

Stato attuale degli impianti a FD

L'incidente alla centrale di Fukushima, aspetti di protezione delle radiazioni



Antonio Bulgheroni
unico-lab



<http://unico-lab.blogspot.com>



Sommario

- Dall'incidente ad oggi
 - Gestione routinaria dell'emergenza
 - Piano di decommissioning dell'impianto
- Azioni di recupero
 - Sui reattori incidentati
 - Sulle piscine per il combustibile esausto
 - Gestione dell'acqua contaminata

Lo stato attuale in una slide

- I reattori 1, 2 e 3 si trovano in una condizione equivalente al *cold shutdown*
 - Parte inferiore del vessel sotto i 100 gradi
 - Raffreddamento stabile anche se in *feed & bleed*
 - Nuove emissioni di contaminanti al confine della centrale inferiori a 1 mSv/anno
- Le piscine per il combustibile esausto sono raffreddate stabilmente
- L'acqua contaminata prodotta dal raffreddamento è trattata e riutilizzata

Il piano di decommissioning /1

- Piano pluridecennale per riportare la centrale di FD a "prato verde"
- Tre fasi non necessariamente consecutive:
 - Rimozione combustibile dalle piscine
 - Rimozione combustibile dai noccioli
 - Decommissioning tradizionale degli impianti.

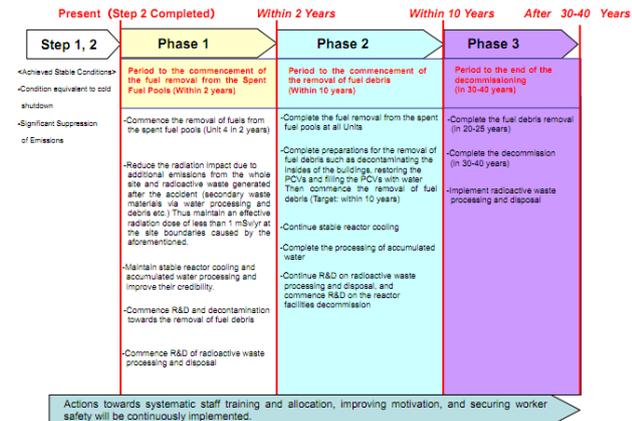
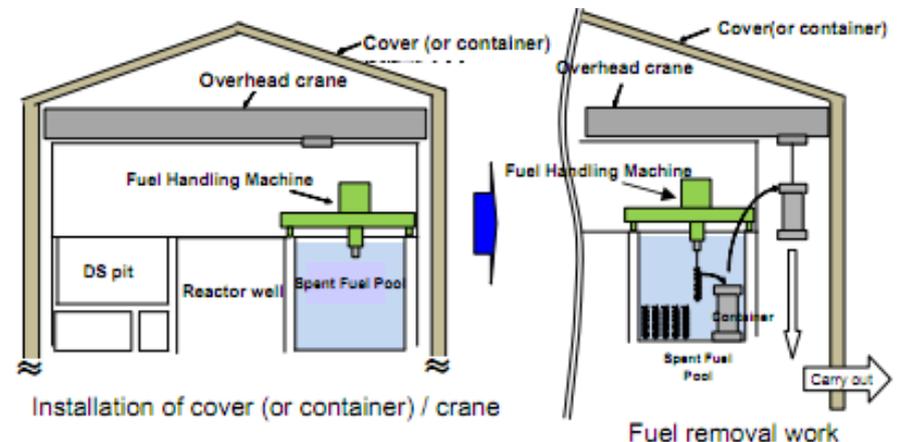
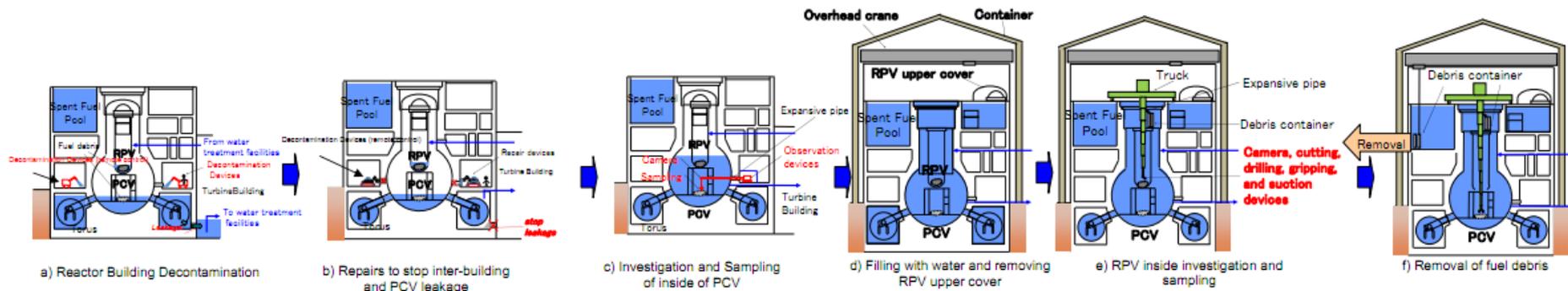


Figure 1. Mid-and-long-Term Roadmap Summary



Il piano di decommissioning /2

- Individuare e riparare perdite da PCV verso piani interrati adiacenti.
- Allagare il PCV in modo da ridurre rateo di dose
- Decontaminare i piani d'accesso
- Installazione dispositivi movimentazione e copertura esterna
- Accedere al nocciolo e rimuovere il combustibile
- Decommissioning "tradizionale"



- Dettagli, difficoltà previste e *contingency plan*: <http://unico-short.tk/midlongterm>

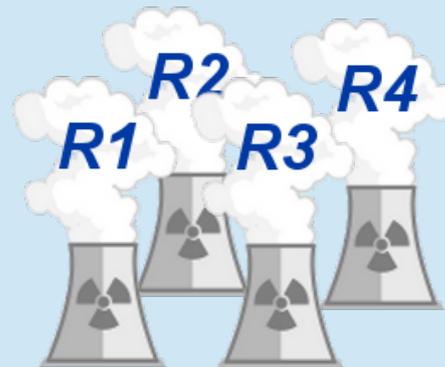


La chiave di volta

- Attualizzare il piano su 4 reattori danneggiati in modo differente
- Inventarsi le soluzioni → **R&D** dedicato
 - Rimozione del combustibile fuso dai vessel
 - Riparazione perdite dal contenimento
- ***Safe conservation***: mantenere in sicurezza gli impianti danneggiati per decenni
- Gestire la precaria situazione dell'acqua contaminata e dei rifiuti

