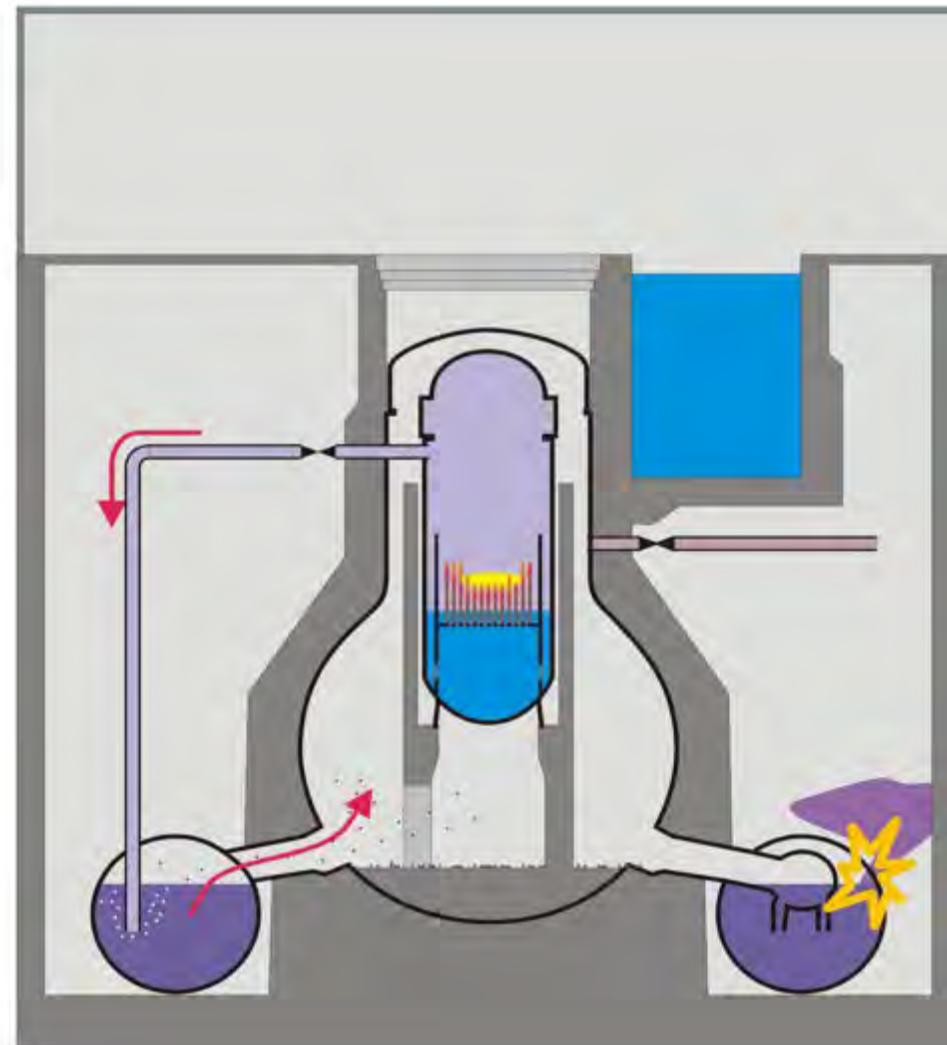
- Idrogeno brucia nell'edificio secondario di contenimento
- Distruzione del tetto a gabbia d'acciaio
- L'edificio di calcestruzzo armato sembra non danneggiato
- Esplosione di effetto ma con limitate conseguenze



