

SOCIETA' ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE

Workshop

Depositi radioattivi

Tutela dell'ambiente

Sicurezza delle popolazioni

nel XXI secolo

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Biblioteca Centrale

Piazzale A. Moro, 7 - Roma
5 giugno 2018
ore 15,30

Lo tsunami del 2011
L'incidente di Fukushima e le sue conseguenze

Marco Casolino
casolino@roma2.infn.it
INFN
Università di Roma Tor Vergata
RIKEN - Tokyo

Terremoto e Tsunami del Tōhoku
11-3-2011



Il terremoto

Alle 2:46 del pomeriggio dell'11 marzo 2011 un terremoto di intensità 9.0 della scala Richter colpì il Giappone.
L'epicentro era situato a circa 70 km ad est della penisola di Oshika, nella regione del Tohoku, e alla profondità di circa 29 km. e a 300 km a nord di Tokyo.
L' «Inte*To¯hoku Chiho¯ Taiheiyo -oki Jishin»,* letteralmente 'terremoto nell'oceano Pacifico della regione del nord-est' – così è stato chiamato – si è caratterizzato come il più forte mai registrato in Giappone e uno dei più intensi del globo.
La forza del sisma è stata ben al di sopra delle stime dei geologi, i quali pure si attendevano nell'area orientale del Giappone - in media ogni secolo – un terremoto di carattere devastante.

Lo tsunami

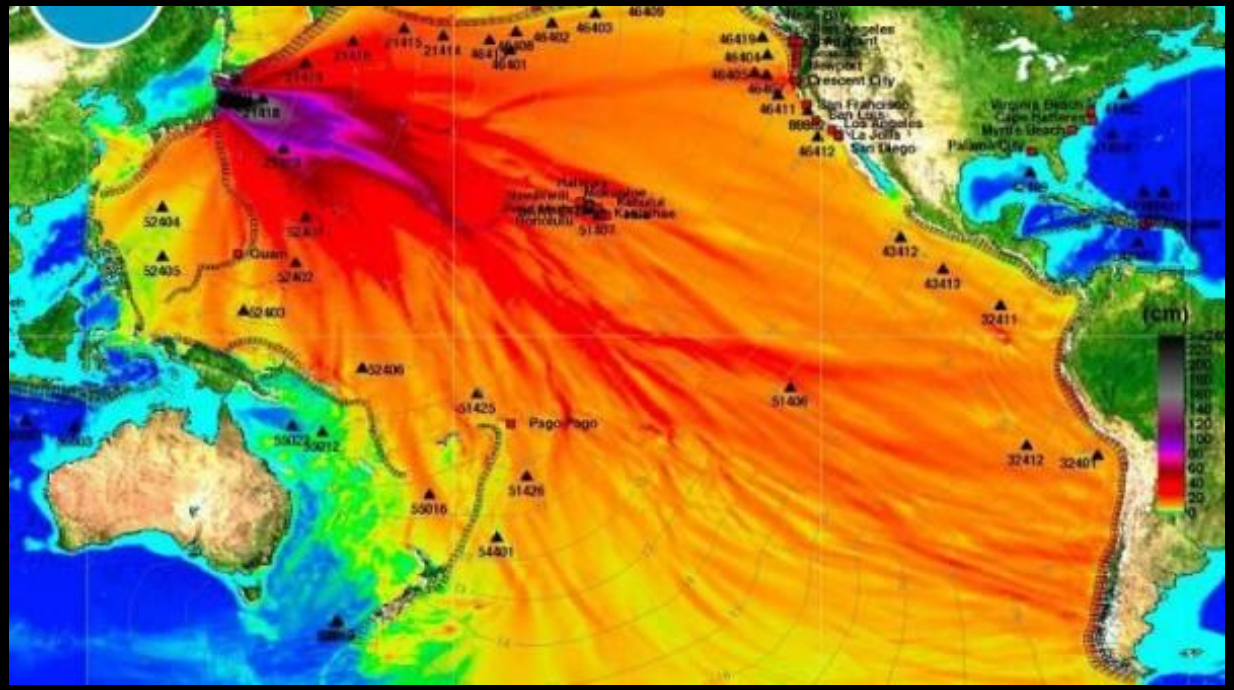
Il terremoto ha generato uno tsunami con onde alte più di 10 metri scagliatesi contro la costa ad una velocità devastante.

La centrale nucleare di Fukushima, situata sull'isola di Honshu, a 60 km dall'omonima città capoluogo , fu investita in pieno dall'ondata che superò il muro di cinta dell'impianto.

