

## Aggiornamento N° 5 - Fukushima – Situazione radiologica e ambientale

### Aggiornamento al 9 giugno 2011

#### La dispersione nell'ambiente

##### Situazione entro la recinzione degli impianti

Fin dall'inizio degli eventi incidentali sono state fatte misurazioni in alcuni punti significativi entro la recinzione degli impianti di Fukushima che hanno evidenziato valori anche elevati di ratei di esposizione per irradiazione da sommersione e dal suolo. In particolare si sono evidenziati dei picchi di esposizione dopo gli eventi esplosivi. (Figura 1).

Detti valori in particolare nei punti di misura 5 e 6 hanno raggiunto e a volte superato i 10 mSv/h per periodi di tempo limitati. La NISA (Ente di controllo giapponese) il 14 marzo ha indicato il valore di 12 mSv/h al bordo della recinzione, sceso a 3,4 mSv/h il 16 marzo, fino a cadere a 0,65 mSv/h nelle 13 ore successive sempre nello stesso punto e il 24 marzo era circa 0,2 mSv/h.

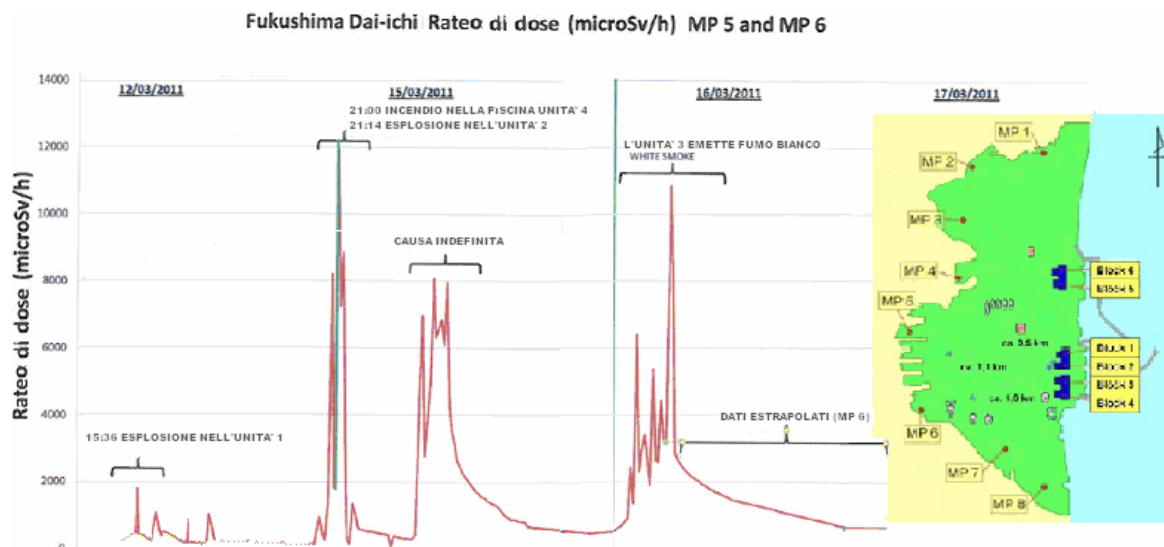


Figura 1 – Rateo di dose in punti di misura entro la recinzione dell'impianto

L'IAEA ha indicato che 15 marzo i livelli di esposizione in aria hanno raggiunto un picco di 400 mSv/hr in prossimità dell'unità 3, ma poi si sono stabilizzati a livelli decisamente inferiori e tali da consentire al personale di proseguire le attività di ripristino. Questa costante decrescita si è mantenuta e il 4 aprile il rateo di dose aveva raggiunto 0,12 mSv/h nel punto di misura più alto. Il 17 aprile il rateo di dose negli otto punti di monitoraggio ai bordi del sito andava da 0,01 fino a 0,19 mSv/h.

L'esposizione gamma presente nel sito in vicinanza dell'unità n.3 è diminuita notevolmente quando si è ripristinato il livello d'acqua nella piscina, che ospita 1331 elementi di combustibile "esauriti".