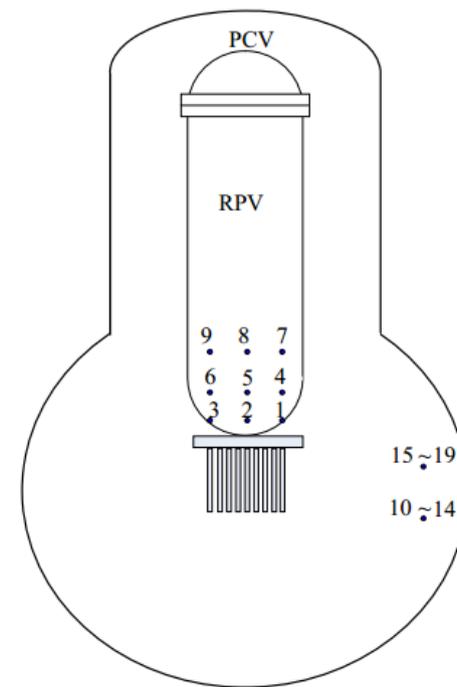
Mantenimento della condizione equivalente al *cold shutdown*

Riferitevi ai simboli per
individuare di che unità si
parla nella slide.



Monitoraggio parametri

- Conservare i sensori di temperatura e pressione installati all'interno degli impianti.
 - Temperatura esterna dell'RPV
 - Temperatura atmosferica PCV
 - Temperatura acqua e atmosfera WetWell
- Verifica periodica funzionalità

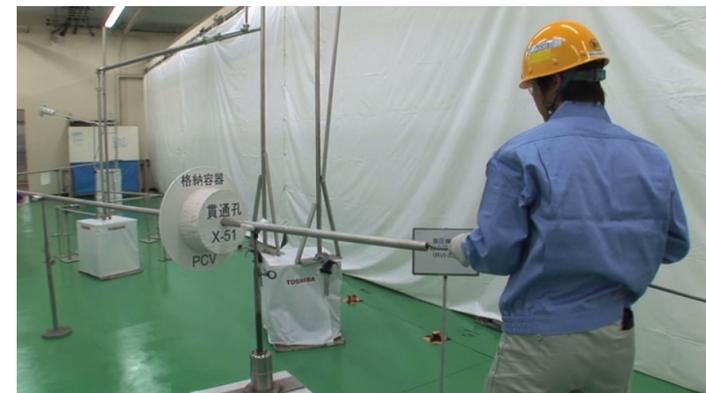
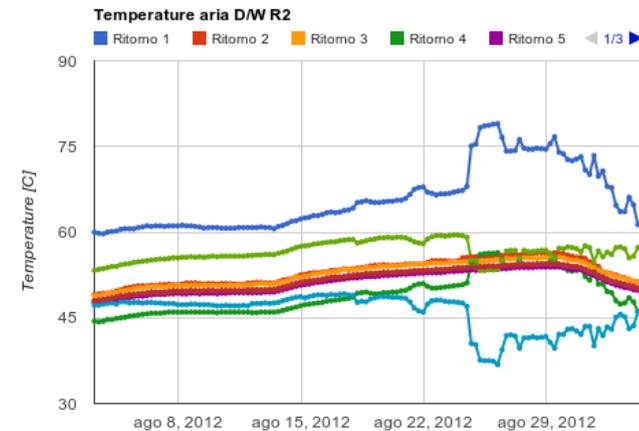


www.grafici-reattori.tk

Termometri guasti



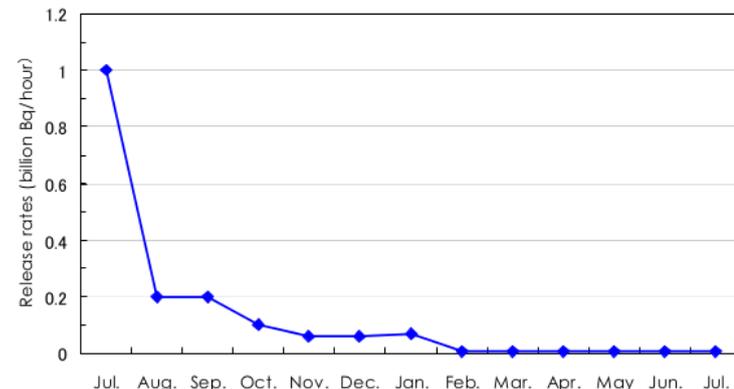
- Particolarmente colpito R2
 - Comportamento erratico di uno o più sensori
 - Grandezza fisica valutata sull'andamento generale
 - Guasti soprattutto sensori fondo RPV e atm PCV
- Individuazione di penetrazioni dove installare termometri alternativi
 - Mock-up test eseguiti con successo
 - Primo tentativo dal vivo fallito causa tubo intasato



Ridurre nuove emissioni atm

- Noccioli freddi → emissioni inferiori
- Sistemi di recupero dei gas dal PCV e iniezione di N_2
 - Controllo Xe per criticità
- Copertura esterna reattori
- Dispersione di agenti fissanti (resine) sul sito
- Nuove emissioni di cesio pari a circa 10 MBq/h
 - Dominate dal reattore 3
 - Stimate misurando sopra i reattori

Release rates of radio active materials (Cesium) from the PCVs of Units 1-3

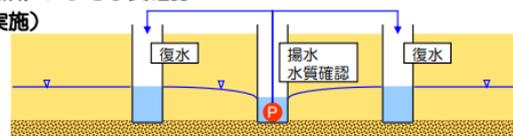


Evitare sversamenti in mare

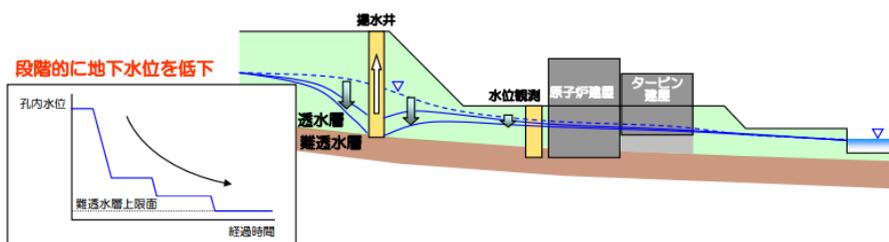
- Importanti rilasci durante fase iniziale (ca 30PBq)
- 200mila m³ di acqua contaminata presenti sul sito
- Muro protettivo lato mare
 - Cementificazione fondale porto
 - Barriere protettive
- Muro protettivo lato monti
 - Emungimento falda