La centrale elettrica si allagò, interrompendo così l'energia occorrente a qualsiasi manovra di emergenza e protezione dei reattori.

Tuttavia non si verificò nessuna delle cosiddette «esplosioni nucleari».

La mappa (NOAA) rappresenta l’altezza delle onde dello tsunami. Le unità di misura (in cm) sono sulla scala posta a destra.



Lo tsunami a Fukushima

Lo tsunami dell'11 marzo ha causato lo spegnimento delle centrali di Fukushima I (6 reattori per un totale di 4.5GW, di cui 3 attivi al momento del terremoto) e Fukushima II (4 reattori per un totale di 4.3GW), facendo calare la produzione energetica di 6.2 GW e danneggiando irreparabilmente i reattori 1-4 per un totale di 2.7 GW.




ALLVOICES

La centrale di Fukushima

La centrale nucleare di Fukushima si trova sulla costa est del Giappone, a circa 200 km a nord di Tokyo. Nella prefettura di Fukushima furono installate due centrali nucleari, Fukushima I con sei reattori, per una potenza complessiva di 4.7 GW, e Fukushima II, a 10 km a sud, dotata di quattro reattori e una potenza di 4.4 GW.

La centrale di Fukushima II ha subito vari danni e perdite di acqua dei reattori a causa dello *tsunami* ma è stata messa in sicurezza ed è attualmente in uno stato di spegnimento freddo.
I reattori di Fukushima risalgono alla fine degli anni ’60: sono del tipo ad acqua bollente, per cui le turbine e il generatore vengono attivati dal vapore prodotto dal contatto dell’acqua con il nucleo del combustibile. Trasferito nelle turbine, il vapore è fatto condensare in un contenitore che scambia calore con un altro circuito raffreddato ad acqua, simile ad un grosso sistema di aria condizionata. All’arrivo delle prime onde sismiche i tre reattori attivi a Fukushima sono stati bloccati automaticamente dal sistema di emergenza. Questa modalità implica l’inserimento delle barre di controllo all’interno del nocciolo per assorbire i neutroni e bloccare in pochi secondi la reazione nucleare a catena.

La centrale di Fukushima

C’è da considerare che, anche in questa condizione, il nucleo rimane comunque ad alta temperatura per un lungo periodo a causa del decadimento dei prodotti delle reazioni nucleari. Anche in condizione di spegnimento un reattore continua a produrre calore con una potenza pari a circa il 6% di quella nominale.

C’è da dire, tuttavia, che questa pur minima frazione (circa 25 MW) è comunque in grado di portare alla temperatura di ebollizione circa 4 tonnellate d’acqua nell’arco di un minuto, per cui è di vitale importanza che il sistema di raffreddamento continui a funzionare continuamente, facendo circolare l’acqua anche dopo lo spegnimento del reattore.

Il terremoto aveva però sconnesso la centrale dall’alimentazione elettrica esterna, per cui rimanevano solo i generatori diesel a far circolare l’acqua nel nucleo dopo lo spegnimento dei reattori. Le onde dello *tsunami* risultarono alte oltre (14 metri): più del doppio dei frangiflutti posti davanti alla centrale (meno di 6 metri). Ad un’ora dal sisma, l’acqua allagò i locali dei generatori diesel, rendendoli inoperabili e uccidendo anche due tecnici nel reattore 4.

La centrale di Fukushima

Dei tredici generatori ne rimase in funzione solo uno: l'unico che non fosse allocato nel seminterrato, cioé quello che alimenta il reattore 6 e lo ha salvato. Gli ultimi sistemi rimasero alimentati con le batterie d'emergenza ancora per qualche ora prima di far piombare la centrale nucleare di Fukushima – uno dei luoghi in cui risultava concentrata la maggiore energia del pianeta – in una totale quanto letale oscurità. Nessuno degli scenari cui il personale della centrale era stato addestrato prevedeva la mancanza completa di elettricità. Senza corrente tutti i sensori, le valvole e i macchinari della centrale erano completamente spenti, senza che fosse possibile avere alcuna idea dello stato e della temperatura dei nuclei dei quattro reattori.

