

## Fukushima un anno dopo

### Aggiornamento della “ROAD MAP” in relazione agli obiettivi raggiunti

Il 17 Aprile 2011 la TEPCO ha reso nota la Roadmap per la soluzione dell'incidente presso l'impianto Daiichi di Fukushima. Il piano di intervento, la cui finalità di base era quella di consentire alle popolazioni evacuate di tornare alle loro case in sicurezza portando i reattori e le piscine dove era stoccato il combustibile nucleare esaurito a una condizione stabile di raffreddamento, prevedeva due step, il primo di durata pari a tre mesi, il secondo con durata di sei mesi, con i seguenti obiettivi:

**I step:** Ridurre drasticamente i livelli di dose

**II step:** Riportare sotto controllo il rilascio di materiale radioattivo e ridurre ulteriormente i livelli di dose.

Il piano delineato nella roadmap era articolato su cinque linee di intervento, relative ad altrettante problematiche, raccolte in tre gruppi:

Primo gruppo: Raffreddamento, suddiviso in raffreddamento dei reattori e raffreddamento delle piscine di stoccaggio del combustibile nucleare esaurito;

Secondo gruppo: Mitigazione, articolato in contenimento, stoccaggio, processamento e riutilizzo dell'acqua contaminata da materiale radioattivo e mitigazione dei rilasci in aria e al suolo;

Terzo gruppo: Monitoraggio e Decontaminazione.

Il 19 luglio 2011, dopo aver reso noto l'avvenuto raggiungimento degli obiettivi del primo step, la TEPCO ha comunicato il passaggio al secondo step articolato in dieci linee di intervento relative ad altrettante problematiche, sempre raccolte in tre gruppi, con i seguenti obiettivi:

#### Gruppo I - Raffreddamento

1. Reattori: “Portare i reattori alla condizione equivalente alla fermata a freddo”
2. Piscine di stoccaggio del combustibile nucleare esaurito: “Stabilizzare il processo di raffreddamento”

#### Gruppo II - Mitigazione

3. Accumulo di acqua contaminata: “Ridurre la quantità totale di acqua contaminata”
4. Acque sotterranee: “Prevenire la contaminazione dell'oceano”
5. Atmosfera/suolo: “Prevenire la diffusione di materiale radioattivo”

#### Monitoraggio e Decontaminazione

6. Misure di radioattività: “Raggiungere una sufficiente riduzione dei livelli di dose”
7. Tsunami e opere di rinforzo: “Prevenire future catastrofi”
8. Ambiente (di vita e di lavoro): “Migliorare l'ambiente di vita e di lavoro”
9. Controllo radiologico e cure mediche: “Migliorare i servizi sanitari”
10. Formazione e allocazione del personale: “Ottimizzare i controlli finalizzati a limitare le dosi assorbite legate all'esposizione da radiazioni”

Nel dicembre 2011 la TEPCO ha pubblicato un rapporto nel quale comunicava il raggiungimento degli obiettivi del secondo step, con la descrizione di dettaglio delle azioni effettuate e delle contromisure messe in atto per ogni singola problematica.

In particolare per il primo gruppo la situazione aggiornata al 16 dicembre 2011 era la seguente:

#### Problematica 1, Reattori

- La temperatura all'interno dei reattori è minore di 100°C;
- Il rilascio di vapore dai reattori è stato eliminato controllando le modalità di iniezione dell'acqua, il che ha consentito di riportare sotto controllo il rilascio di materiale radioattivo;
- L'esposizione alla radioattività ai confini del impianto, legata al rilascio di materiali radioattivi, è diminuita al punto di determinare dosi pari a 0,1 mSv/anno, quindi al di sotto del limite per la popolazione pari a 1 mSv l'anno;
- Il sistema di circolazione dell'acqua di raffreddamento è stato riportato sotto controllo.

#### Problematica 2, Piscine di stoccaggio del combustibile nucleare esaurito

- Il sistema di controllo remoto dei mezzi per l'iniezione dell'acqua è stato realizzato in anticipo rispetto a quanto previsto inizialmente;
- Il sistema di raffreddamento con scambiatori di calore è stato messo in funzione per le unità 2 e 3 già durante il primo step ed è stato completato fra luglio ed agosto anche per le unità 1 e 4.
- Inoltre la temperatura di tutte le piscine di stoccaggio del combustibile è scesa al di sotto dei 22°C e l'analisi dei materiali radioattivi nelle piscine ha confermato che la maggior parte degli elementi stoccati non è rimasta danneggiata.

Subito dopo il completamento del secondo step la TEPCO ha pubblicato una nuova roadmap, definita di medio e lungo termine finalizzata, alla disattivazione delle unità 1-4 dell'impianto nucleare, articolata in tre fasi con i seguenti obiettivi:

- La prima fase, quella attuale, parte dal completamento del secondo step e deve essere portata a completamento entro due anni. Avrà termine all'inizio della rimozione degli elementi di combustibile dalle piscine di stoccaggio;
- La seconda fase, che partirà al termine della prima fase e dovrà essere completata entro dieci anni dalla fine del secondo step, terminerà con l'inizio dei lavori di rimozione dei detriti prodotti dal processo di fusione e successiva risolidificazione del combustibile con altri materiali;
- La terza fase, che partirà al termine della seconda fase e dovrà essere completata entro 30/40 anni dalla fine del secondo step, terminerà con la fine del decommissioning .

### **Situazione all'interno del sito di Fukushima Dai-ichi**

Gli interventi sul sito di Fukushima Daiichi, effettuati all'esterno degli edifici reattori, hanno riportando il sito ad una situazione ordinata e razionale, sono stati sgombrati circa 22000 m<sup>3</sup> di detriti e sono state ripristinate le vie di accesso e di percorrenza all'interno delle varie costruzioni. L'intero sito è stato cosparso di inibitore delle polveri al fine di stabilizzare a terra (e sulle mura degli edifici) l'eventuale contaminazione rimasta dopo lo sgombero dei detriti effettuato tramite macchine con controllo remotizzato. L'inibitore di polveri è stato utilizzato, inoltre, durante la rimozione dei detriti all'interno delle piscine (per mezzo di gru remotizzate) al fine di contenere la diffusione della contaminazione. Le pavimentazioni esterne sono state decontaminate mediante l'uso di un sistema industriale di pulizia in depressione ed illustrato in figura 1.



Fig. 1 Sistema di decontaminazione in depressione mobile usato per decontaminare le zone esterne.

Durante la rimozione dei detriti all'interno della Unità 1 è stato effettuato un campionamento dell'aria, nei quattro punti cardinali rispetto al tetto della Unità 1 stessa per mezzo di una struttura ad hoc agganciata ad una gru (si veda figura 2), rilevando la presenza di polveri contaminate. Il campionamento è stato successivamente ripetuto a copertura ultimata evidenziando il confinamento della contaminazione così ottenuto, confermando quindi l'adeguatezza del provvedimento adottato.



Fig. 2 Sistema usato per campionare posizionato tramite gru

La copertura dell'Unità 1 predisposta per non diffondere la contaminazione trasportata dalle polveri, sulle quali era già stato spruzzato un inibitore per abbatterne in trasporto in aria, è stata effettuata mediante una struttura reticolare pannellata. Le figure 3 e 4 mostrano le fasi di copertura, mentre la figura 5 mostra la copertura ultimata.



Fig. 3 e 4 Fasi di copertura dell'edificio reattore



Fig. 5 Copertura ultimata dell'edificio reattore dell'Unità 1.

Nella figura 6 è riportato un aggiornamento dello schema semplificato rilasciato dalla TEPCO dell'impianto per il trattamento delle acque che, dopo essere state recuperate nell'edificio turbina, vengono riutilizzate per raffreddare il reattore.

Nell'impianto sono state rilevate delle perdite di acqua altamente contaminata che si è riversata nell'oceano antistante il sito.

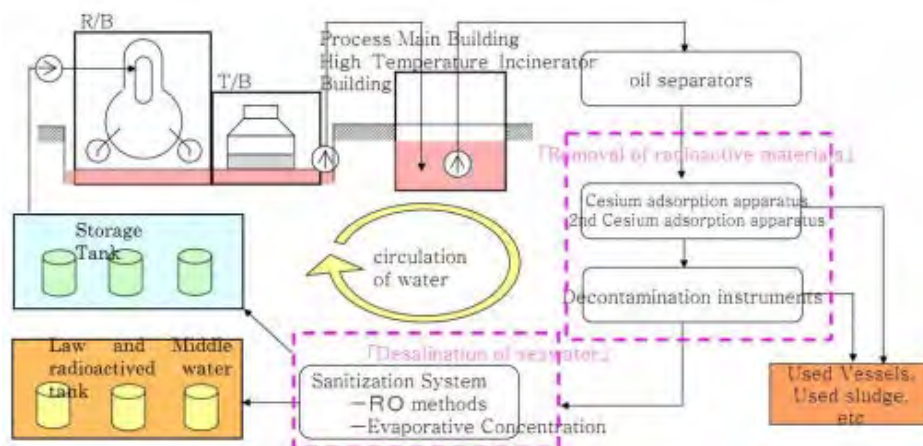


Fig. 6 Sistema di trattamento e purificazione dell'acqua di refrigerazione in "ciclo chiuso"

La prima perdita si è verificata il 4/12/2011 sul basamento dell'impianto, in particolare dall'apparato di concentrazione per evaporazione, ed ha comportato la fuoriuscita di 300 litri di acqua (dei quali 150 i sono riversati nell'oceano) contenenti Sr-89, Sr-90, Cs-134 e Cs-137. Il 12/12/2011 si è verificata una seconda perdita, circoscritta e di minore entità, dal sistema di campionamento sempre dell'apparato di concentrazione per evaporazione. La TEPCO, in seguito, ha modificato il sistema di ricircolazione inserendo un sistema ad osmosi inversa a membrana.

Ulteriori perdite sono state riscontrate nelle trincee contenenti i cavidotti di servizio; la TEPCO ha effettuato una verifica delle trincee allagate e dovrà predisporre un sistema di recupero delle acque in esse presenti che, altrimenti, potrebbero riversarsi in mare.

Al fine di contenere le perdite verso l'oceano è in fase di installazione un sistema di protezione allo sversamento in mare (Water Shield Walls) lungo tutto il tratto di canale antistante le Unità 1-4, come si evince dalle figure 7 e 8.



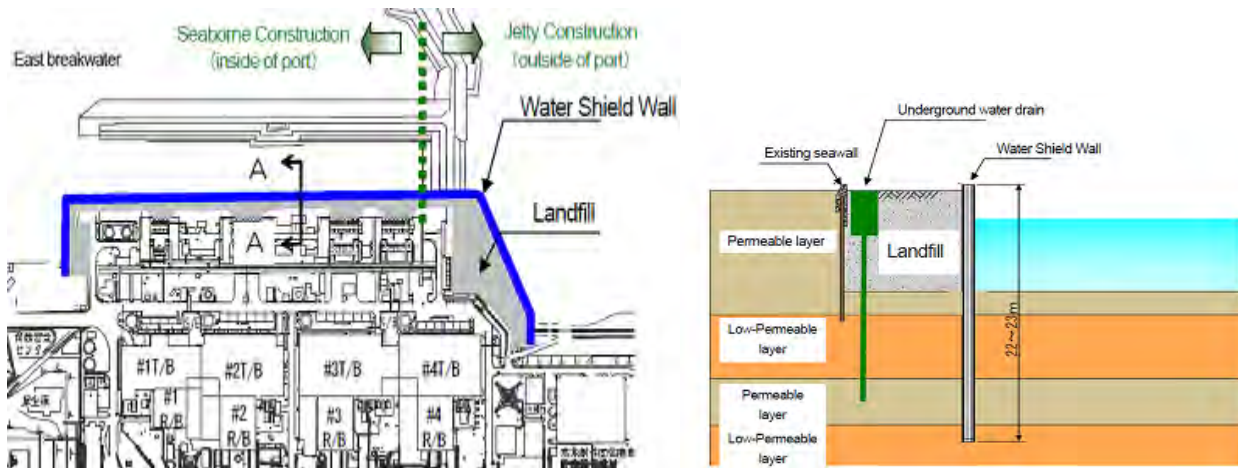


Fig. 7 e 8 Perimetro e vista in sezione del nuovo Water Shields Wall

L'acqua che si è riversata nel canale di adduzione antistante le Unità 1-4 e 5-6, ha comportato una contaminazione, con alta concentrazione di radionuclidi, del fondale che potrebbe essere dispersa a causa del moto ondoso dell'oceano. Per far fronte a questo problema, al fine di concentrare e stabilizzare la contaminazione suddetta, è allo studio un sistema che prevede la deposizione al suolo (fondo marino) di una copertura formata da un composto ottenuto miscelando bentonite e cemento. La copertura, sarà realizzata deponendo il composto in due strati: il primo strato a bassa densità in modo che possa fissare il fango stratificato sul fondo; il secondo strato ad alta densità in modo da proteggere l'intera copertura (70000 m<sup>2</sup> circa) dal moto ondoso.