【STEP1】既存のボーリング孔（3箇所）による水質確認

【STEP2】揚水井の水質確認（順次実施）



【STEP3】地下水バイパスによる地下水位の低下（段階的に実施）



Svuotamento delle piscine per il combustibile esausto

14 Settembre 2012

Antonio Bulgheroni (unico-lab)

12



Svuotamento delle piscine

- Ogni reattore ha una sua piscina, oltre a piscina comune.
- Raffreddate con acqua di mare i primi giorni.
- Acqua contaminata da fall-out e danni agli elementi di combustibile.

Table IV-5-8 Capacity of the spent fuel pool, number of stored assemblies and decay heat.

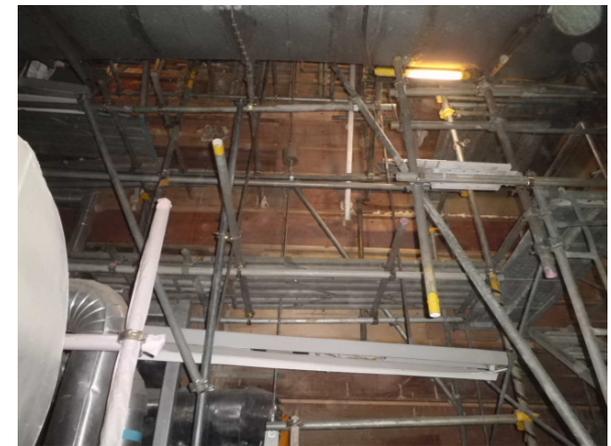
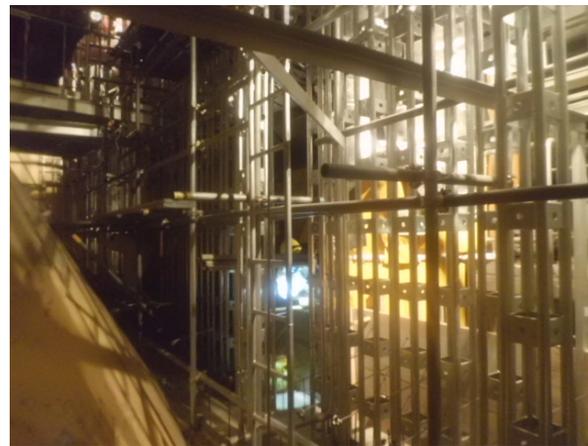
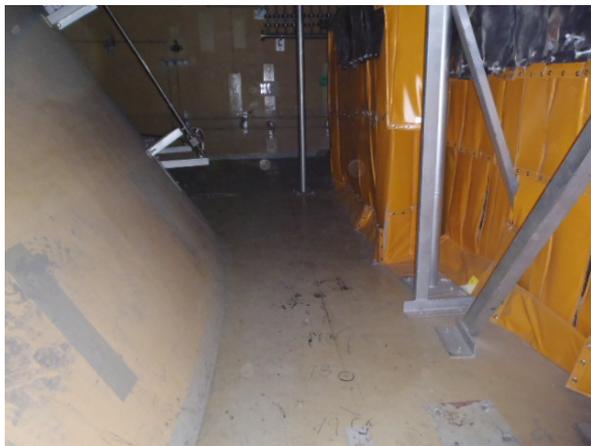
	Stored assemblies (new fuel assemblies)	Storage capacity	Decay heat MW	
			At the time of the accident (March 11)	3 months after the accident (June 11)
Unit 1	392 (100)	900	0.18	0.16
Unit 2	615 (28)	1,240	0.62	0.52
Unit 3	566 (52)	1,220	0.54	0.46
Unit 4	1,535 (204)	1,590	2.26	1.58
Unit 5	994 (48)	1,590	1.00	0.76
Unit 6	940 (64)	1,770	0.87	0.73
Common pool	6,375	6,840	1.13	1.12

- Ordine di svuotamento: R4, R3, R1 e R2.



Rinforzo a protezione della SFP

- Il sisma potrebbe aver danneggiato la struttura portante della piscina
- Altre scosse di assestamento potrebbero danneggiarla
- Il piano inferiore, in corrispondenza della piscina è stato rinforzato con acciaio e cemento.



Pulizia piscina e protezione



- Decontaminazione e rimozione sali (acqua di mare come refrigerante primi giorni)
- Ispezioni con robot subacquei
- Installazione di una piattaforma protettiva



■ Analysis Results of Spent Fuel Pool Water (Sampling on Nov. 5, 2011)

Unit	Sampling Data	pH	Cl (Chloride Ion) ppm	I-131 Bq/L	Cs-134 Bq/L	Cs-137 Bq/L
Unit 1	Nov.5 14:25	8.1	3	ND	1.3E+07	1.8E+07
Unit 2	Nov.5 11:50	9.2	1,600	ND	9.5E+07	1.1E+08
Unit 3	Nov.5 14:05	9.8	1,800	ND	6.0E+07	7.4E+07
Unit 4	Nov.5 10:10	10.1	150	ND	3.5E+03	5.1E+03

<Reference> Analysis Results of Spent Fuel Pool Water (Sampling on Aug. 19 and 20, 2011)

Unit	Sampling Data	pH	Cl (Chloride Ion) ppm	I-131 Bq/L	Cs-134 Bq/L	Cs-137 Bq/L
Unit 1	Aug.19 11:35	8.2	3.9	ND	1.8E+07	2.3E+07
Unit 2	Aug.19 11:10	7.5	1,508	ND	1.1E+08	1.1E+08
Unit 3	Aug.19 14:00	9.2	1,769	ND	7.4E+07	8.7E+07
Unit 4	Aug.20 11:40	7.7	1,944	ND	4.4E+04	6.1E+04