Va rilevato che anche nei giorni successivi i più alti livelli di esposizione erano dovuti alle macerie cadute sul sito dopo le esplosioni avvenute a causa dell'idrogeno. In particolare alcuni residui, specialmente dell'unità 3, sono responsabili di un rateo di dose fino a 300 mSv/h, mentre altri rottami comportavano esposizioni di 30-40 mSv/h. La maggior parte delle macerie vengono rimosse utilizzando macchine di "movimentazione terra" opportunamente schermate e macchinari pesanti a controllo automatizzato. I ratei di dose stanno riducendosi e nei punti più "caldi" si raggiungono valori dell'ordine di 100  $\mu$ Sv/h.

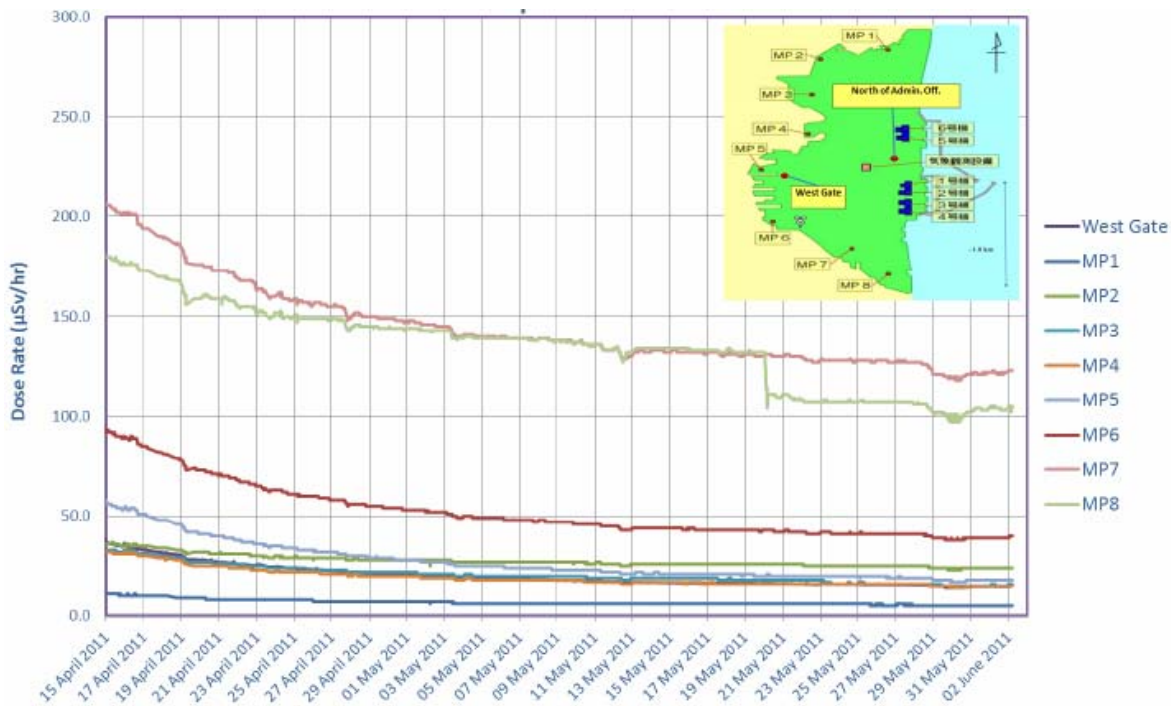


Figura 2 – Andamento del rateo di dose nella la recinzione dell'impianto

### Situazione al di fuori della recinzione degli impianti

Anche i ratei di dose riscontrati al di fuori della recinzione degli impianti, dopo i picchi di 0,02-0,03 mSv/h dei giorni 13-15 marzo, rilevati soprattutto nella prefettura di Fukushima, sono scesi a valori, che in molte zone sono praticamente indistinguibili dal fondo naturale. Questa rapidità di decrescita starebbe ad indicare che i radionuclidi maggiormente responsabili siano stati proprio i radioisotopi dello iodio. Il 4 aprile, a Fukushima, 65 km a nordovest degli impianti, sono stati misurati 0,06 mSv/giorno (circa 22 mSv/a in costanza di permanenza della radioattività presente) valore certamente più alto del valore di fondo, ma senza alcun rischio a giudizio dell'Autorità giapponese, la quale, a metà aprile, ha fissato nelle aree di ricreazione pubblica il valore di 3,8  $\mu$ Sv/h (pari a 0,09 mSv/giorno).