Con i sistemi di raffreddamento e ventilazione fuori uso, la temperatura dell'acqua nei reattori è salita presto sino al punto che – come in una pentola a pressione – sarebbe stato necessario far fuoriuscire parte del vapore nell'atmosfera per evitare che una pressione eccessiva nel reattore lo potesse danneggiare. Putroppo, a causa dell'alta temperatura, la quantità di acqua evaporata è stata tale da far esporre all'aria le barre di combustibile del nocciolo. Oltre a rilasciare del materiale radioattivo nell'ambiente circostante, le elevate temperature hanno probabilmente causato la fusione del nocciolo. Questa fusione non ha nulla a che fare con la *fusione nucleare* ma – come tanti bastoncini di cioccolato lasciati al sole – ha squagliato insieme le barre di combustibile, di controllo e del moderatore in un'unica massa,
rendendone estremamente difficile se non impossibile, la rimozione.
Senza acqua e con il nucleo fuso la temperatura nel reattore è salita di migliaia di gradi e il rivestimento interno di zirconio ha scisso l'acqua in idrogeno e ossigeno.*

* Vedi "*Come sopravvivere alla radioattività*", Coope
2011.



La storia non ha insegnato nulla

Da considerare che oltre 1000 anni prima, l 13 luglio 869 d.c., in quella stessa area si era registrato uno *tsunami* molto simile a quello del marzo 2011: il muro d'acqua spazzò le regioni di Fukushima e Miyagi penetrando per 4 chilometri nell'entroterra. L'evento era ben noto, ma non ne fu tenuto conto quando venne progettata la barriera frangiflutti



Altri incidenti

1995: Monju – perdita di sodio liquido.

Questo tipo di reattori
usano una miscela di combustibile uranio-plutonio
nel reattore (il MOX) e sodio liquido
al posto dell'acqua nel sistema di raffreddamento.
La perdita fu nel circuito indipendente,
per cui non ci fu fuga di radioattività.
L'agenzia semigovernativa PNC (Power
reactor and nuclear fuel development corporation)
cercò di minimizzare l'accaduto, falsificando
dati e rapporti, arrivando a censurare il video
delle riprese dei danni. Uno degli impiegati coinvolti
nella falsificazione delle carte si suicidò
quando la contraffazione venne alla luce. La moglie
dello sfortunato impiegato – che con ogni
probabilità aveva seguito ordini superiori nella
falsificazione delle carte – non crede alla ricostruzion
ufficiale e sta ancora cercando di ottenere



1995年12月8日、高速増殖炉原型炉「もんじゅ」で、配管からナトリウムが漏出した。床には大量のナトリウム化合物が積もっている＝1995年12月12日、福井県敦賀市

- 1999: Tokaimura – Criticità, troppo uranio in una vasca diede inizio ad una reazione nucleare. 2 morti e 600 dipendenti esposti
- 2002: falsificazione di documentazione della TEPCO
- 2004: 4 morti della KEPCO (per ustioni) a causa dell’acqua bollente.

Masao Yoshida

Direttore della centrale nucleare di Fukushima.

Ha salvato la centrale agendo contro gli ordini TEPCO e governo ordinando di raffreddare con acqua di mare i reattori.