Rimozione detriti

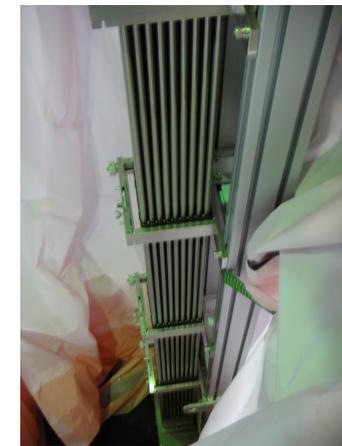
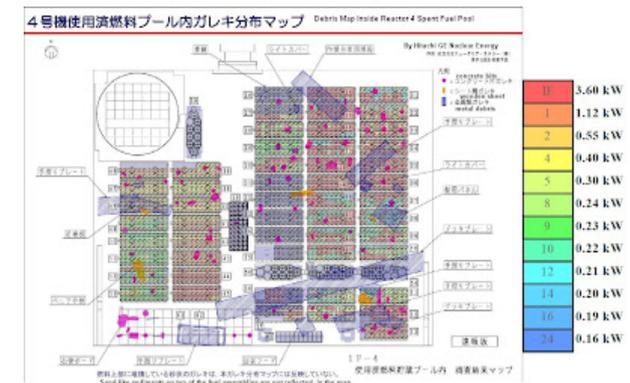
- Preparazione alla rimozione del combustibile.
- Rimozione detriti
- Messa in sicurezza
- Preparazione installazione copertura



Rimozione elementi *freddi*



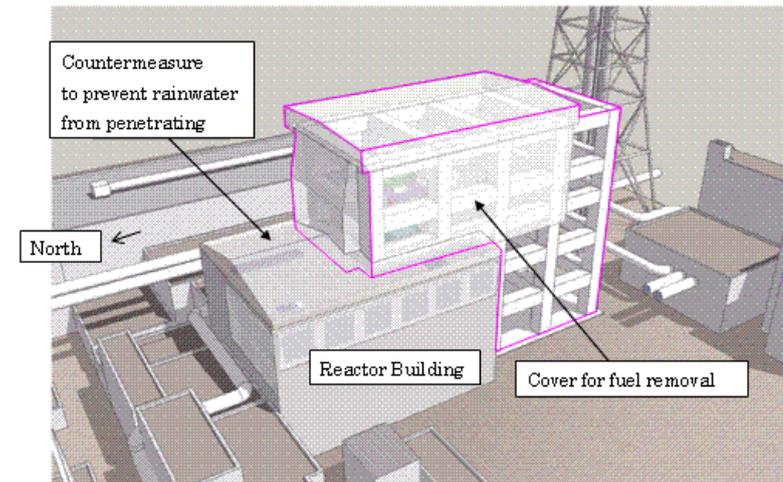
- Eseguita mappatura detriti in vasca e sovrapposta con inventario
- Rimossi due elementi non irraggiati con procedura atipica
 - Verifica condizioni a seguito esposizione ad acqua salata



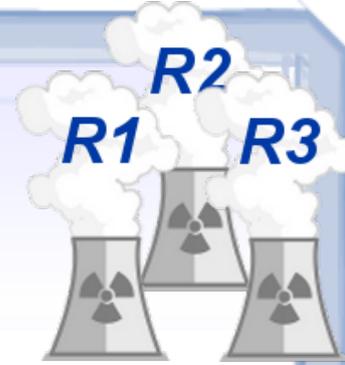


Entro due anni

- Installazione di una copertura (tipo R1) e di tutto l'equipaggiamento necessario per la movimentazione degli elementi.
- Rimozione degli elementi irraggiati sotto battente d'acqua e trasferimento in cask verso la piscina comune dopo analisi sommaria



Altre piscine



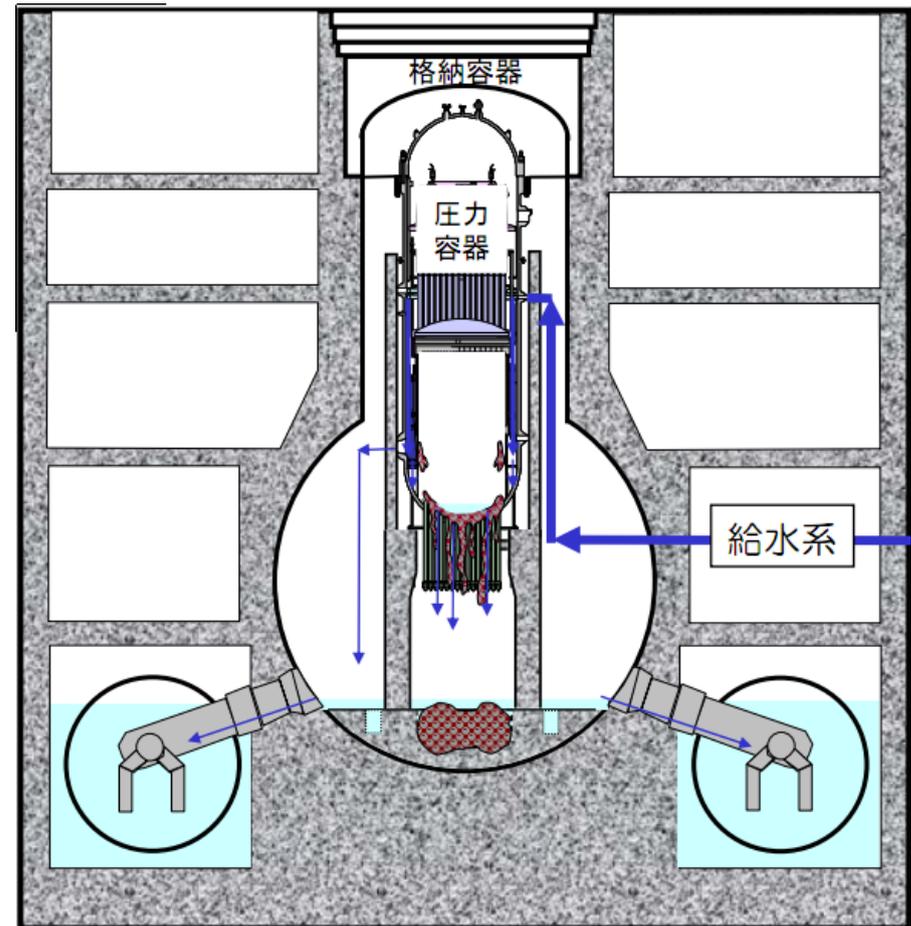
- Reattore 3:
 - enorme quantità di detriti da togliere incluso il carro ponte
 - alti valore di dose rendono difficili i lavori di rimozione detriti
 - manca la cartografia radiologica del piano operativo
- Reattore 1:
 - manca la cartografia del piano operativo
 - mancano immagini dello stato attuale
- Reattore 2:
 - Livelli di rateo di dose sul piano operativo molto elevati
 - Necessaria decontaminazione, schermatura prima di poter lavorare