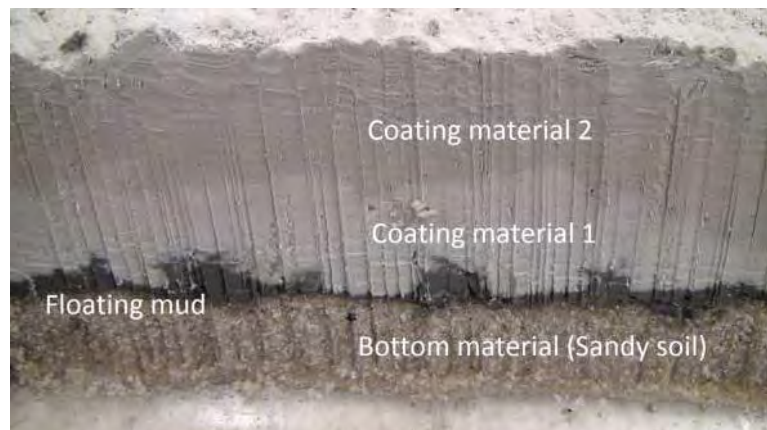


Fig. 9 Sezione dimostrativa del doppio strato di bentonite e cemento che dovrebbe stabilizzare la contaminazione al suolo

### Situazione all'interno degli Edifici dei Reattori

Sostanziali integrazioni sono state effettuate nel sistema di refrigerazione dei reattori; in particolare, oltre al sistema di iniezione dell'acqua tramite la Feed Water System (FDW), è stata collegata anche la linea (già esistente) di spray del nocciolo che permette la frammentazione del flusso di acqua, l'aumento della superficie di scambio termico e quindi l'aumento generale di scambio termico dei flussi in controcorrente (si veda figura 10). Il funzionamento, opportunamente tarato, di entrambe le linee ha permesso un più rapido raffreddamento del corium consentendo il raggiungimento della condizione di fermata a freddo delle Unità 1-3 il 21/12/2011. Nella figura 11 si riporta l'andamento della temperatura sul fondo del vessel dell'Unità 2 grazie all'aggiunta del nuovo sistema di refrigerazione, l'andamento è analogo anche per le Unità 1 e 3.

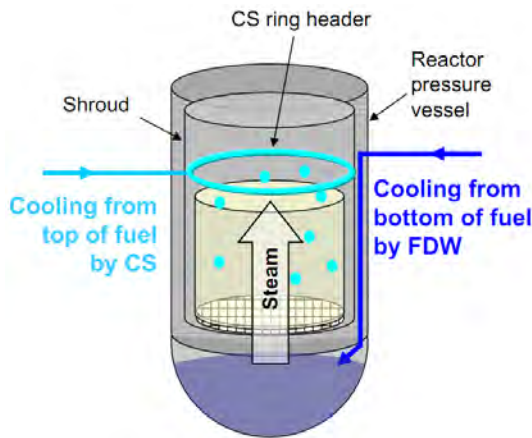


Fig. 10 Vista semplificata del sistema di refrigerazione

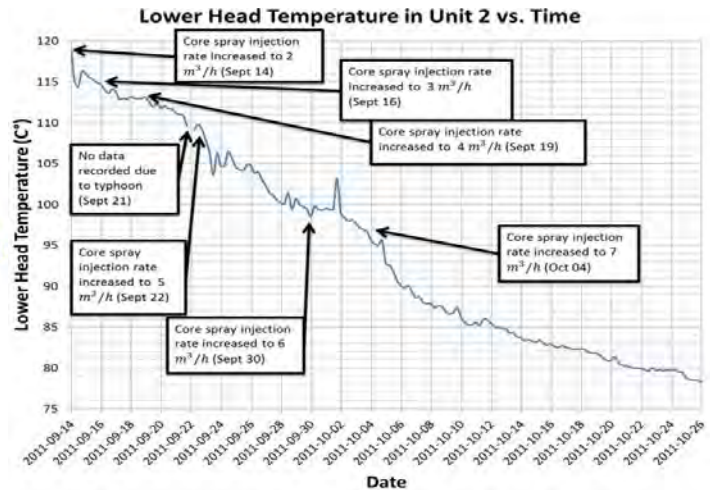


Fig. 11 Andamento delle temperature con il nuovo sistema di refrigerazione

La produzione di idrogeno è stata tenuta costantemente sotto controllo mediante l'inserzione di azoto. In una prima fase ne sono state inserite massicce quantità fino a quando (ottobre 2011) non è stata realizzata una modifica del sistema che consente lo spillamento del gas all'interno del reattore così da stabilire, previa analisi, la corretta quantità di azoto da insufflare. Inoltre la modifica, effettuata sul sistema dell'Unità 2, consente di espellere l'idrogeno formatosi sfruttando la spinta idraulica dell'azoto in ingresso, come si evince dalla figura 12. Modifiche analoghe sono state effettuate sulle Unità 1 e 3.

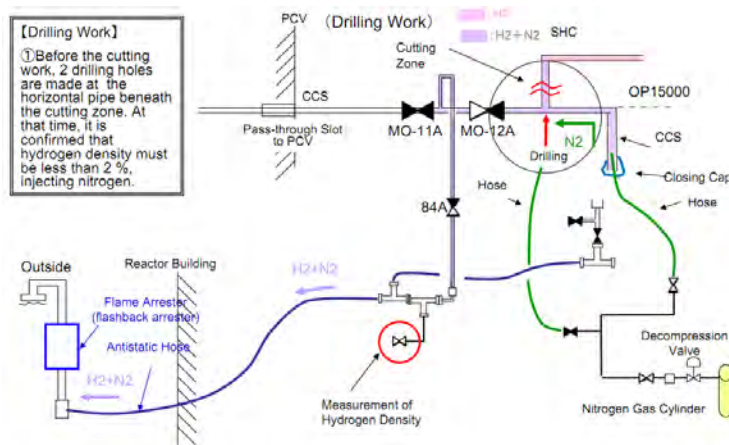


Fig.12 Gas Treatment System

Per ciò che concerne gli edifici reattori 1-6 si è effettuata una mappatura della contaminazione superficiale dei vari piani per mezzo di un robot meccanizzato. Durante la fase di rimozione dei detriti negli edifici, nelle piscine di stoccaggio, si è provveduto a salvaguardare gli elementi di combustibile presenti, coprendo la piscina stessa con degli attenuatori flottanti. Prima della rimozione dei detriti è stato spruzzato un inibitore di polveri in modo da non trascinare in aria le polveri contaminate.

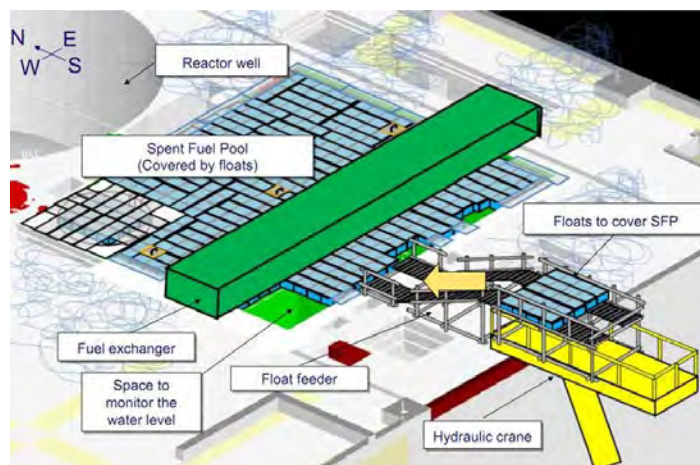


Fig. 13 Rappresentazione della copertura di protezione flottante della piscina di stoccaggio.

## Misure protettive

Al fine di proteggere la salute della popolazione nei primi giorni dell'evento furono stabilite, attorno all'impianto, delle zone in cui era stata predisposta l'evacuazione della popolazione e delle zone in cui si raccomandava il riparo al chiuso.

Dal mese di Aprile furono stabilite, in relazione alla contaminazione ambientale e all'eventuale peggioramento della situazione della centrale, diverse zone di evacuazione vale a dire:

- Zona di accesso interdetto: area entro i 20 km di raggio dalla Centrale;
- Zona di evacuazione programmata: area oltre i 20 km (si arriva anche a 50 km in direzione NNW) dalla centrale, in cui è stato stimato che i residenti assumerebbero una dose superiore a 20 mSv nel corso di un anno;
- Zona di evacuazione di emergenza la cui estensione è compresa tra i 20 ed i 30 km dalla centrale, ad esclusione di quelle zone che ricadono nella precedente area, in cui la popolazione dovrà essere pronta, in caso di un aggravamento della situazione, ad evacuare all'esterno dell'area anche con i propri mezzi.
- Piccole zone, identificate come "Hot spot", in cui la dose annua raggiunge o supera i 20 mSv ma che, a differenza delle precedenti zone, non presentano una diffusione della contaminazione su vaste superfici, bensì riguardano situazioni molto locali, in cui l'esposizione diminuisce bruscamente con l'allontanarsi dall'area ma la decontaminazione è di difficile attuazione. Per tale motivo, il governo ha raccomandato l'allontanamento delle famiglie interessate da queste aree. A Dicembre 2011 erano stati individuati 117 punti nella città di Date, che riguardano 128 nuclei familiari, 142 punti per la città di Minamisoma, 153 famiglie, un punto nella località di Kawauchi che ha riguardato un nucleo familiare.

Il 30 settembre è stato revocato il provvedimento di costituzione della zona di evacuazione di emergenza. Tale decisione è stata presa a seguito del miglioramento della situazione degli impianti incidentati e della loro stabilizzazione in termini di possibili ulteriori rilasci radioattivi, nonché in conseguenza della verifica dei livelli di contaminazione ambientale, condizioni queste oggetto comunque di continua verifica. La revoca è avvenuta sentite le Autorità locali le quali, in vista del ritiro del provvedimento e al fine di facilitare il ritorno a casa dei residenti, hanno predisposto Piani di recupero del territorio (città di Hirono, Naraha, Kawauchi, Tamura e Minamisoma) ed interventi di decontaminazione

In figura 14 vengono mostrate le zone di evacuazione prima e dopo la revoca del 30 settembre.



Nelle aree interessate dalla revoca del provvedimento la vita sta gradualmente ritornando alla normalità: sono stati costruiti alloggi di emergenza in cui 140 famiglie si sono trasferite, nella città di Minamisoma dal 16 Dicembre, 7 scuole hanno ripreso l'attività scolastica negli edifici originari, sono stati ripristinati alcuni collegamenti ferroviari fra alcune località dell'area ed alcuni esercizi industriali hanno ripreso la loro attività mentre altre imprese si stanno organizzando in tal senso.