Mediamente, nella maggior parte del Giappone i valori di esposizione misurati risultano inferiori a 0,0001 mSv/h, inferiori a quelli riscontrabili in molte località italiane a causa della radiazione di fondo. Solo nelle province adiacenti a quella di Fukushima i valori misurati sono di circa 0,001 mSv/h pari ad una dose annuale (se questo livello venisse mantenuto per un anno) di circa 9 mSv. Vi è in ogni caso una regione di territorio, maggiormente interessata dai venti e dalla pioggia durante i fenomeni esplosivi, che ha subito contaminazioni più elevate.

Vengono tenuti sotto controllo alcuni punti fissi di monitoraggio, che nel tempo mostrano evidente il decremento continuo dei ratei di dose (Figura 3).

I valori di esposizione e di contaminazione radioattiva rilevati sul territorio sono per lo più ottenuti da ricognizioni aeree; è recentemente partito il programma del ministero della scienza per ottenere misure più attendibili mediante prelievi di terreno (fino a pochi centimetri di profondità) con l'ausilio di 80 esperti di 35 università. A tal fine il territorio è stato suddiviso in settori di appropriate dimensioni per avere una mappa significativa della dispersione superficiale, che il ministero si è riproposto di diffondere nel prossimo mese di agosto.

### Andamento cronologico del rateo di dose in punti fissi (oltre la zona di 20 km da Fukushima Dai-ichi NPP)

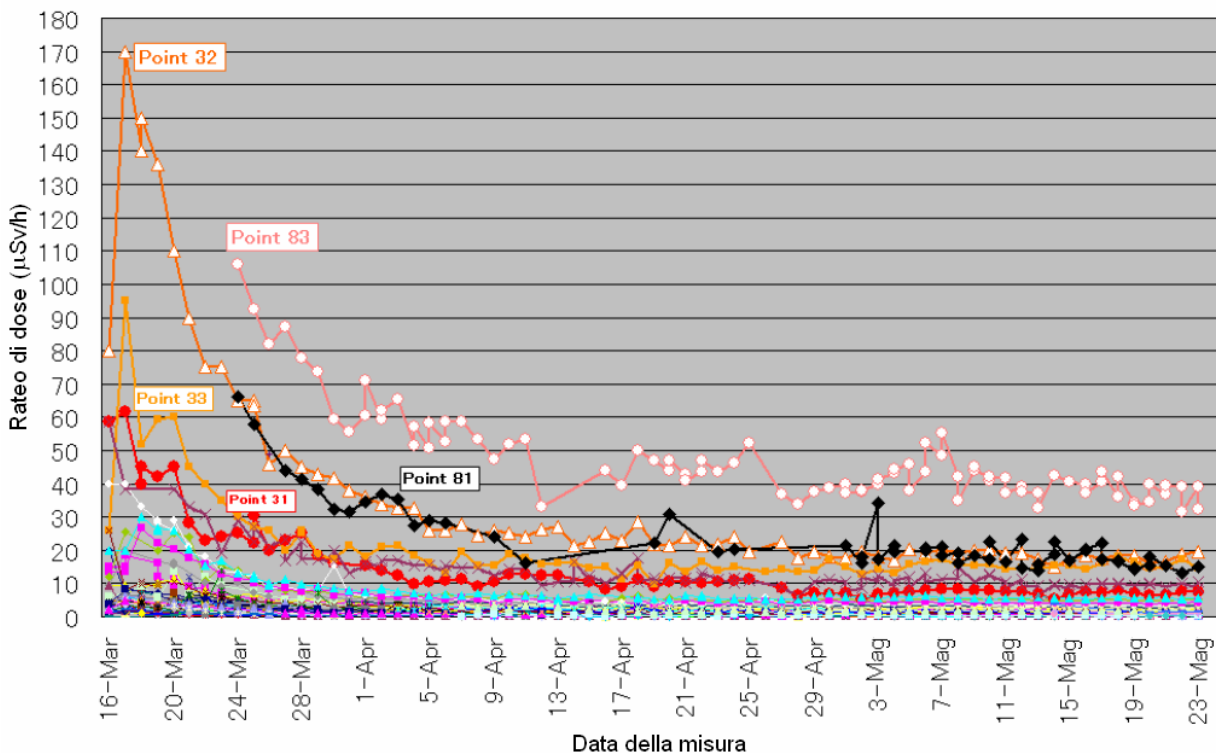


Figura 2 – Andamento temporale del rateo di dose in punti fissi di misura.