Rimozione del combustibile dai vessel di pressione

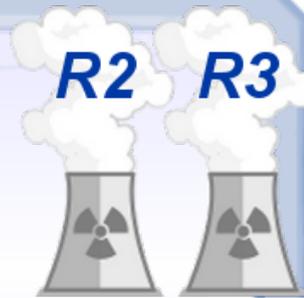
Stato del corio / 1



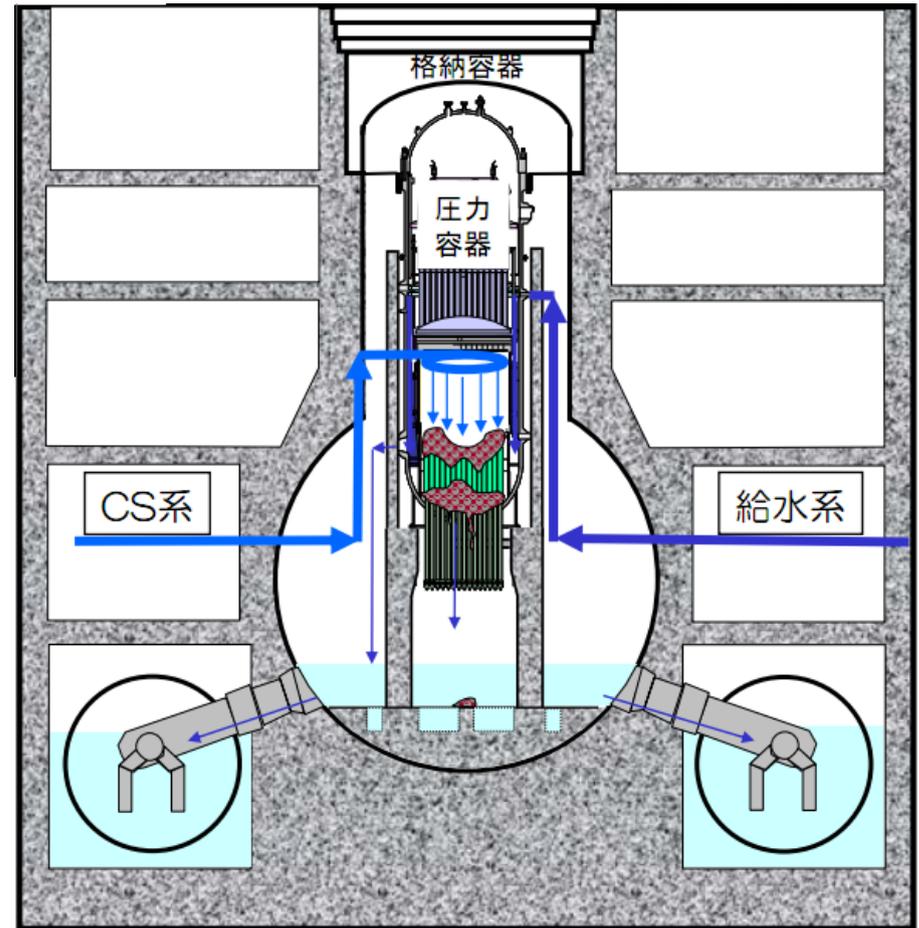
- Valutazione di TEPCO basate su simulazioni considerando i dati di temperatura, pressione e ore di mancato raffreddamento.
- Il combustibile è quasi interamente fuso e fuoriuscito dal vessel di pressione
- Potrebbe aver attaccato la base di cemento del PCV consumandone fino a 70 cm



Stato del corio / 2



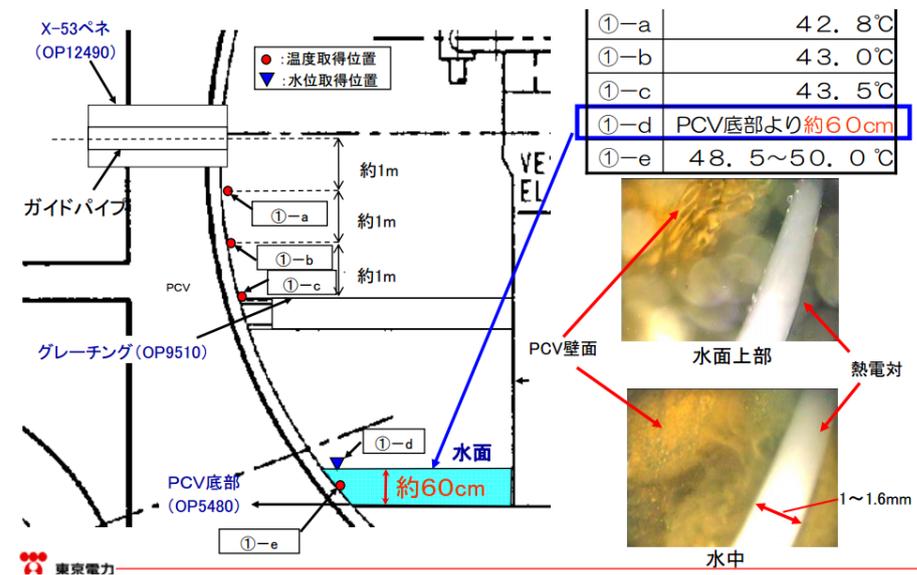
- Situazione simile per gli altri due reattori
- Si ipotizza solo una frazione del corio sul fondo del PCV e comunque coperta d'acqua.
- Danni importanti al fondo del RPV ne impediscono il riempimento
- Acqua defluisce attraverso wet/well verso il locale toro