Comunque nei suddetti territori è in corso, da parte del MEXT, del Ministero dell'Ambiente, del Gruppo di esperti nominati dal Governo a supporto dei residenti colpiti dall'incidente nucleare e dal altre istituzioni, un monitoraggio in profondità nelle principali strade, nei pozzi d'acqua, nei fiumi, ecc

Per quanto attiene alla "Zona di evacuazione programmata" è stata completata l'evacuazione dei residenti per i cinque comuni che rientravano, interamente o parzialmente, in quest'area (Katsurao Village, Kawamata Town, Namie Town, Iitate Village e Minami Soma City)

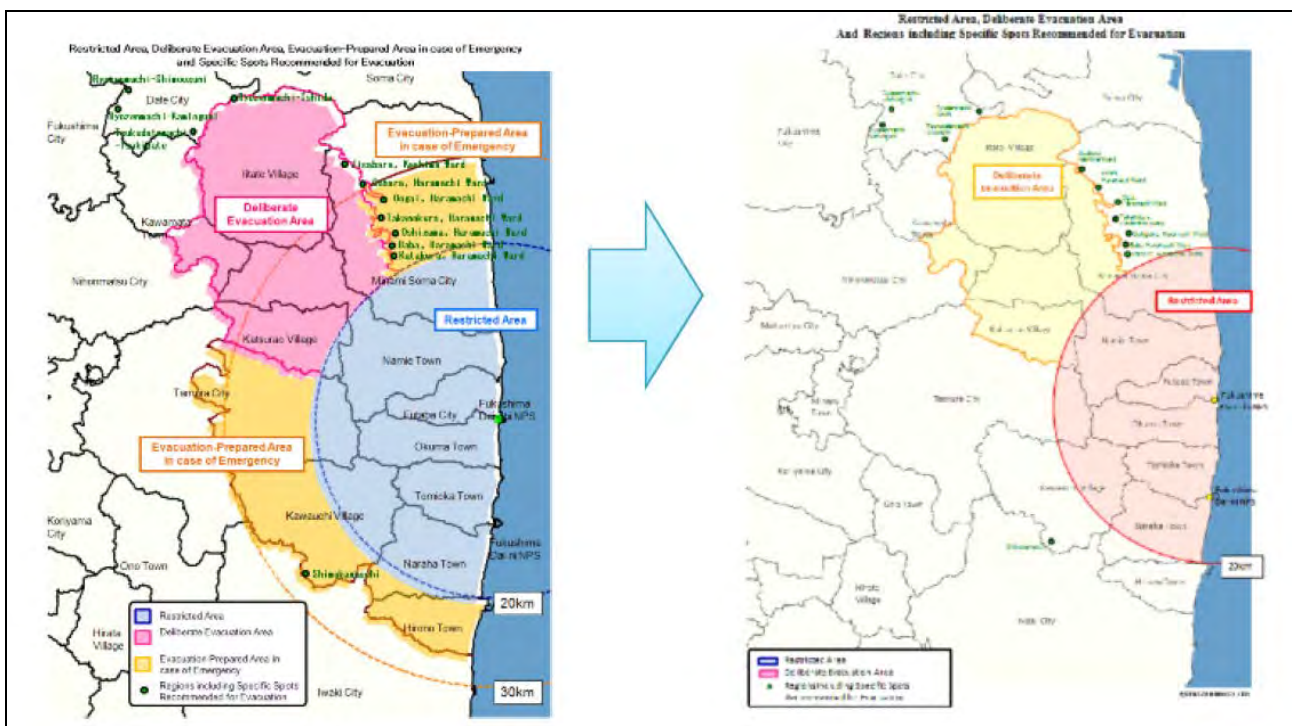


Figura 14: aree di evacuazione attorno alla Centrale di Fukushima Dai-ichi prima (mappa ai sinistra) e dopo (mappa a destra) il ritiro della designazione di "Zona di evacuazione di emergenza"

Per quanto riguarda la "Zona di accesso interdetto", sono stati consentiti alla popolazione residente ed attualmente evacuata due turni di accesso temporaneo. Il primo turno fra il 10 maggio e il 9 settembre ha registrato l'accesso di 33.598 residenti, mentre il secondo turno, che si è sviluppato fra il 19 settembre e il 4 dicembre, ha consentito l'accesso di 21.267 persone.

Per le famiglie evacuate (anche per quelle che hanno perso la loro abitazione a causa del terremoto e dello tsunami) sono in costruzione alloggi temporanei. Il 12 dicembre è stata completata la costruzione di 15799 unità abitative. Inoltre è in atto da parte del Governo Giapponese, l'assegnazione di alloggi pubblici. Alla data del 7 dicembre sono state assegnate abitazioni a 2116 nuclei familiari della Prefettura di Fukushima.



Per quanto riguarda le aree in cui insistono ancora i provvedimenti di evacuazione (Zona di evacuazione programmata e Zona di accesso interdetto) il Centro governativo per la risposta di Emergenza si propone di concludere, entro marzo 2012, la loro rivalutazione suddividendole in:

- Zona in cui il provvedimento di evacuazione si accinge ad essere revocato, che comprende le aree in cui si stima una dose annua minore di 20mSv;
- Zona di “soggiorno limitato”, in cui la dose annua è compresa fra 20 e 50mSv;
- Zona per la quale sarà difficile prevedere il rientro della popolazione, nella quale si stima una dose annua maggiore di 50mSv.

### **Attività di valutazione dell'esposizione della popolazione nella Prefettura di Fukushima**

Fra il 13 marzo e il 1 dicembre sono state sottoposte 230.000 persone ai controlli di contaminazione esterna del corpo.

La Prefettura di Fukushima, nell'ambito delle attività finalizzate alla stima delle dosi ricevute dalla popolazione residente, ha pubblicato i primi risultati di una indagine preliminare condotta in questi mesi per la stima della esposizione esterna ricevuta dalla popolazione. L'indagine è stata condotta nelle località di Kawamata, Namie e Iitate che, si ricorda, sono interessate dai provvedimenti di evacuazione programmata e dove le misure ambientali lasciavano ipotizzare dosi esterne ed interne maggiori rispetto ad altre zone. La stima delle dosi, la cui sintesi è riportata in tabella 1, si basa sulle informazioni raccolte circa il dove le persone fossero nei mesi successivi l'incidente. Per quanto riguarda gli altri residenti della Prefettura, a partire dal 26 agosto è in distribuzione via mail un questionario che, a Novembre 2011, era stato recapitato a circa 2 milioni di persone.

**Tabella 1:** risultati preliminari della misura dell'esposizione esterna su 9747 residenti delle città di Namie, Kawamata e Iitate.

<b>Dose (mSv)</b>	<b>Numero di residenti</b>	<b>Percentuale sul totale</b>
0-1	5636	57.82
1-5	3583	36.75
5-10	1016	10.42
10-15	61	0.63
>15	10	0.10

### **Indagini sanitarie**

Presso l'ospedale universitario di Fukushima, a partire dal 9 Ottobre, per la popolazione residente nella Prefettura di età inferiore o uguale a 18 anni al momento dell'incidente (circa 360.000 individui), sono in corso indagini ecografiche alla tiroide. Inoltre, dal 14 novembre è stato avviato un piano di sorveglianza sanitaria che prevede indagini mediche per tutti i residenti della Prefettura. In particolare, per le persone che sono state evacuate il programma prevede la diffusione di un questionario e esami clinici e biologici

aggiuntivi. Infine la Prefettura ha commissionato alla JAEA misure di esposizione interna mediante WBC. Alla data del 31 ottobre l'esame è stato condotto su 6608 residenti nelle già citate località di Kawamata, Namie, Iitate e Futaba.

### Valutazione della radioattività rilasciata in aria

A poche ore dall'evento sismico e dallo tsunami, ed in particolare il giorno 12 marzo 2011, il rateo di dose gamma misurato in prossimità di una delle postazioni di monitoraggio fisse circostanti il sito (nello specifico il punto MP6 situato a circa 1 km dagli edifici reattore in direzione est), i cui valori normalmente oscillavano nell'intervallo tra 0,033 e 0,050 microSv/h, aumenta fino a valori di qualche centinaio di microSv/h. Nei giorni successivi, a seguito dei rilasci dalle varie unità, il rateo di dose gamma raggiungeva valori sino a 12 mSv/h. Di seguito viene riportata una sintesi della sequenza degli eventi verificatisi sul sito ed un grafico (figura 15) che fornisce l'andamento dei valori dei ratei di dose immediatamente a valle dei rilasci aeriformi nei punti di monitoraggio posizionati intorno al perimetro della centrale.

11 Marzo ore 14:46	Evento sismico
11 Marzo ore 15:41	Evento Tsunami; mancanza alimentazione elettrica (Station Black Out)
11 Marzo ore 16:36	Fermata dell' sistema di refrigerazione emergenza del nocciolo del reattore (Isolation Condenser) dell'Unità 1
12 Marzo ore 12:00	Rilascio non programmato e rilascio programmato (venting) dal reattore 1
12 Marzo ore 15:36	Esplosione da idrogeno dell'Unità 1
13 Marzo ore 05:10	Fermata del sistema di refrigerazione emergenza del nocciolo del reattore (RCIC) dell'Unità 3
13 Marzo ore 8.00	Ventig programmato dal reattore 2
14 Marzo ore 11:01	Esplosione da idrogeno dell'Unità 3
14 Marzo ore 13:25	Fermata dell'RCIC dell'Unità 2
14 Marzo ore 21.00	Venting dell'unità 2
15 Marzo ore 06:00	Esplosione da idrogeno nell'Unità 4 nella piscina di stoccaggio del combustibile
15 Marzo ore 06:14	Esplosione probabile del sistema di contenimento primario del vessel (PCV) dell'Unità 2
15-16 Marzo	Ulteriori dispersioni non programmate dalle unità 2-3

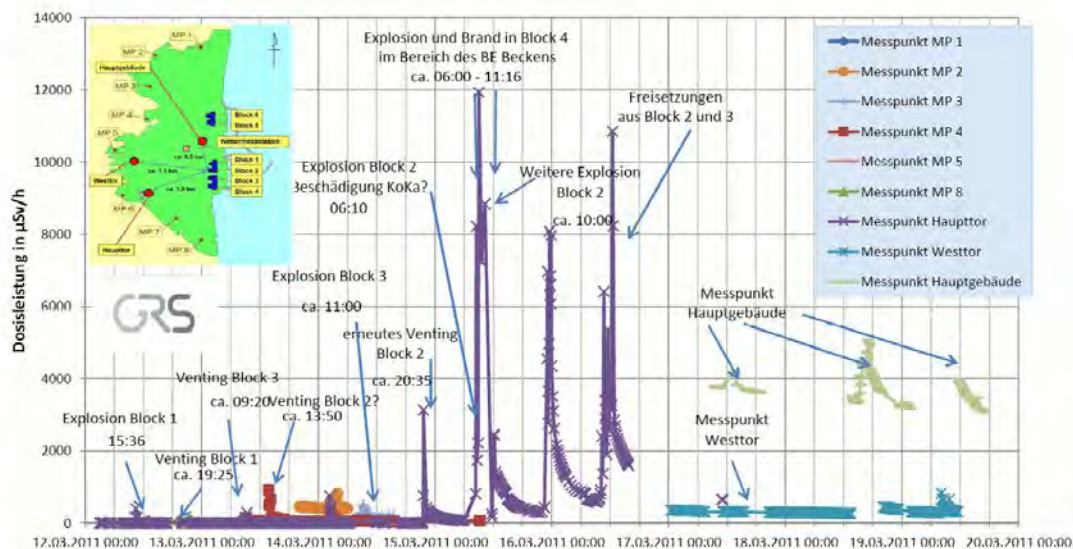


Fig. 15: Andamento dei ratei di dose segnalati dai punti di monitoraggio intorno al perimetro del sito dal 12/3 al 20/3; fonte AREVA

La valutazione del termine cumulativo di sorgente a seguito ai vari episodi di rilascio susseguiti nelle diverse unità, è stata successivamente effettuata in collaborazione con la JAEA, combinando le misure di concentrazione in aria e utilizzando la simulazione della diffusione dei contaminanti dal punto di emissione al punto di misura della concentrazione delle polveri, tramite l'impiego del codice di calcolo denominato SPEEDI. A valle delle simulazioni il termine sorgente è risultato essere di  $1,6 \cdot 10^{17}$  Bq per lo I-131 e approssimativamente  $1,5 \cdot 10^{16}$  Bq per il Cs-137, valori che hanno comportato una classificazione dell'incidente al livello 7 della scala INES.