A Tokio praticamente i livelli di esposizione coincidono con quelli del fondo naturale.

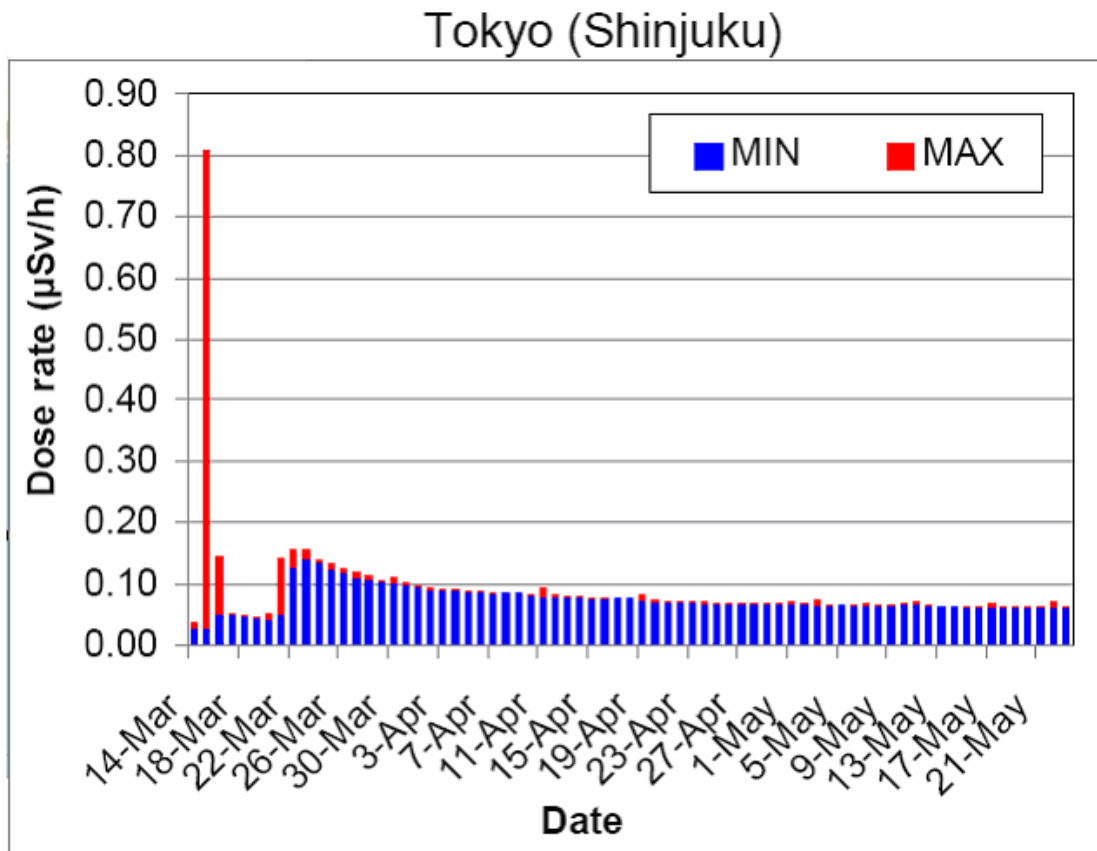


Figura 3 – Ratei di dose a Tokio

#### *Il rilascio in aria*

Il rilascio di radioattività all'esterno dei reattori 1, 2 e 3 è stato dell'ordine di alcune centinaia di migliaia di TBq di I131 equivalente, quindi superiore al limite convenzionalmente adottato per la classificazione a livello 7 della scala INES; la dispersione in aria ha riguardato praticamente solo iodio radioattivo (in particolare I131) e Cesi (Cs134 e Cs137). Attualmente la contaminazione in aria è trascurabile, e per i tre radionuclidi (I131, Cs 134 e Cs 137) si misura in alcune "unità" per metro cubo.

Fin dall'11 marzo, prima della prima esplosione, sono state disposte, da una parte, la distribuzione di iodio stabile, e dall'altra l'evacuazione della popolazione inizialmente entro 3 km di raggio poi, il giorno dopo, fino a 20 km dal sito degli impianti, con la raccomandazione di restare al chiuso nei successivi 10 km (in tale area successivamente è stata anche adottata la misura di evacuazione per le persone al di sotto dei 40 anni). La raccomandazione di assumere lo iodio stabile (le pillole e lo sciroppo (per i bambini) erano stati pre-posizionati nei centri di raccolta per gli evacuati) e quella di astenersi dal consumo del latte è stata data il giorno 16 marzo.