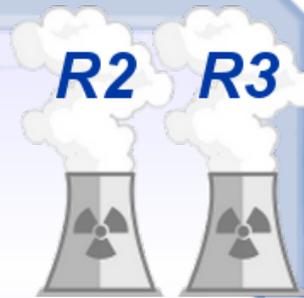
Ispezione endoscopica del PCV



- Inserito endoscopio, radiometro e termocoppia attraverso penetrazione esistente
- Poche informazioni visive
 - Alti livelli di umidità
 - Acqua che cade a pioggia
 - Superficie muri scrostata
- Misurato il livello d'acqua sul fondo PCV
 - 60 cm compatibili con il livello condotti vero toro

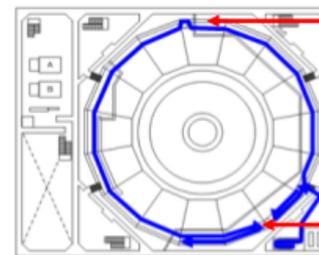
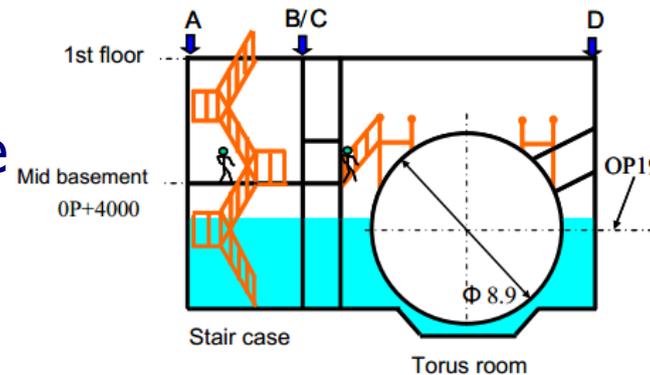


- Temperature compatibili con quelle misurate dagli altri sensori
- Ratei di dose dell'ordine di 50 Gy/h



Robot nella sala toro

- Una delle possibili localizzazioni delle perdite d'acqua
 - Posto ovvio da cui cominciare a cercare e a chiudere le perdite
- Livello acqua inferiore alla passerella nella sala toro
- Temperatura: ca. 30 C
- Dose rate: 100 – 400 mSv/h



Southeast manway



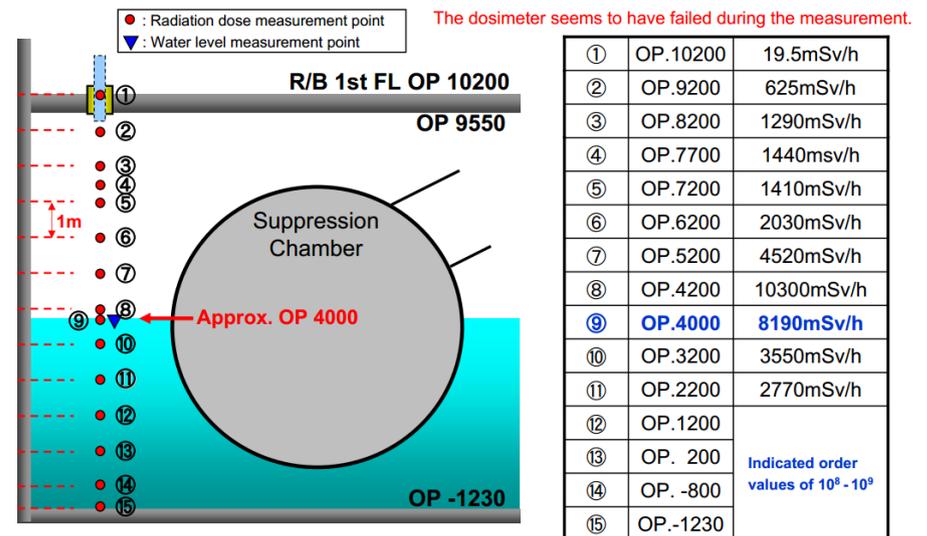
PCV side conditions

- Nessun grosso danno evidente
- Nessuna perdita localizzata



Endoscopio nella sala toro

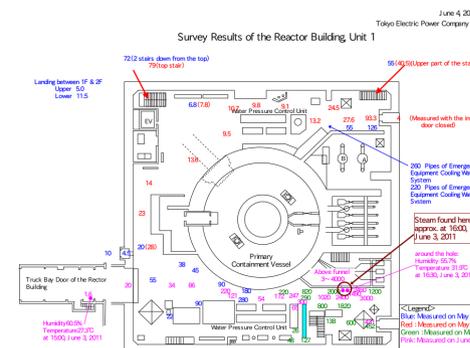
- In R1, livello acqua troppo alto per accedere sala toro
- Ispezione via endoscopio e una penetrazione
- Misurato livello acqua, profilo di temperatura e di rateo di dose
 - Strumento si è guastato durante misura



La copertura



- Robot hanno individuato zone ad altissimo rateo di dose
 - Vapori radioattivi provenienti dal piano interrato
 - Conseguenza del danno al combustibile
 - Necessità di coprire e contenere
- Copertura in depressione in modo da controllare le emissioni
- Non un sarcofago, più leggera, contenitiva, ma non schermante
- Strutture simili da installare sopra a R4 e R3



Gestione dell'acqua contaminata e dei rifiuti

14 Settembre 2012

Antonio Bulgheroni (unico-lab)