L'istogramma sottostante riporta qualitativamente e quantitativamente i rilasci progressivi che si sono succeduti da marzo a novembre 2011; si noti che i tassi di rilascio successivi al mese di maggio diminuiscono progressivamente. La diminuzione è legata alla progressiva stabilizzazione dei reattori fino al raggiungimento, a dicembre, dello stato di arresto a freddo.

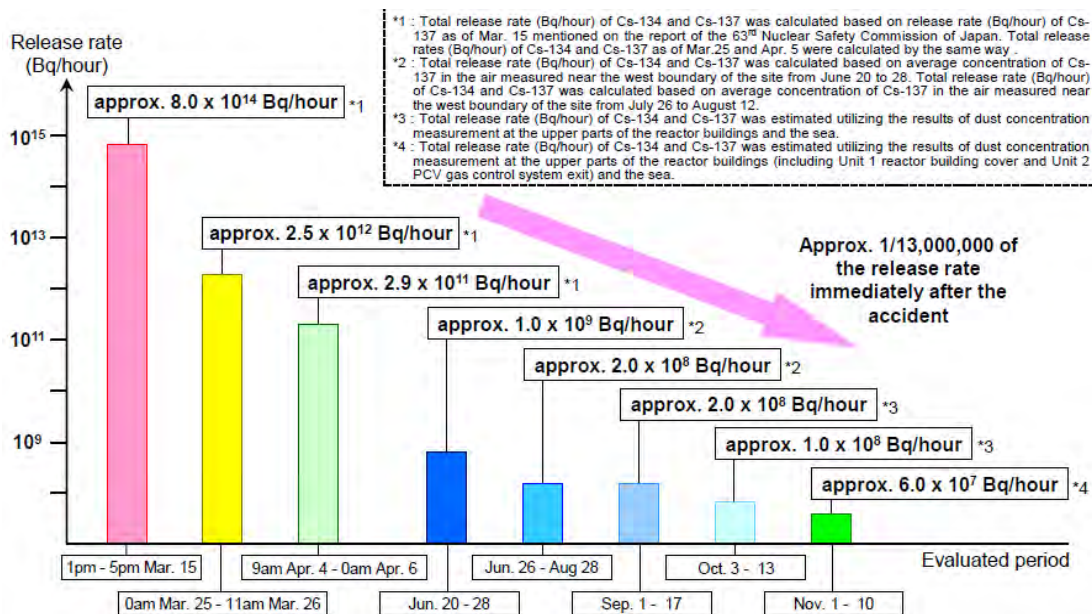


Fig. 16 :Ratei di rilascio dall'impianto di Fukushima Daiichi dal 15 marzo al 10 novembre 2011; fonte TEPCO

### Programma di monitoraggio effettuato a seguito dell'incidente

Fin dal 12 di marzo il MEXT ha predisposto, anche facendo fronte alle difficoltà generatesi sul territorio a causa dell'emergenza convenzionale, un piano di monitoraggio radiologico con lo scopo di effettuare una prima valutazione delle conseguenze dell'incidente stesso e di intraprendere le azioni opportune al fine di salvaguardare la sicurezza e la salute della popolazione e valutare le conseguenze sull'ambiente. Il MEXT in cooperazione con le singole prefetture, la JAEA, il JAMSTEC, le Università e la stessa TEPCO, ha progressivamente implementato un piano di monitoraggio volto a valutare principalmente: 1) il rateo di dose nell'intorno dell'impianto estendendo i punti di misura fino ad arrivare a monitorare, dopo qualche mese, 2200 località in un raggio di 100 km dalla centrale di Daiichi; 2) la distribuzione dei radionuclidi rilasciati sul territorio circostante il sito raccogliendo campioni di matrici ambientali. Allo stesso tempo, e al fine di valutare la deposizione di radionuclidi alfa e beta/gamma emettitori sul territorio, il MEXT ha effettuato analisi di concentrazione di plutonio e di stronzio in vari campioni in più di un centinaio di località a differenti distanze dal punto di emissione.

Le analisi quantitative dei radionuclidi nelle matrici, rivolte inizialmente allo I-131 e al Cs-137 e, successivamente, al Cs-134, ai radionuclidi alfa emettitori, ai transuranici, ai prodotti di fissione (quali

Te129m e Ag110m, ed allo Sr90), sono state effettuate prelevando campioni di polveri, di suolo, di acqua stagnante, di vegetazione (vari tipi), di acqua potabile, di acqua di mare e sedimenti marini, valutando allo stesso tempo la deposizione al suolo nelle varie prefetture.

Nell'intorno del perimetro della centrale, e fino a circa 2 km, le misure sia di ratei di dose che di concentrazione in aria è stata effettuata, all'inizio, attraverso l'utilizzo della preesistente rete di monitoraggio ambientale collocata in punti fissi intorno all'impianto. La figura 17 fornisce l'andamento nel tempo dei valori di ratei di dose registrati dal 15 aprile 2011 al 21 febbraio 2012 nei punti di monitoraggio MP1-MP8 e West Gate. Si noti l'andamento lentamente decrescente.

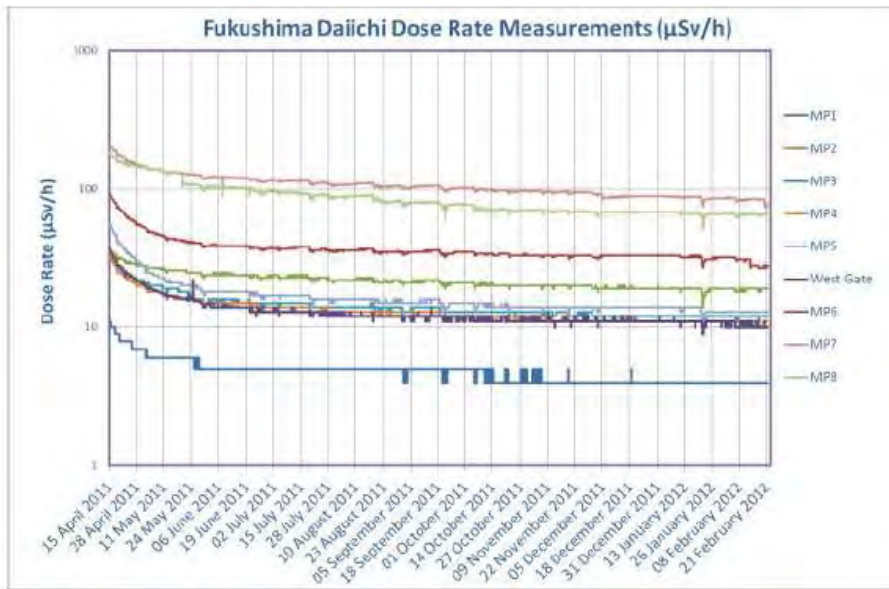


Fig. 17: andamento dei ratei di dose al perimetro dell'impianto dal 15 aprile 2011 al 21 febbraio 2012; fonte TEPCO

Nei mesi successivi all'evento sono stati progressivamente aggiunti dei punti di misura della concentrazione in aria all'interno del perimetro dell'impianto; attualmente il posizionamento e il numero dei punti di campionamento all'interno del perimetro della centrale è mostrato dalla figura 18.



Fig. 18: Punti di monitoraggio dell'aria all'interno dell'impianto al 25 gennaio 2012; fonte MEXT



Le misure sono state effettuate per la determinazione di I-131/132/133 di Cs134/136/137 e per molti prodotti di fissione rappresentativi; dagli ultimi risultati si può evincere che attualmente, e cioè a valle degli interventi della TEPCO ai fini di limitare la risospensione dal suolo, nell'intorno dell'impianto i valori di concentrazione risultano al limite della MDA.

Per distanze comprese tra 3 e 20 km il monitoraggio dei ratei di dose è stato implementato sia impiegando delle postazioni fisse sia attraverso l'utilizzo di vetture dotate di opportuna strumentazione, effettuando valutazioni tramite spostamenti attraverso percorsi predeterminati e rappresentativi.

Dal confronto delle misure effettuate nelle prime settimane successive all'evento e da quelle effettuate durante il mese di dicembre ed elaborate dal MEXT, si evidenzia la diminuzione progressiva del valore dei ratei di dose a distanza di 1 anno dall'evento che sebbene non sia confrontabile con i preesistenti valori del fondo ambientale, mostrano una situazione in progressiva stabilizzazione anche in relazione al fatto che i reattori sono attualmente in condizione di dichiarato "cold shut down" (arresto a freddo) e non si sono verificati ulteriori rilasci di radionuclidi in aria.

Per quanto riguarda la misura dei ratei di dose gamma nelle zone fino a 80 km dall'impianto, nella mappa riportata in figura 19 sono rappresentati i punti (progressivamente implementati) dove sono state effettuate le misure; la suddetta mostra un addensamento in direzione nord-nord-ovest, rispetto al punto di rilascio, in relazione alla diffusione del materiale aeriforme contaminato.

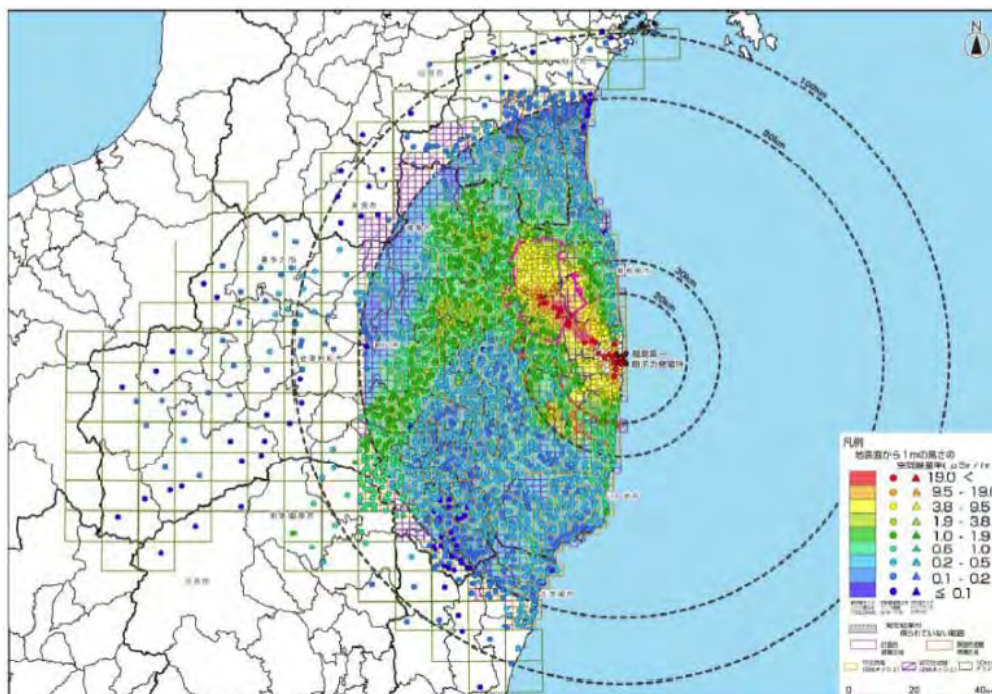


Fig. 19: Mappatura dei ratei di dose rilevati con misure in campo; fonte MEXT

La rilevazione del rateo di dose, inoltre, è stata effettuata anche in tutte le prefetture del Giappone, in particolare nelle prefetture di Fukushima e di Myiagi maggiormente interessate dalle conseguenze dello tsunami, avvalendosi di punti di misura fissi, di misure effettuate sistemi di rilevazione posti a bordo di veicoli mobili e utilizzando aerei e/o elicotteri.