## Unità 2

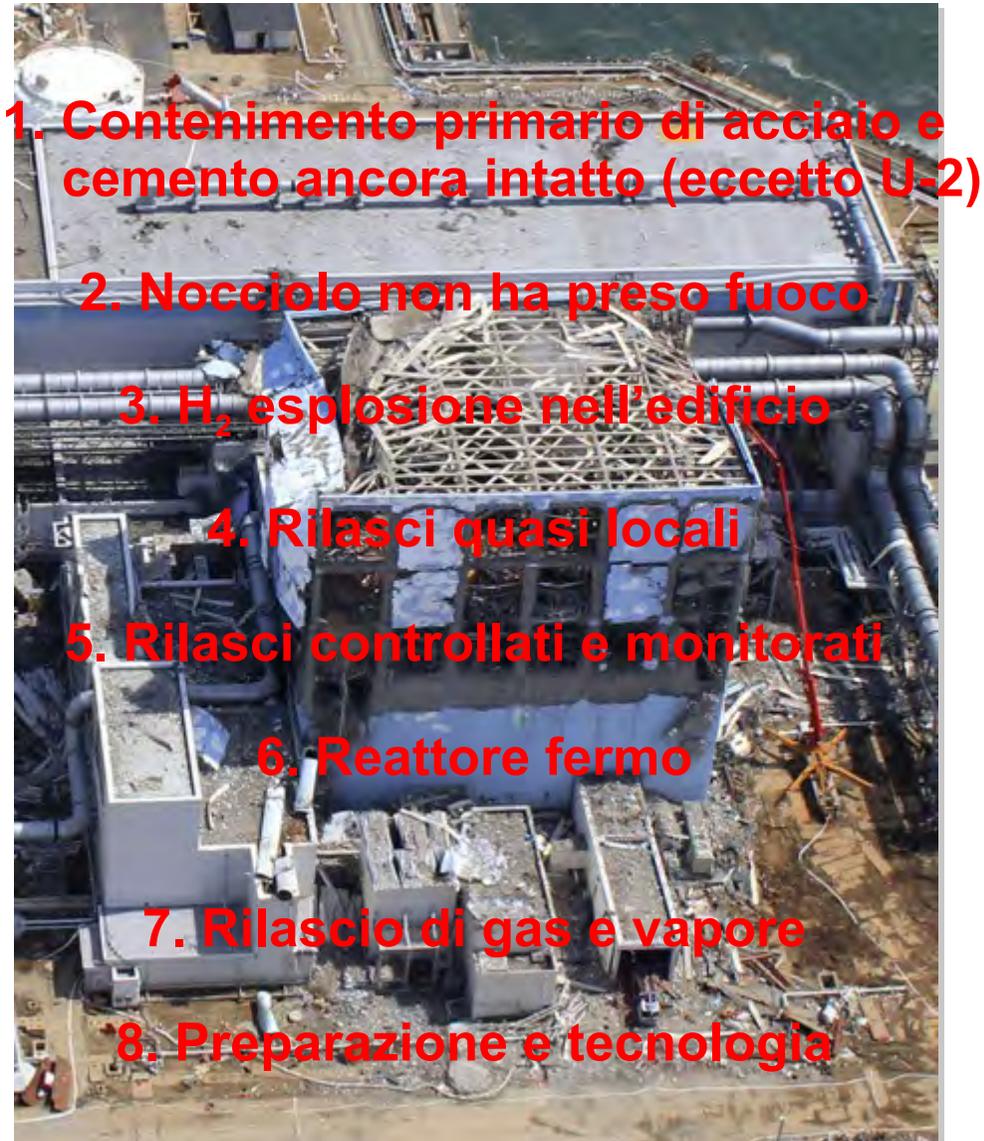
- Idrogeno brucia all'interno dell'edificio del reattore
- Probabile danneggiamento della camera di condensazione (acqua fortemente contaminata)
- Rilascio incontrollato di gas dal contenitore
- **Rilascio di prodotti di fissione**
- Temporanea evacuazione della centrale
- Elevato livello della intensità di dose sul sito impedisce ulteriori azioni mitigative dell'incidente