#### *Il rilascio in acqua*

La contaminazione dell'acqua marina merita considerazioni a parte per la singolare modalità del suo verificarsi, non ancora del tutto chiarito. Si è verificato infatti che acqua fortemente contaminata (130 MBq/cm<sup>3</sup> di I 131 e 2,3 MBq/cm<sup>3</sup> di Cs 137), comportante un rateo di dose di 1 Sv/h in superficie, dall'1 al 6 aprile si è riversata in mare. Dopo vari tentativi, una colata di "vetro fuso" ha

richiuso la falla, ma circa 520 m<sup>3</sup> di acqua, fuoriusciti dal contenimento del reattore dell'unità 2 e contenenti circa 4,7·10<sup>15</sup> Bq di attività, sono defluiti nell'oceano.

In prossimità della zona di immissione nel mare, al 31 marzo, la concentrazione di I 131 è risultata di circa 200 Bq/cm<sup>3</sup> e quella del Cs 137 di circa 80 Bq/cm<sup>3</sup>, valori indubbiamente ben superiori a quelli stabiliti per la formula di scarico nel normale esercizio d'impianto.

Dal 5 aprile viene effettuato un campionamento giornaliero in 6 punti a 15 km dalla costa e i livelli di contaminazione rilevati hanno variato da 5,7·10<sup>-2</sup> a 2·10<sup>-1</sup> Bq/cm<sup>3</sup> per lo I-131 e 1,8·10<sup>-2</sup> – 3,2·10<sup>-1</sup> Bq/cm<sup>3</sup> per il Cs-137. Tali valori vanno confrontati con i valori di riferimento che sono: 4·10<sup>-2</sup> Bq/cm<sup>3</sup> per lo I131, 6·10<sup>-2</sup> Bq/cm<sup>3</sup> per il Cs 134 e 9·10<sup>-2</sup> Bq/cm<sup>3</sup> per il Cs 137.

Nel periodo 9-11 maggio si è verificato un ulteriore sversamento in mare di acqua contaminata proveniente dall'unità 3. La radioattività totale immessa nell'oceano da questa ulteriore perdita è stata di 8,5·10<sup>11</sup> Bq di I131, di 9,3·10<sup>12</sup> Bq di Cs 134 e di 9,8·10<sup>12</sup> di Cs 137. Per prevenire ulteriori rilasci in mare di acque contaminate sono state infisse nel terreno lastre metalliche e sono state disposte barriere con sacchi di zeoliti (che trattengono i radionuclidi in questione) . Le stime ad oggi effettuate portano a valutare l'immissione in mare di 4,7x10<sup>15</sup> Bq di attività. La concentrazione, al punto di scarico dell'unità 2, dal valore di 5x10<sup>5</sup> Bq/cm<sup>3</sup> di I131 e 1,1x10<sup>5</sup> Bq/cm<sup>3</sup> per Cs134 e Cs 137 si è portata a 2x10<sup>2</sup> e a 8 Bq/cm<sup>3</sup> rispettivamente per lo I131 e per i cesi.

La decrescita della contaminazione marina è meglio evidenziabile dalle misure effettuate nell'acqua del molo antistante i reattori di Fukushima Dai-ichi. (Figura 4)