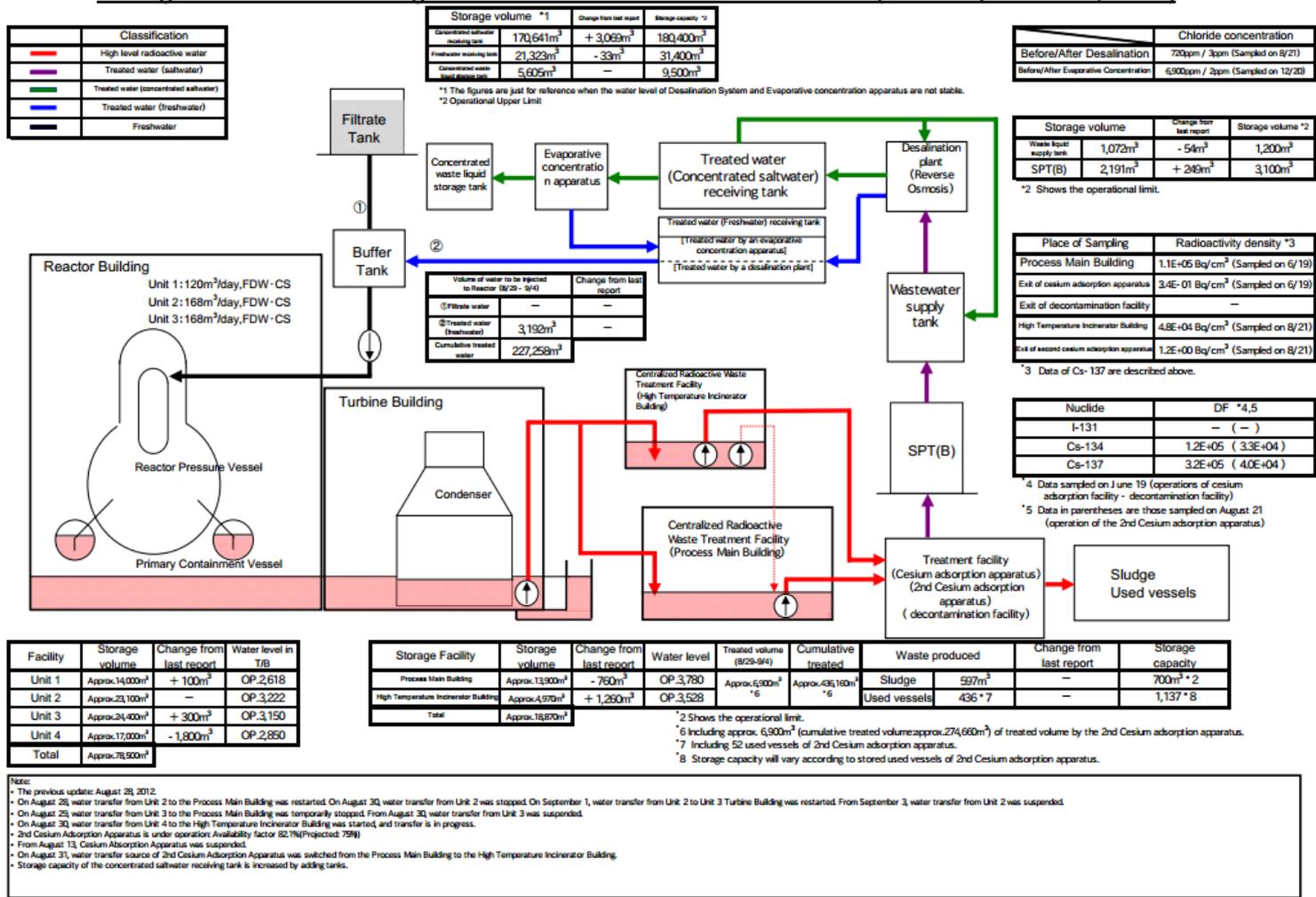
27



La situazione dell'acqua

Storage and treatment of high level radioactive accumulated water (as of September 4, 2012)

Attachment-1

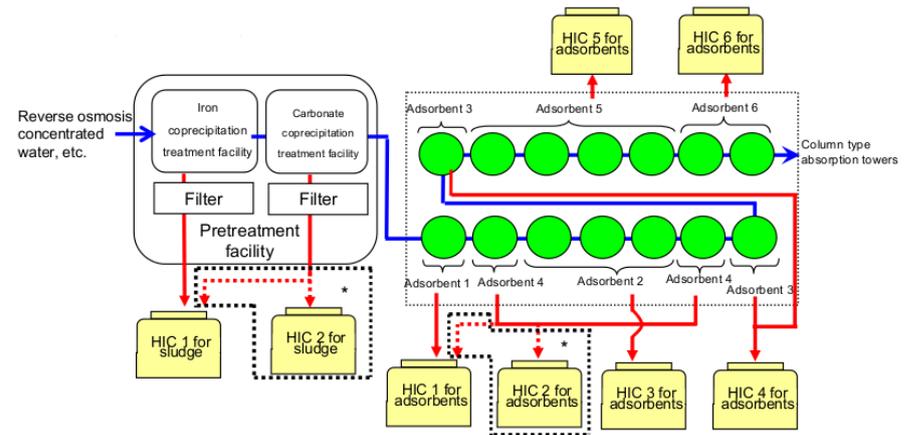


Decontaminare l'acqua

- Sistemi per la rimozione del cesio (x3)
 - Areva (flocculazione) non viene utilizzato dallo scorso settembre
 - Kurion (resine e zeoliti) tratta fino a 20m³/h
 - SARRY (resine e zeoliti) 2 linee totale di 40m³/h
- Sistemi ad osmosi inversa
 - Rimozione dei cloruri per ri-utilizzo nei reattori
- Sistemi ad evaporazione
 - Troppo lenti, non riescono a trattare tutta l'acqua di scarto prodotta da OI.
 - Accumulo di 170mila m³ di acqua con beta emettitori

In futuro ALPS

- Sistema rimozione multi-isotopo
- Tratterà tutte l'acqua di scarto dal sistema ad OI
- Cascata di dispositivi.
- Scopo produrre acqua pulita (trizio?)



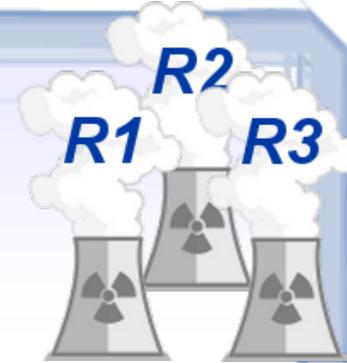
- Prototipi OK
- Impianto in costruzione