Nel programma di monitoraggio è stato inserito anche l'Airborne Monitoring (effettuato tramite rilevazione aerea) tramite il quale è stato misurato l'andamento dei ratei di dose e della quantità di sostanze radioattive depositate al suolo in una larga area. Dal 30 maggio, data in cui il MEXT ha iniziato l' Airborne Monitoring entro gli 80 km dal sito di Daiichi, si sono susseguiti 4 differenti monitoraggi relativi a 4 diversi periodi.

L'ultimo monitoraggio aereo è stato condotto tra il 22 ottobre e il 5 novembre ed ha consentito di fornire una distribuzione di ratei di dose e della concentrazione di Cesio depositata al suolo che viene riportata nelle figure 20 e 21.

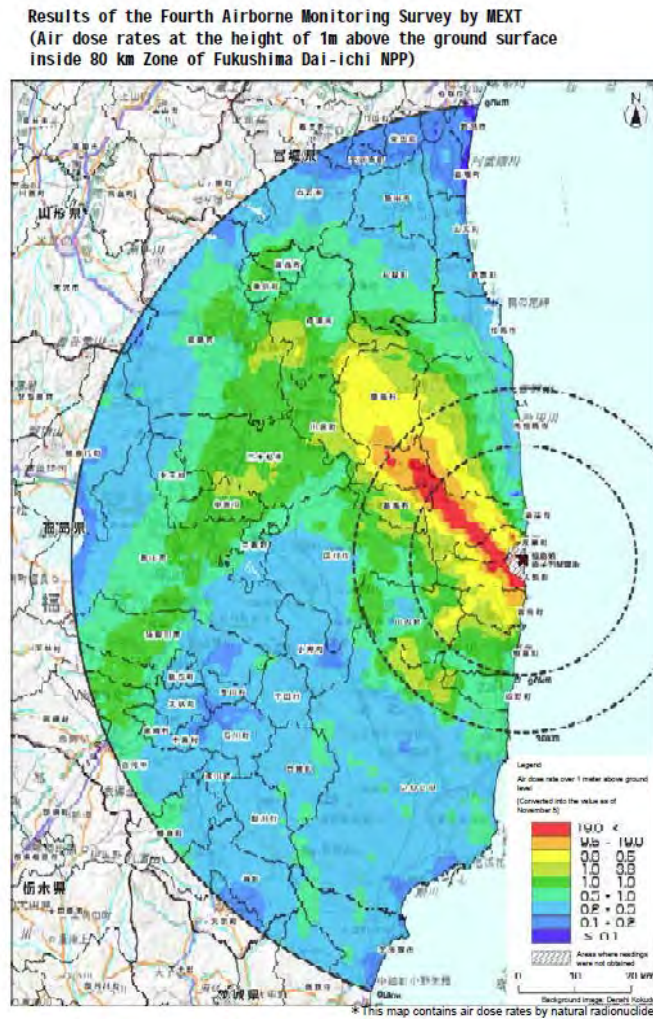


Fig. 20: Distribuzione del rateo di dose misurato nei mesi novembre-dicembre 2011 nell'area fino a 80 km dal sito di Daiichi; fonte MEXT

Results of the Fourth Airborne Monitoring Survey by MEXT  
 (Accumulation of Cs-137 on the ground surface inside 80 km Zone  
 of Fukushima Dai-ichi NPP)

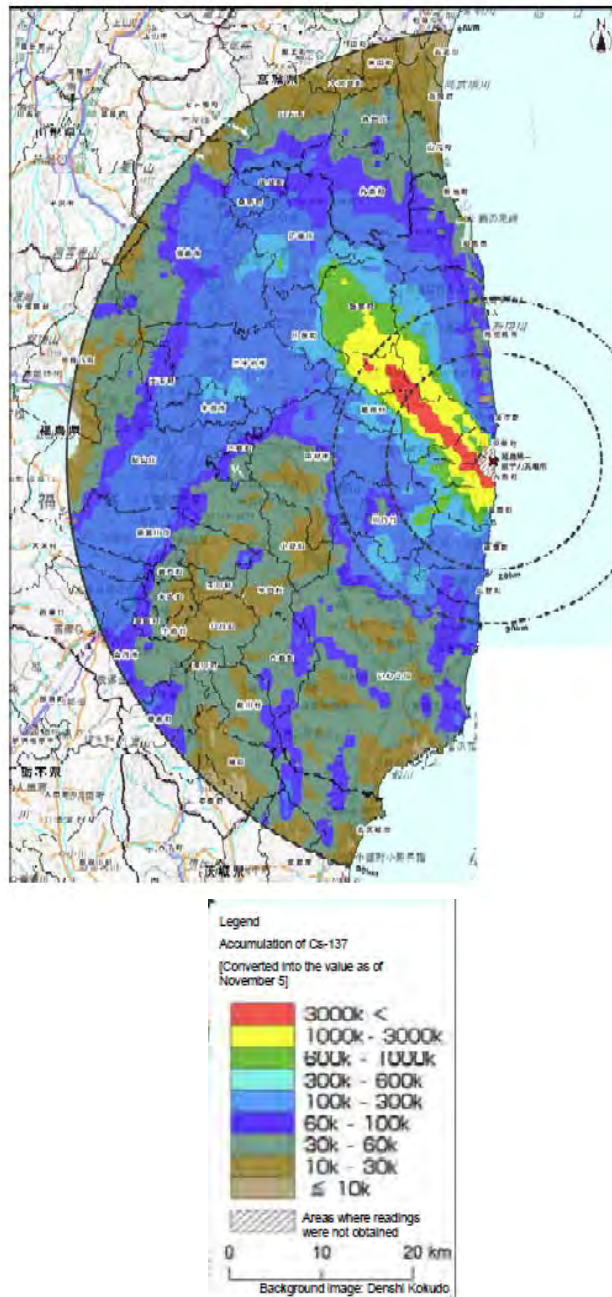


Fig. 21: Mappa di accumulo di Cs134/137 fino a 80 km dal sito nucleare; fonte MEXT

Il programma di monitoraggio è stato successivamente incrementato aggiungendo anche quello all'interno degli edifici pubblici maggiormente rappresentativi; in particolare dal 12 aprile è iniziato il monitoraggio del rateo di dose e della contaminazione del suolo nelle scuole della prefettura di Fukushima esteso, nei mesi successivi, anche al monitoraggio dei parchi pubblici e delle aree turistiche.

### Valutazione della radioattività rilasciata in mare

Gli eventi significativi attraverso i quali si è determinato il rilascio di radioattività in mare sono stati principalmente due. L'evento del 2 aprile, caratterizzato da una misura di rateo di dose al di sopra del pelo libero dell'acqua accumulata in un pozzetto di controllo nelle immediate vicinanze del canale di adduzione del reattore 2, di circa 1000 mSv/h ha immediatamente posto l'allarme sulla fuga di acqua fortemente

contaminata radioattiva, in seguito rinvenuta nel basamento dell'edificio turbina dell'unità 2, derivante da una probabile perdita dal reattore 2. I tecnici della TEPCO hanno, nei giorni successivi, fermato la perdita e campionato il liquido; dalle valutazioni effettuate è stato possibile stabilire che era stata dispersa in mare in pochi giorni un'attività di circa  $4,7 \cdot 10^{15}$  Bq. Il secondo evento è stato registrato l'11 maggio quando è stata scoperta una perdita diretta in mare attraverso un pozzetto nei presi del canale di scarico del reattore 3; le valutazioni effettuate hanno evidenziato che in circa 40 ore era stata riversata in mare un'attività pari a  $2,0 \cdot 10^{13}$  Bq costituita prevalentemente da I-131 e Cs-134/137.

Per far fronte a tali eventi, la TEPCO ha posto in atto delle misure protettive atte a limitare la diffusione della contaminazione al di fuori del canale di adduzione dei reattori 1-3 introducendo una serie di accorgimenti ingegneristici.

Un'ulteriore immissione in mare di acqua contaminata è avvenuta a seguito di un rilascio "programmato" della TEPCO; nel caso specifico la strategia è stata quella di rendere disponibili volumi nell'edificio di trattamento liquidi contaminati e nei sub-drain dei reattori 5-6, riversando in mare circa 10400 ton di acqua a bassa contaminazione contenente un'attività pari a  $1,5 \cdot 10^{11}$  Bq allo scopo di trasferire il liquido altamente contaminato onde evitare ulteriori indebiti sversamenti in mare.

### **Programma monitoraggio dell'acqua di mare**

Il monitoraggio speciale delle acque di mare è stato avviato dal MEXT fin dal 23 marzo limitatamente a campioni prelevati in punti lontani dalla costa antistante la centrale di Fukushima, i risultati delle misure, fino agli episodi di dispersione in mare, avevano registrato valori inferiori rispetto ai limiti di rilevanza sia per lo iodio che per il cesio. A valle degli episodi di rilascio, il governo giapponese decide di rimodulare il programma di monitoraggio delle acque marine non solo incrementando il numero dei punti di monitoraggio ma anche coinvolgendo oltre alla stessa TEPCO altre autorità nella gestione del programma. Il 6 maggio viene emesso un nuovo piano di monitoraggio di larghe aree oceaniche nel quale gli attori coinvolti hanno compiti specifici, prevedendo la misura del rateo di dose sulla superficie dell'acqua, della concentrazione di radionuclidi negli strati superficiali e profondi delle acque oceaniche in determinati punti sia nelle vicinanze che a largo rispetto all'impianto ed il campionamento e la misura dei sedimenti oceanici nonché i prodotti marini relativamente alla presenza di I-131, Cs-134/137, Sr-90 e Pu. I valori di concentrazione di attività nei vari campioni, in particolar modo a distanze superiori a 10 km dal punto di emissione del liquido contaminato hanno raggiunto solo in qualche punto, e per brevi periodi, il limite di comunicazione preventiva imposto dalle autorità giapponesi (Reactor Regulation) sia per lo iodio che per il cesio; successivamente agli interventi ingegneristici operati all'interno del canale di scarico dell'impianto ai fini di contenere la diffusione della contaminazione, le misure effettuate all'esterno del canale di adduzione dei reattori 1-4, hanno sempre riportato e continuano a misurare, valori prossimi alle minime attività rilevabili e non rilevanti dal punto di vista dell'impatto radiologico. A valle dei recenti risultati, il MEXT decide di revisionare il piano di monitoraggio che risulta sinteticamente suddiviso in:

- Area frontale: comprende l'area marina di fronte all'impianto per un raggio di 30 km;
- Area della costa: area costiera entro 30 km dalla costa di Myagi, Fukushima, Ibaraki e parte della prefettura di Iwate;
- Area marina Off-shore: area marina dai 30 ai 90 km dalla costa;
- Area marina esterna: mare aperto dai 90 ai 280 km dalla costa.

Le figure 22 e 23 mostrano l'estensione dell'attuale piano di monitoraggio comprensivo della descrizione del numero dei punti e delle autorità impegnate nel campionamento e nella misura.