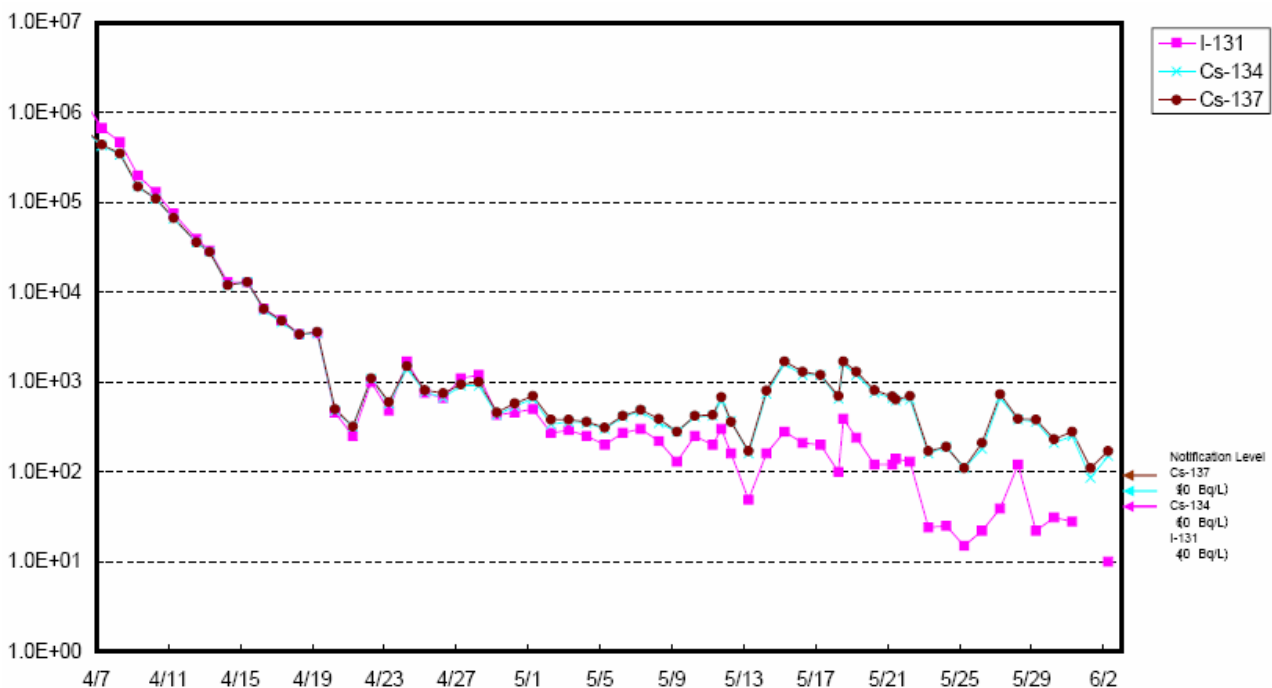


Figura 4 – Andamento della concentrazione nell'acqua del molo di Fukushima

### La contaminazione delle matrici ambientali

Nel periodo più critico sono stati esaminati numerosissimi campioni provenienti dalle 12 prefetture più interessate dalla contaminazione, di questi solo un numero abbastanza limitato è risultato al di

sopra del limite di 500 Bq/kg consentito dalla normativa giapponese per il Cesio (134/137) (per avere un'idea della dose: un bambino che mangiasse 1 kg di pesce contaminato a questo livello accumulerebbe una dose (cosiddetta "dose efficace impegnata") di 0,09  $\mu$ Sv nel corso della vita). Nella prefettura di Fukushima permangono comunque in vigore le restrizioni sulla distribuzione e consumo dei vegetali a foglia larga, di altri vegetali (rape, cavoli, funghi, etc.) e del latte. I provvedimenti di divieto per il consumo e la distribuzione però cominciano ad esser revocati in alcune zone e per alcune matrici alimentari. Per quanto riguarda l'acqua potabile solo tre dei campioni prelevati in 47 prefetture hanno indicato valori superiori ai limiti di rivelabilità per lo iodio 131: i valori riscontrati sono stati pari a 0,14; 0,16 e 0,54 Bq/Kg; solo nel villaggio di Iitate nella prefettura di Fukushima l'acqua risulta ancora bandita e il divieto di consumo riguarda solo i bambini (per i quali vi è il limite di 100 Bq/L).

## **Gli aspetti sanitari**

### *Popolazione*

Come già rilevato la disposizione di evacuazione ha portato fuori dell'area maggiormente interessata dai rilasci la popolazione, Al contrario di quanto è avvenuto in occasione dell'incidente di Chernobyl la popolazione non ha quindi ricevuto soprattutto la dose alla tiroide sia in grazia dell'evacuazione, come anche dell'assunzione di iodio stabile. Numerose squadre di intervento hanno eseguito misure individuali per rilevare i livelli di contaminazione umana.