Conclusioni

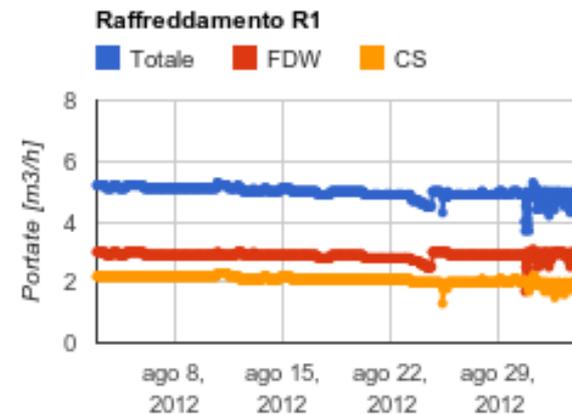
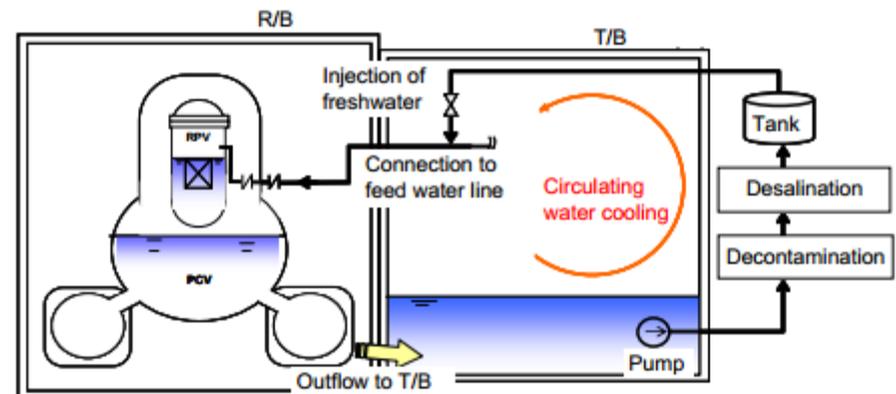
- Siamo entrati nella fase di gestione routinaria dell'emergenza.
- Generale miglioramento delle condizioni, ma situazione resta di massima attenzione.
- Piano pluridecennale con molti punti critici da risolvere, sarà fondamentale la ricerca e potrà tornare utile per il decommissioning tradizionale.
- I Giapponesi stanno facendo molto lavoro e i progressi si vedono.

Backup

Raffreddamento stabile



- Acqua iniettata attraverso FDW e CS
- Diversificazione e ridondanza circuiti di raffreddamento
- Disponibilità di fonti d'acqua
 - Da sistema di decontaminazione
 - Da diga esterna
- Refrigerare acqua iniettata (19 C)
- Recente problema con stabilità della portata del raffreddamento



Gestione acqua

- Al momento mantenuto livello stabile (OP+3000) negli interrati dei reattori
 - Infiltrazioni acqua di falda e precipitazioni
- Piano:
 - Abbassare falda
 - Sigillare perdite tra edifici
 - Rimuovere più acqua
- In futuro, filtrare acqua e rimuovere cloruri e riutilizzare nei reattori direttamente.
- Situazione ancora parecchio critica
 - Grandi quantità di rifiuti secondari
 - Perdite



Il reattore 1

- Il più piccolo e il più vecchio dei 3 reattori in funzione al momento del terremoto.
- SCRAM con successivo LOCA.
- Esplosione di idrogeno ha danneggiato i pannelli del piano operativo.
- Recuperato raffreddamento reattore e piscina e dichiarato in "cold shutdown" alla fine dello scorso anno.



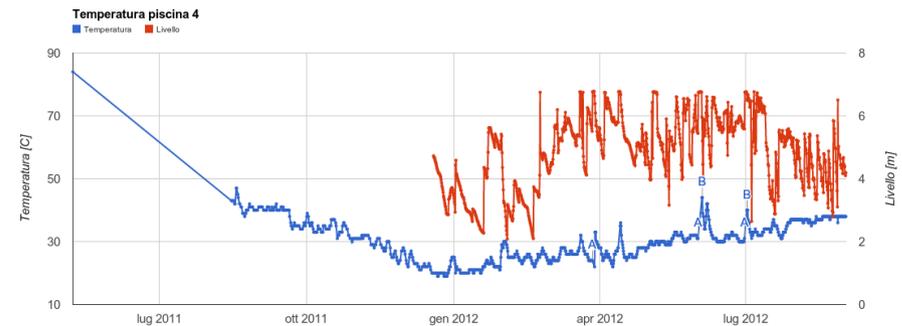


Ispezione degli interrati

- Livello dell'acqua superiore al livello d'accesso della sala toro.
- Misurato livello e temperatura acqua, rateo di dose, con sonda calata da penetrazione dal pian terreno.

Il reattore 4

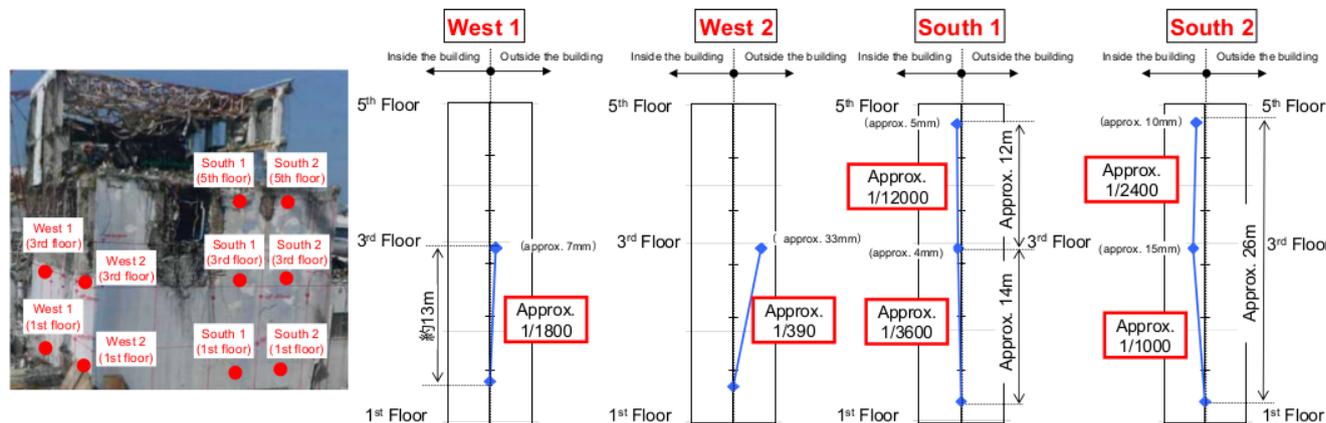
- In manutenzione durante il terremoto/tsunami
- Tutto il nocciolo era in piscina (1500+ elementi)
- Danneggiato da esplosione H_2 e incendi



Stabilità sismica dell'edificio



- Punto fondamentale per la conservazione in sicurezza nei prossimi anni.
- Verificata presenza di crepe, inclinazioni e solidità delle pareti portanti.
- L'edificio è stato definito sismico fino ad un livello 6+ sulla scala giapponese.





I grafici

<http://www.grafici-reattori.tk>