Deceduto nel 2013



Il territorio dopo il ritiro delle acque


www.casolino.it

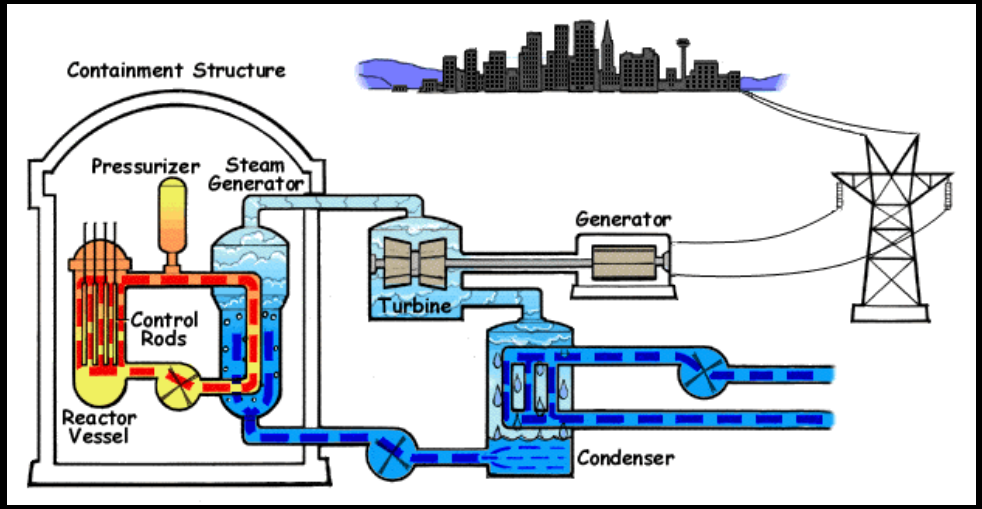




fabbisogno energetico aggravato

Il nucleare in Giappone

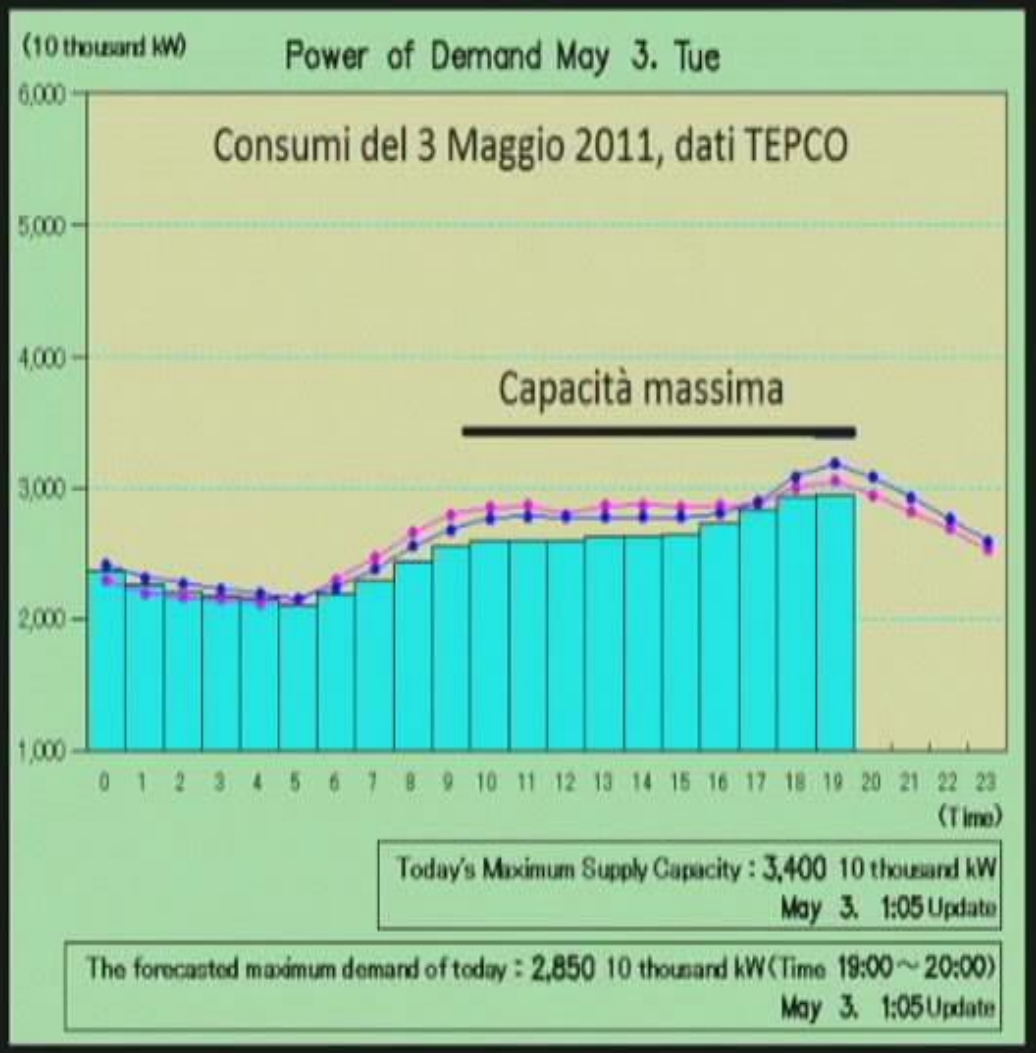
Nel 2008 il Giappone ha prodotto 1085 miliardi di kWh, per una potenza media di 123 GW. All'inizio del marzo 2011 i 55 reattori nucleari giapponesi erano in grado di fornire 47.5 GW, pari a circa il 30% della produzione di energia. L'idroelettrico fornisce il 7.5% ed il resto è ottenuto bruciando combustibili fossili.