In particolare le squadre di intervento hanno misurato, mediante rivelatori Geiger, la contaminazione superficiale (nella realtà limitata al vestiario) di alcune centinaia di migliaia di individui della popolazione; solo in un centinaio di questi sono stati misurati più 100000 cpm (colpi per minuto), valore considerato come livello di intervento, cioè valore per l'attuazione della procedura di decontaminazione con doccia. Però dopo rimozione degli indumenti, e soprattutto delle scarpe, i livelli di contaminazione sono risultati ben inferiori al limite di intervento e pertanto tali soggetti sono stati rassicurati circa l'assenza di qualsiasi conseguenza sanitaria.

Le misure di radioattività presente in tiroide, soprattutto di bambini, sono state condotte dalle squadre mediante rivelatori direzionali ed hanno riguardato qualche migliaio di bambini delle zone più contaminate da iodio. Le misure hanno fornito valori che, stimati in dose equivalente impegnata, sono risultati inferiori a 0,2  $\mu$ Sv, cioè di nessun significato sanitario.

Ai primi di giugno, i valori di esposizione riscontrati nelle varie prefetture risultano misurabili in frazioni di microsievert (minori di 0,09  $\mu$ Sv/h), ad eccezione della prefettura maggiormente interessata, quella di Fukushima, dove si registrano valori di picco di circa 1,6  $\mu$ Sv/h. (Figura 5)

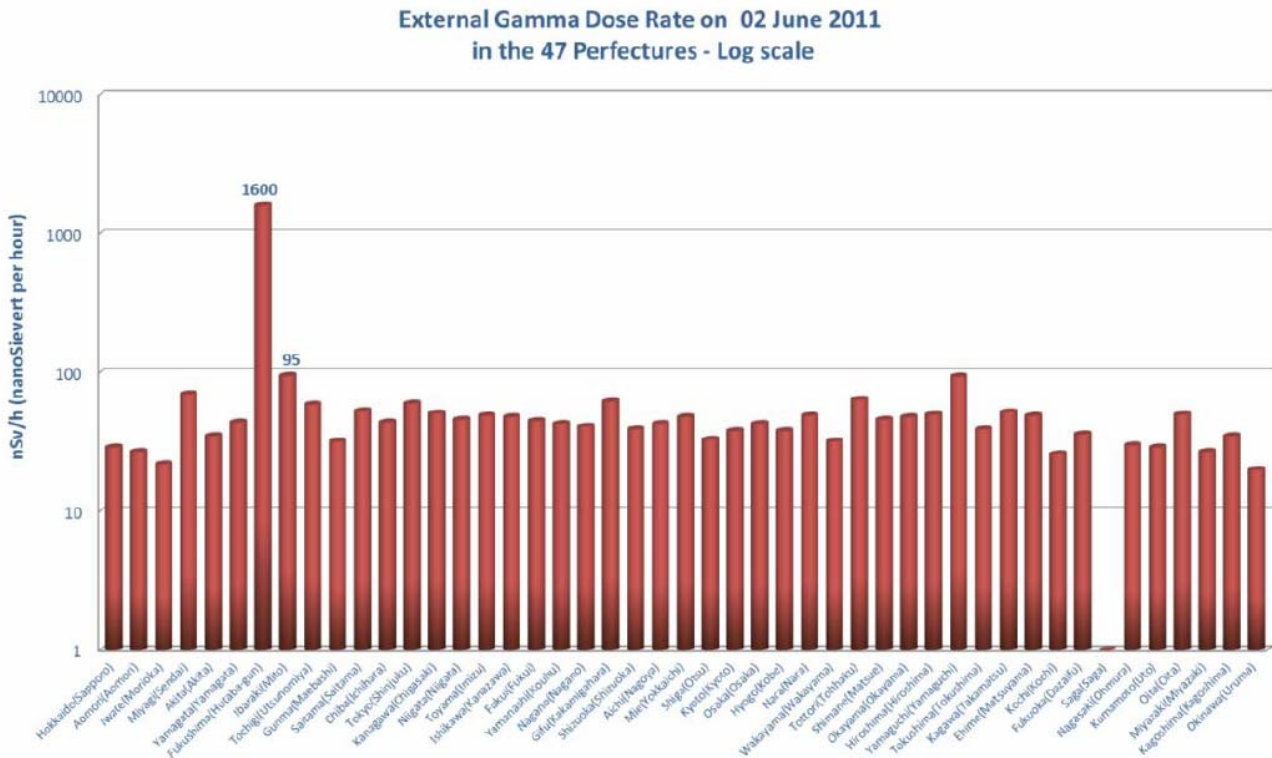


Figura 5 - Valori di rateo di dose rilevati nelle varie prefetture.