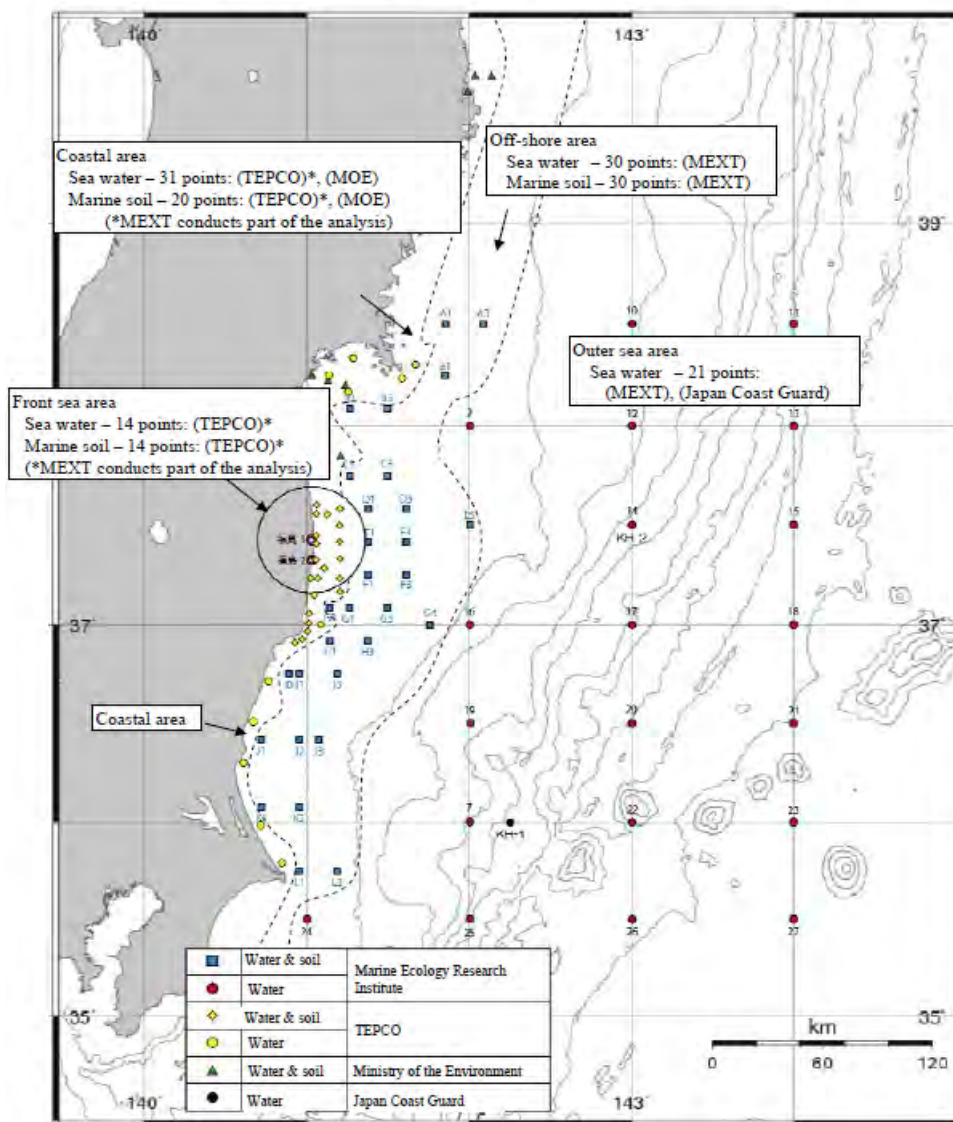


Fig. 22:Punti dell'attuale piano di monitoraggio in mare; fonte TEPCO,MEXT

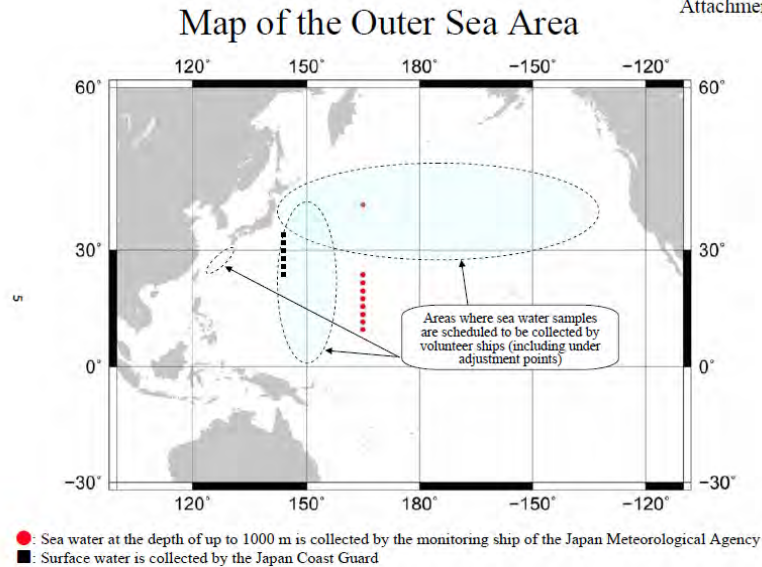


Fig. 23: Punti dell'attuale piano di monitoraggio in mare; fonte TEPCO, MEXT

Il nuovo piano prevede, con tempistiche di campionamento e misura differenti, il monitoraggio di:

- acqua marina per la determinazione di Cs134/137, I131, Sr89/90, Pu238 e Pu239+240 e H3; per alcuni punti a campione si prevede anche la determinazione di Mn54, Co60 e Ce144;
- suolo oceanico per la determinazione di Cs134/137, I131, Sr89/90, Pu238 e Pu239+240, U235, U238, Am241, Cm242 e Cm243+244;
- prodotti marini del tipo pesce di costa ovvero pesce migratorio per la determinazione di Cs134/137 e I131.

L'area monitorata di fronte all'impianto comprende non solo i canali di adduzione e scarico dei reattori ma anche la parte più vicina alla costa monitorata con continuità dalla TEPCO fin dagli episodi dello scarico di acqua radioattiva. Un esempio dell'andamento della distribuzione della concentrazione in acqua all'interno del canale di adduzione dei reattori 1-4 è riportata nella figura 24 nel periodo tra aprile e settembre mentre nella tabella 2 si riportano le misure effettuate nei primi giorni di dicembre; i valori registrati, confrontati con i limiti di comunicazione preventiva alle autorità di controllo, evidenziano la progressiva diminuzione legata agli interventi di prevenzione/limitazione della diffusione della contaminazione.

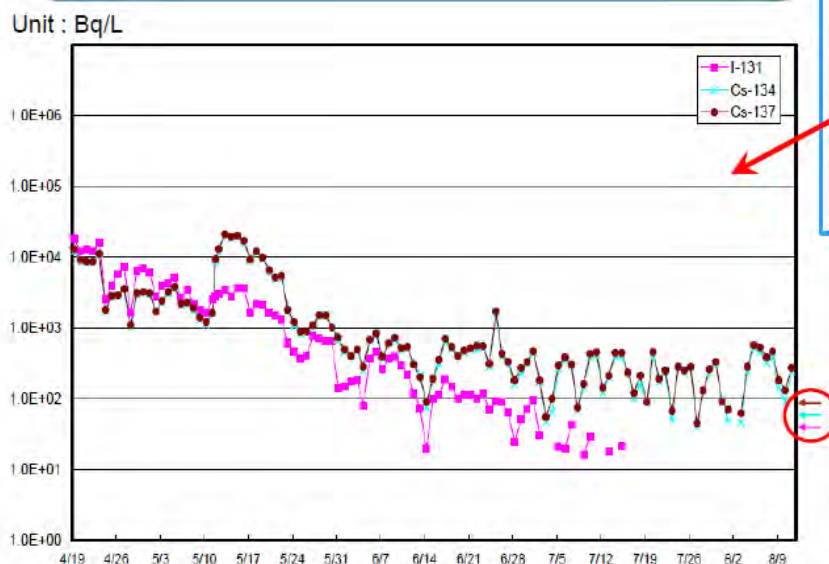


Fig. 24:andamento della concentrazione nel canale di adduzione dei reattori 1-4 da aprile ad agosto 2011; fonte TEPCO

Nuclide Analysis Results of Radioactive Materials in Seawater  
Fukushima Daiichi Nuclear Power Station; the shallow draft quay, Unit 1-4 screen, and the water intake canal of Units 1-4< 1/2>  
(Data summarized on December 22)

Place of Sampling	Shallow Draft Quay of 1F		Inside north water intake canal of 1F's Units 1-4		Screen of 1F's Unit 1 (outside the silt fence)		Screen of 1F's Unit 1 (inside the silt fence)		Screen of 1F's Unit 2 (outside the silt fence)		Screen of 1F's Unit 2 (inside the silt fence)		②Density limit by the announcement of Reactor Regulation (Bq/L) (the density limit in the water outside of surrounding monitored areas in the section 6 of the appendix 2)			
	Time of Sampling	①Density of Sample (Bq/L)	Scaling Factor (①/②)	①Density of Sample (Bq/L)	Scaling Factor (①/②)	①Density of Sample (Bq/L)	Scaling Factor (①/②)	①Density of Sample (Bq/L)	Scaling Factor (①/②)	①Density of Sample (Bq/L)	Scaling Factor (①/②)	①Density of Sample (Bq/L)		Scaling Factor (①/②)		
I-131 (about 8 days)	Dec 21, 2011 07:00 am	ND	-	Dec 21, 2011 07:05 am	ND	-	Dec 21, 2011 07:08 am	ND	-	Dec 21, 2011 07:13 am	ND	-	Dec 21, 2011 07:15 am	ND	-	40
Cs-134 (about 2 years)	Dec 21, 2011 07:00 am	ND	-	Dec 21, 2011 07:05 am	69	1.2	Dec 21, 2011 07:08 am	110	1.8	Dec 21, 2011 07:13 am	74	1.2	Dec 21, 2011 07:15 am	140	2.3	60
Cs-137 (about 30 years)	Dec 21, 2011 07:00 am	ND	-	Dec 21, 2011 07:05 am	100	1.1	Dec 21, 2011 07:08 am	120	1.3	Dec 21, 2011 07:13 am	140	1.6	Dec 21, 2011 07:15 am	160	1.8	90

Tabella 2:risultati della concentrazione di Cs134/137 e I131 in acqua all'interno del canale di adduzione dei reattori 1-4 per campioni prelevati a dicembre 2011; fonte TEPCO

Nelle figure 25 e 26 sono riportati gli ultimi risultati di concentrazione in acqua relativi ad alcuni punti monitorati sia "near shore" che "off shore" così come rilevati dal sito del MEXT e della TEPCO e da cui si evidenzia che i valori riscontrati sono al limite della minima attività rilevabile.