**Rimane da chiarire il motivo per cui l'Unità 2 si è comportata in modo differente**

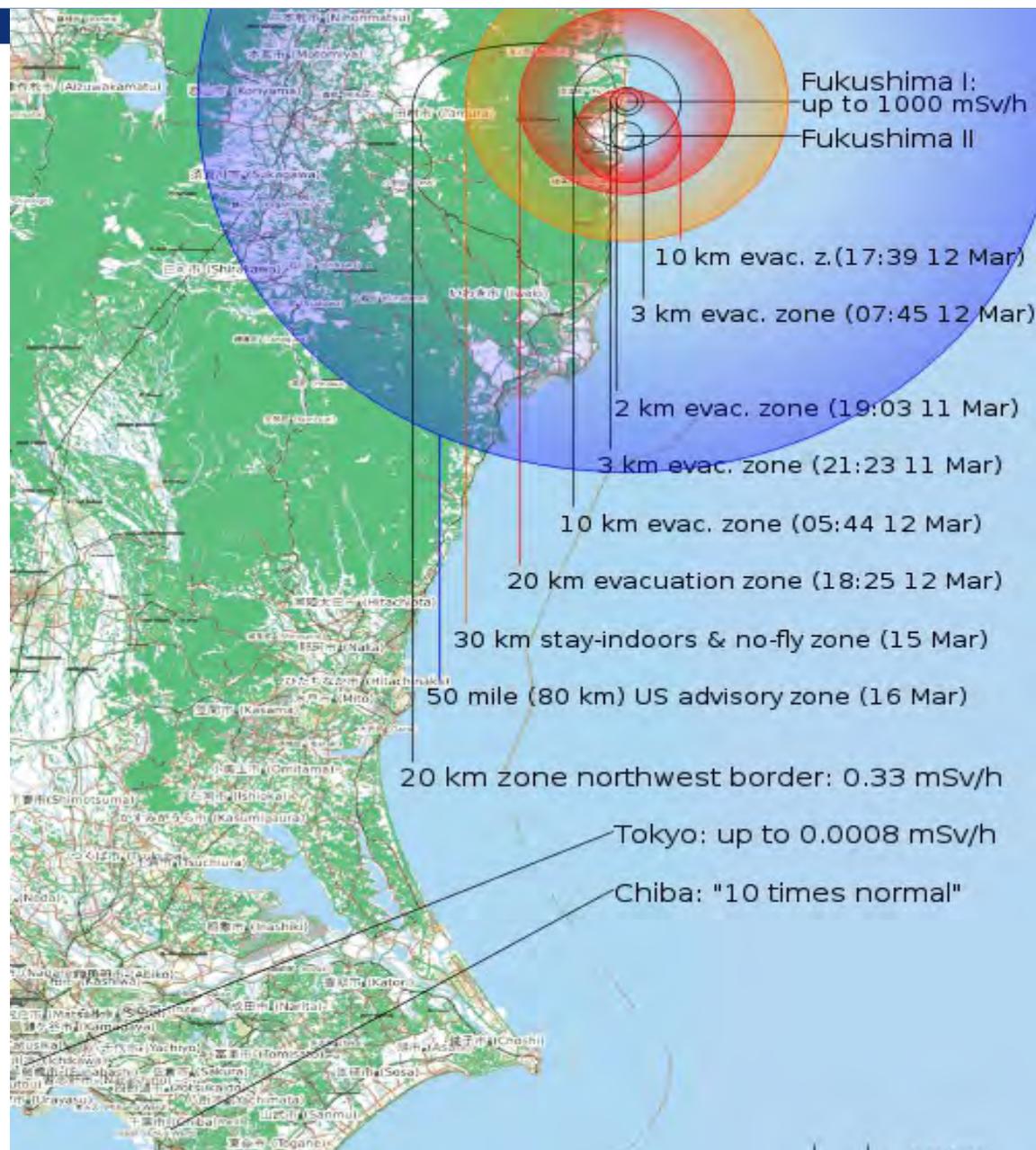








L'incidente di Fukushima



L'incidente di Fukushima



**Animalisti cercano di catturare alcuni cani ed altri animali randagi nella zona evacuata (giugno 2011, 3km dai reattori)**

**novembre 2011,  
città di Okuma 5km  
dai reattori**



## A fine dicembre 2011

### Unità n.1 - 2 - 3

**Reattore in “cold shutdown”, ossia temperatura all'interno del reattore e del contenimento primario mantenuta sotto i 100 °C**

**Piscina: sistema di raffreddamento funzionante**

### Unità n.4

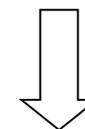
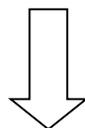
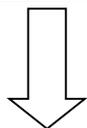
**Combustibile rimosso e sistema di raffreddamento della piscina funzionante**

L'incidente di Fukushima



**Rimozione e stoccaggio delle macerie**

L'incidente di Fukushima



## Rimozione delle macerie

L'incidente di Fukushima



## Rimozione delle macerie dalla Unità n.3

L'incidente di Fukushima



**Installazione e messa in servizio dell'impianto di trattamento di decontaminazione dell'acqua (Estate 2011)**



## Ricostruzione dell'edificio di contenimento dell'Unità n.1

- **Nel 2012/2013 continua:**
  - l'attività di rimozione delle macerie,
  - ricostruzione degli edifici di contenimento,
  - rimozione e decontaminazione dell'acqua dagli edifici allagati,
  - costruzione di una barriera di contenimento al fine di prevenire la migrazione dell'acqua contaminata nell'oceano antistante.
- **Il piano di disattivazione degli impianti, di gestione dei rifiuti, e di riabilitazione ambientale è al momento stimato della durata di 40 anni.**

***Grazie per l'attenzione***