È difficile pensare che, stante la situazione descritta, la popolazione possa aver ricevuto dosi tali da comportare timori circa i temuti effetti sanitari a lungo termine, trattandosi di dosi che, con le stime più pessimistiche, difficilmente supereranno quelle riscontrabile in zone terrestri ad alto fondo.

### Lavoratori

Le conseguenze sanitarie, che fino ai primi di giugno hanno interessato i lavoratori possono essere definite sicuramente modeste. Alle esposizioni anomale già indicate nel precedente aggiornamento, possono aggiungersi le seguenti situazioni:

- alcuni lavoratori in condizioni di stress sono stati ricoverati e, dopo un periodo di osservazione, dimessi senza alcun intervento sanitario dagli ospedali;
- due lavoratori sono stati esposti a livelli di dose superiori al limite di 250 mSv posto dall'organo di controllo. Secondo valutazioni dell'istituto di radiologia giapponese il primo operatore, di 30 anni, avrebbe ricevuto una dose interna compresa tra 210 e 580 mSv, mentre l'altro, di 40 anni, una dose compresa tra 200 e 570 mSv. A questi valori si sono sovrapposte dosi esterne rispettivamente di 74 e di 89 mSv. La dose più elevata comunque riguarda la tiroide;
- alcuni operatori (11) sono andati incontro a un colpo di calore a causa del caldo e soprattutto delle tute e degli altri dispositivi di protezione. Due sono stati ricoverati in ospedale, dove sono stati sottoposti a reidratazione. È una situazione che con l'aumentare della temperatura stagionale potrebbe comportare altri eventi analoghi;

- Due operatori si sono sentiti male e sono stati trasportati in ospedale: nessun problema radiologico;
- un operatore è scivolato nell'edificio trattamento rifiuti ed è stato ricoverato.

E' doveroso esprimere il riconoscimento a tutto il personale operativo per lo spirito di sacrificio, per la dedizione e per l'impegno posti nell'affrontato senza remore e timori il rischio personale al fine di ottenere un risultato che all'inizio degli eventi era decisamente insperato.

### **La Situazione fuori del Giappone e in Italia**

Nei paesi dell'est asiatico, soprattutto in Cina e nell'estrema propaggine russa, si temevano ricadute significative dell'incidente giapponese. Ma ad oggi non si ha notizia di particolari rilevamenti di radioattività nei loro territori. L'unico effetto che Fukushima ha determinato in detti paesi è stato il bando del commercio di prodotti ittici e vegetali con il Giappone, fatto anche questo che si va attenuando.

Per quanto riguarda l'Europa, data la limitata altezza di rilascio, sono state registrate solo insignificanti quantità di materiali radioattivi. L'alta sensibilità della strumentazione di misura ha portato a rilevare in Europa, ed anche in Italia, minuscole quantità di iodio e cesio radioattivo.

ISPRA, con le numerose centraline di rilevazione sparse su tutto il territorio nazionale, ancora seguita a monitorare l'aria e alcune matrici ambientali per rilevarne i livelli di contaminazione radioattiva. In aria sono stati rilevati valori oscillanti tra 0,03 e 1,43 mBq/m<sup>3</sup> di I 131 e tra 0,008 e 0,24 mBq/m<sup>3</sup> di Cs 137.

L'altro campionamento e misura riguarda le verdure a foglia larga; per questa matrice i valori di contaminazione riscontrati sono nell'intorno di 0,04 Bq/kg di Iodio 131 e di 0,07 di Cs 137. Viene segnalato il fatto dell'assenza di Cesio 134, il che farebbe pensare che il cesio 137 depositato rappresenti il residuo delle esplosioni nucleari sperimentali degli anni 50-60 e dei rilasci di Chernobyl. Comunque, per un riscontro di significato sanitario, i valori indicati vanno confrontati con i 2000 Bq/kg fissato come livello di riferimento in sede europea. A sua volta, questa "attività limite" per la messa al bando degli alimenti, se assunta da un adulto, comporterebbe una dose di 0,05 µSv estesa a tutta la vita: il significato sanitario è di per sé evidente, dal momento che un italiano mediamente riceve nel corso della vita una dose di oltre 200 mSv.