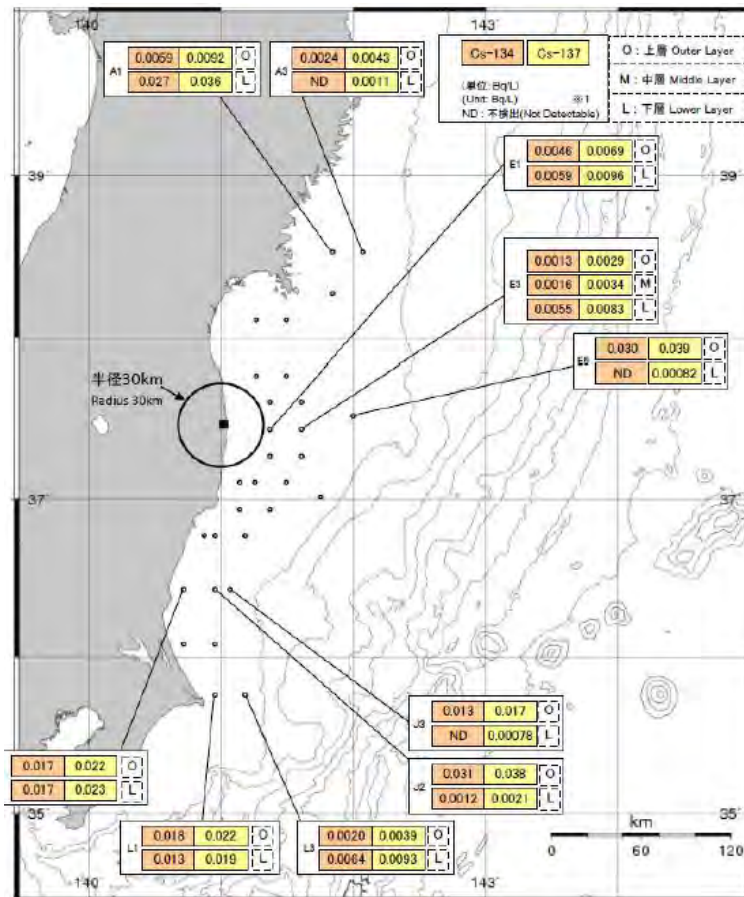


Fig. 25: Risultati del monitoraggio in punti distanti dalla costa durante il mese di febbraio 2012; fonte MEXT

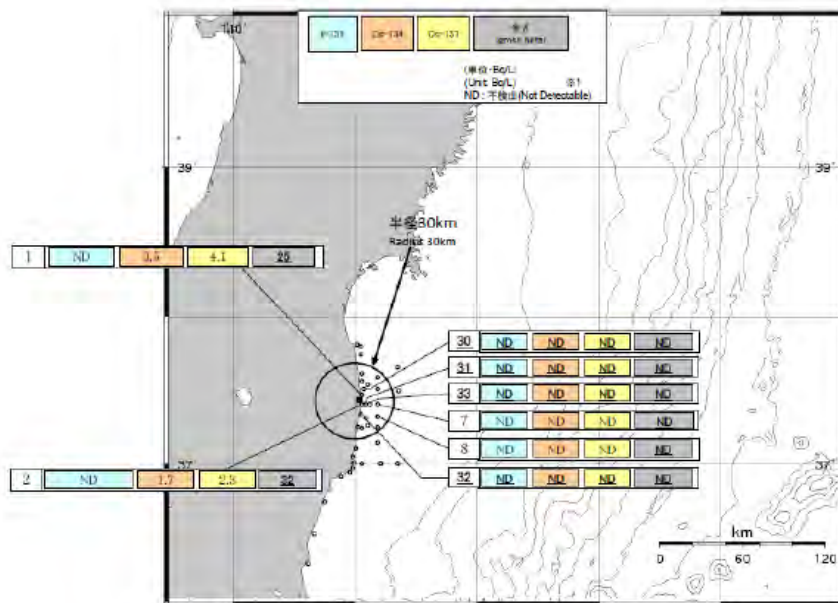


Fig. 26: Risultati del monitoraggio in punti vicini alla costa durante il mese di febbraio 2012; fonte MEXT



Le ultime determinazioni di Pu238 e Pu 239+240 effettuate dal MEXT sui sedimenti marini in vari punti intorno all'impianto e a distanze fino a 30 km, mostrano un valore della concentrazione degli stessi radionuclidi vicina alla minima attività rilevabile.

### Sorveglianza dei lavoratori dell'impianto

A fine dicembre 2011 la TEPCO riporta in un documento specifico la valutazione della dose efficace ai lavoratori impegnati nella gestione dell'impianto dall'11 marzo al 31 dicembre 2011.

I risultati sono riportati nella tabella 3:

DOSE ACCUMULATA	LAVORATORI TEPCO	LAVORATORI DI IMPRESA ESTERNA	TOTALE
>250 mSv	6	0	6
200-250 mSv	1	2	3
150-200 mSv	21	2	23
100-150 mSv	118	17	135
50-100 mSv	382	315	697
20-50 mSv	625	1896	2521
10-20 mSv	474	2558	3032
< 10 mSv	1741	11436	13177
<b>TOTALE</b>	<b>3368</b>	<b>16226</b>	<b>19594</b>
<b>MASSIMO (mSv)</b>	<b>678,80</b>	<b>238,42</b>	<b>678,80</b>
<b>MEDIO (mSv)</b>	<b>23,53</b>	<b>9,06</b>	<b>11,55</b>

Tabella 3: schema riassuntivo delle dosi ai lavoratori che hanno operato in impianto; fonte TEPCO

Per i 6 lavoratori che hanno superato i 250 mSv la maggior parte della dose è dovuta ad esposizione interna per inalazione da I-131. Nel periodo tra l'11 marzo 2011 e il 9 gennaio 2012 si sono registrati 6 decessi di cui: 2 a marzo a seguito dello tsunami, 2 per arresto cardiaco (1 a marzo e l'altro a gennaio 2012), 1 per effetti di malattia neoplastica diagnosticata in passato e non attribuibile all'evento incidentale e 1 per effetto di shock settico per cause ancora da chiarire.

### Monitoraggio degli alimenti e restrizioni

Il monitoraggio dei vari alimenti è stato effettuato fin dal 21 marzo 2011 dal Ministero della Salute e del Lavoro giapponese (MHLW); lo sviluppo del programma ha interessato progressivamente zone sempre più vaste intorno all'impianto, coinvolgendo l'intera prefettura di Fukushima e, successivamente, zone appartenenti ad altre prefetture; il monitoraggio è stato effettuato considerando diverse tipologie di alimenti.

Attualmente le restrizioni alla distribuzione degli alimenti che continuano a permanere in diverse zone della prefettura di Fukushima sono relative ai seguenti alimenti:

latte crudo, funghi cresciuti sui ceppi; funghi da coltivazione in serra, funghi selvatici, vegetali tipici della zona(ume e yuzu), castagne, kiwi, riso, pesci tipo sand lance e salmone, uova e carne.

Per le altre prefetture di Ibaraki, Tokigi, Gunma, Kanagawa, Miyagi e Iwate continuano a valere le restrizioni alla distribuzione dei seguenti alimenti: latte crudo (tranne Ibaraki), vegetali a foglia larga, funghi da ceppo, funghi da serra (shiitake), carne (manzo,cinghiale, daino, capriolo, cervo), foglie di the.

Per quanto riguarda il consumo, nella prefettura di Fukushima continuano a valere le restrizioni per vegetali a foglia larga (tipo spinaci), per i vegetali diversi da quelli a foglia larga (tipo cavolo, broccoli e cavolfiori), funghi da ceppo e selvatici, pesce tipo (sand lance) e per la carne di cinghiale.

### **Azioni di recupero del territorio**

Il 26 agosto il Parlamento giapponese ha approvato la Legge riguardante i provvedimenti speciali concernenti l'inquinamento radioattivo. Tale legge, entrata in vigore dal 1 gennaio 2012, è il principale strumento adottato dal Governo giapponese per fronteggiare la fase di recupero del territorio nelle aree colpite dalla contaminazione radioattiva. Questa stabilisce l'attribuzione dei ruoli e delle responsabilità tra le istituzioni coinvolte (principalmente il Governo centrale, le Prefetture e i Comuni) ed identifica il ruolo di tutte quelle componenti sociali ed economiche che devono essere coinvolte nei processi decisionali; inoltre, definisce le linee guida per il monitoraggio radiologico, la decontaminazione e la gestione dei rifiuti radioattivi, nonché la distribuzione delle risorse finanziarie.

Sempre il 26 Agosto il Centro Operativo del Governo per l'emergenza nucleare ha reso nota la strategia per la definizione degli interventi di decontaminazione nei territori colpiti dalla ricaduta radioattiva.

Nella Strategia vengono definiti gli obiettivi, le responsabilità e le metodologie di gestione delle operazioni di decontaminazione. In particolare, sono stati definiti gli obiettivi generali e specifici che le attività di decontaminazione devono raggiungere nel medio e nel lungo termine:

- obiettivi generali della decontaminazione è quello di scendere ad un livello di dose inferiore a 20 mSv all'anno per quelle aree dove la contaminazione iniziale è superiore a tale soglia;
- mentre per le aree in cui l'esposizione iniziale è compresa fra 1 e 20 mSv, le attività di decontaminazione devono garantire la riduzione delle dosi annue a valori quanto più prossimi a 1 mSv;
- gli obiettivi a medio termine riguardano la riduzione del 50%, nell'arco temporale di due anni, dei livelli di esposizione iniziali; si stima che tale riduzione sia dovuta per l'80% a fattori naturali (decadimento radioattivo e effetti degli agenti atmosferici) e per il 20% a seguito delle attività di decontaminazione;
- inoltre, con riferimento alla maggiore radiosensibilità dei bambini, le strategie di decontaminazione si propongono la riduzione prioritaria dei livelli di esposizione in quelle aree ed ambienti frequentati da questi ultimi (come parchi gioco e scuole); l'obiettivo è quello di raggiungere in un arco di tempo di due anni, una riduzione del 60% dei livelli di esposizione iniziali; in questo caso si prevede che il contributo dovuto alle attività di decontaminazione sia del 33% della riduzione totale.

Il Governo centrale è responsabile delle attività di decontaminazione ed esse vengono condotte in collaborazione con le Prefetture e i Comuni. In particolare, nelle aree in cui l'esposizione è inferiore a 20 mSV (cioè al di fuori delle zone di evacuazione), è affidato ai Comuni il compito di presentare ed implementare i Piani di decontaminazione, con l'assistenza del Governo e con il coinvolgimento della popolazione residente. Le attività di decontaminazione riguarderanno anche aree in cui l'esposizione è uguale o minore di 1mSv. In questo caso la decontaminazione potrà riguardare punti isolati come grondaie, fossati in cui si potrebbero riscontrare livelli maggiori di esposizione. A supporto delle attività previste per i Comuni, il Centro operativo del Governo per l'emergenza nucleare ha pubblicato le linee guida che definiscono i criteri per l'implementazione dei piani di intervento, i metodi di decontaminazione utilizzati per

ogni tipologia di territorio (boschi, strade, case e giardini, scuole, terreni agricoli, ecc.), le operazioni di base per la sicurezza degli operatori e dei cittadini che effettuano le attività di decontaminazione, i criteri per lo stoccaggio dei materiali provenienti dalla decontaminazione e per l'implementazione di siti di stoccaggio temporaneo.

Quanto sopra è oggetto di un progetto pilota avviato per dimostrare quali tecnologie possano applicarsi valutandone l'efficacia, la sicurezza operativa, i costi e la produzione di rifiuti radioattivi.

Il progetto è stato condotto in 19 siti di 12 comuni all'interno delle diverse tipologie aree di evacuazione, per un totale di 221 ha: comuni di Minamisoma, Kawamata, Namie, Iitate, Tamura, Futaba, Tomioka, Katsurao, Hirono, Okuma, Naraha, Kawauchi. Tali località presentano differenze nei componenti del territorio (foreste, terreni agricoli, edifici, strade, parchi giochi, etc.) e nei livelli della contaminazione ambientale (da dosi annue superiori a 100 mSv, fino ad aree con livelli di esposizione annua compresi tra 5 e 20 mSv).

Nel settembre 2011 si sono conclusi gli studi condotti dal Ministero dell'Agricoltura, delle Foreste e della pesca che hanno consentito di individuare e sviluppare le tecnologie di decontaminazione più appropriate per il suolo agricolo e per le aree forestali.

Fra il 7 e il 15 ottobre un gruppo internazionale di 12 esperti ha partecipato alla Missione investigativa della IAEA sulle attività recupero del territorio svolte dal Governo Giapponese. Tale missione si inquadra nell'ambito delle azioni di supporto che la IAEA svolge su richiesta del Governo Giapponese. La IAEA ha dato dei suggerimenti e dei consigli al fine di migliorare lo svolgimento di tali attività.

Nello scorso dicembre, il Ministero della Difesa, in cooperazione con il Ministero dell'ambiente ha condotto attività di decontaminazione negli uffici municipali di 4 città all'interno della prefettura di Fukushima (città Iitate, Namie e Tomioka, Naraha).

Per quanto riguarda gli edifici scolastici il MEXT e il Ministero della Salute (MHLW) hanno fissato l'obiettivo di limitare l'esposizione annuale all'interno di questi edifici a 1mSv l'anno. Le attività di decontaminazione sono state condotte dalla JAEA che si è occupata anche della decontaminazione delle piscine scolastiche. Inoltre il MEXT ha distribuito dosimetri ad integrazione in ogni scuola nella prefettura di Fukushima.

Il 26 gennaio 2012 il Ministero dell'ambiente ha pubblicato la "Road map of environmental remediation activities" con cui è stato delineato il programma delle attività di recupero del territorio, che devono essere implementate in particolare nelle aree incluse nelle zone di accesso interdetto e di evacuazione programmata al fine di una loro ridefinizione. (vedi paragrafo "Misure protettive"). Le attività previste saranno condotte secondo il seguente schema:

- Identificazione dei proprietari dei siti (case, terreni) da recuperare;
- Organizzazione di incontri pubblici per informare la popolazione sulle attività di recupero;
- Richiesta dell'autorizzazione all'accesso ai proprietari dei siti (case, terreni) per l'esecuzione delle attività di monitoraggio radiologico;
- Esecuzione delle attività di monitoraggio radiologico sui siti;
- Identificazione della migliore strategia di intervento per il recupero ambientale dell'area;
- Richiesta dell'autorizzazione ai legittimi proprietari dei siti (case, terreni) prima di iniziare le attività di recupero;
- Attuazione interventi di recupero;
- Monitoraggio radiologico per la conferma dell'efficacia dell'azione di recupero ambientale;
- Comunicazione dei risultati ottenuti ai proprietari dei siti.

Il programma avrà termine secondo le scadenze riportate nella Tabella 4.

<b>Dose annua</b>	<b>Completamento delle attività di recupero ambientale</b>
1-5 mSv	Marzo 2014
5-10 mSv	Marzo 2013
10-20 mSv e scuole >5mSv	Dicembre 2012
20-50 mSv	Marzo 2014
>50 mSv	Verrà condotto un progetto dimostrativo in base alle cui risultanze sarà decisa la miglior strategia di recupero

Tabella 4: tempi di completamento della attività di recupero ambientale in funzione delle dosi iniziali associate a ciascuna area

Nella Road Map viene specificato che i Comuni dovranno, entro la fine marzo 2012, completare l'elaborazione dei piani esecutivi per gli interventi ambientali. In questa fase, le priorità che i Comuni hanno riguardano l'individuazione dei siti appropriati per il temporaneo immagazzinamento dei materiali rimossi (suolo, asfalto, ecc) (vedi nel seguito) e l'organizzazione delle risorse umane necessarie a condurre le attività di recupero.

Per quanto concerne la gestione dei rifiuti radioattivi prodotti nel corso degli interventi per la decontaminazione dell'ambiente, la strategia nazionale prevede la realizzazione di depositi temporanei nei diversi comuni ove sono implementati i piani di decontaminazione. Per questi siti si un immagazzinamento dei materiali per tre anni. Successivamente i materiali contaminati dovranno essere fatti confluire nel deposito per lo stoccaggio ad interim che sarà realizzato nella prefettura di Fukushima. In questo impianto, i rifiuti radioattivi dovranno permanere per un periodo di 30' anni prima di poter essere conferiti al deposito nazionale di smaltimento definitivo al di fuori della prefettura (vedi figura 27).



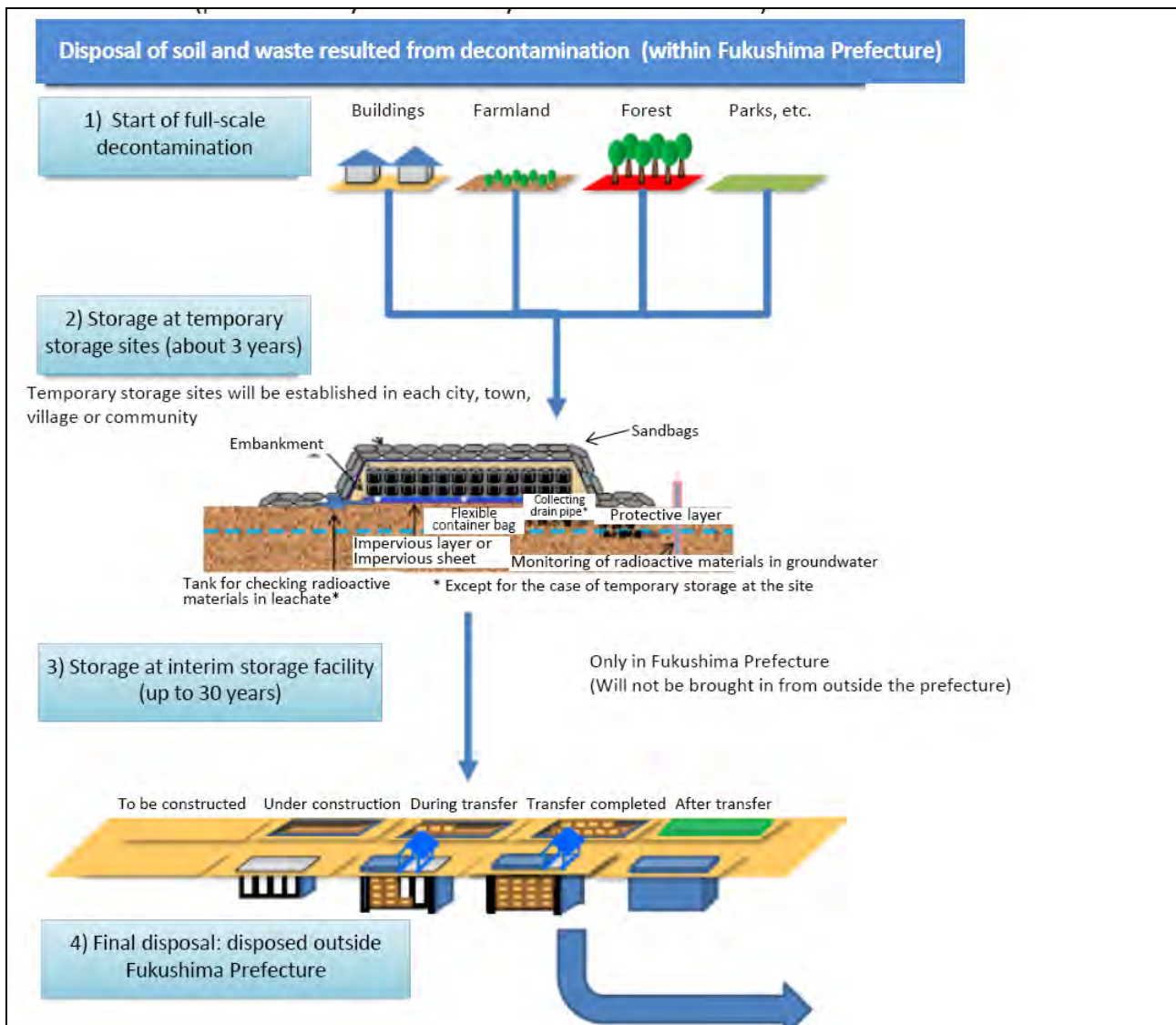


Figura 27: Diagramma di flusso, predisposto dal Ministero dell' Ambiente Giapponese dell' immagazzinamento del suolo e dei rifiuti derivanti dalle attività di decontaminazione

### Azioni internazionali post Fukushima – Stress test

Le azioni internazionali a valle dell'evento di Fukushima si sono concretizzate in Europa, prima di tutto, nel sottoporre gli impianti esistenti nel territorio europeo a Stress Test. Questo vuol dire che gli esercenti dei vari impianti sono stati sollecitati a valutarne l'attuale livello di sicurezza, nonché la capacità di fronteggiare eventi sul tipo di quelli messi in evidenza dall'incidente del 12 Marzo 2011, identificando i possibili miglioramenti per assicurare questa capacità. I rapporti prodotti dagli esercenti sono stati a loro volta esaminati e valutati dalle autorità di sicurezza nucleare dei rispettivi paesi, le quali hanno a loro volta prodotto rapporti nazionali che sono stati infine sottoposti ad una *peer review* internazionale, attualmente in corso. Non meno importate il fatto che molti dei miglioramenti concreti individuati sono già in corso d'attuazione, là dove potevano essere realizzati a breve termine, mentre per quelli che richiedono una progettazione e una fase di realizzazione più consistente se ne prevede la realizzazione entro 4, 5 anni. All'esercizio hanno partecipato tutti i paesi dell'Unione Europea, nonché l'Ucraina e la Svizzera in quanto interessate ad avere un livello di sicurezza comparabile con quello esistente nell'Unione Europea. L'Italia non ha impianti in esercizio ma partecipa alla *peer review* internazionale, indirizzandosi in particolare sugli

impianti dei paesi limitrofi (Francia, Svizzera, Slovenia). L'esercizio degli Stress Test è stato condotto secondo precise specifiche elaborate dall'ENSREG, il gruppo dei regolatori dei vari stati membri dell'Unione Europea. L'esercizio prevedeva tre temi principali da sviluppare: il primo concernente gli eventi naturali esterni, sostanzialmente terremoto e inondazione, che possono minacciare un impianto, il secondo concernente gli effetti di una perdita totale (esterna e interna) dell'alimentazione elettrica e/o di una perdita del pozzo ultimo di calore., mentre il terzo era rivolto alla gestione di una condizione di incidente severo, quella cioè che segue ad un danneggiamento severo del nocciolo del reattore. Per gli eventi esterni si richiedeva non solo di verificare quale era il livello di severità a fronte del quale l'impianto era stato progettato e le relative basi regolatorie ma anche di determinare il cliff edge e cioè il livello in corrispondenza del quale il danno, all'impianto così come concepito attualmente, ha conseguenze irreversibili che conducono cioè agli eventi considerati dal secondo tema o comunque allo sviluppo di un incidente severo. Lo scopo di questa valutazione è evidentemente quello di definire le condizioni di progetto alle quali devono soddisfare gli eventuali miglioramenti messi in luce dallo sviluppo del secondo e del terzo tema.

I risultati della *peer review* internazionale saranno finalizzati nei prossimi mesi attraverso una serie di visite in situ che permetteranno di approfondire gli aspetti principali messi in luce dal lavoro svolto finora, che quindi deve intendersi come preparatorio a questa fase finale.

Come risultato preliminare si può osservare che gli esercenti, sollecitati dalle rispettive autorità di sicurezza nucleare, hanno cercato, nella maggioranza dei casi, di mettere a punto un complesso di mezzi d'emergenza atti a rendere disponibile all'impianto una alimentazione elettrica alternativa, per esempio diesel mobili d'emergenza, e una possibilità ulteriore di smaltimento del calore, per esempio sistemi alternativi di pompaggio, che siano comunque in grado di evitare o quanto meno contenere la genesi di un incidente severo e renderne praticabile la gestione. In particolare, l'orientamento è quello di raggruppare questi mezzi d'emergenza in un edificio dell'impianto progettato per resistere agli stessi eventi esterni che possono aver provocato la perdita dell'alimentazione elettrica o la perdita del pozzo ultimo di calore, oppure in un edificio protetto ad una distanza ragionevole dal sito. Questo comporterà tuttavia che debba essere garantita l'accessibilità a punti nevralgici dell'impianto da parte di questi mezzi, anche nelle condizioni che hanno determinato l'eventuale incidente. Di qui la necessità di investigare queste cause e di verificare i margini esistenti: l'efficacia dei mezzi d'emergenza dipende infatti anche dallo stato in cui l'impianto, cui devono essere applicati, viene a trovarsi dopo l'evento.