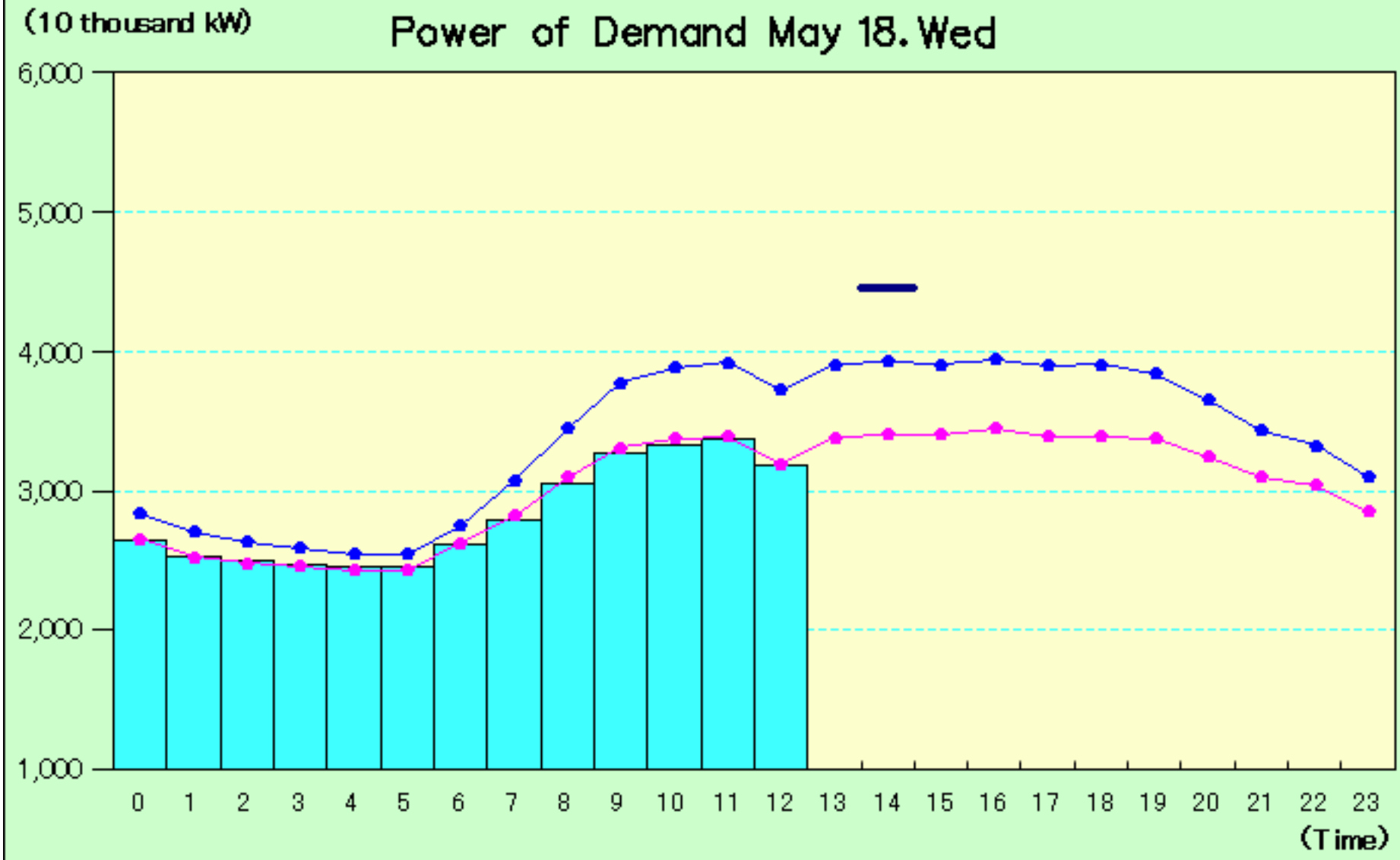


Con l'incidente di Fukushima e la chiusura di altri impianti nucleari è stato necessario ridurre i consumi di corrente del 15%

Il debito pubblico del Giappone di conseguenza è pressochè raddoppiato

Crollo della produzione energetica





Today's Maximum Supply Capacity : 4,450 10 thousand kW
May 18. 8:30 Update

The forecasted maximum demand of today : 3,400 10 thousand kW (Time 14:00 ~ 15:00)
May 18. 1:05 Update

L’evento è stato considerato imprevedibile, per cui nessuno è stato processato.

Nessuno è morto per la radiazione ma circa 600 persone sono decedute per effetto della repentina evacuazione

Molti suicidi nella regione di Fukushima

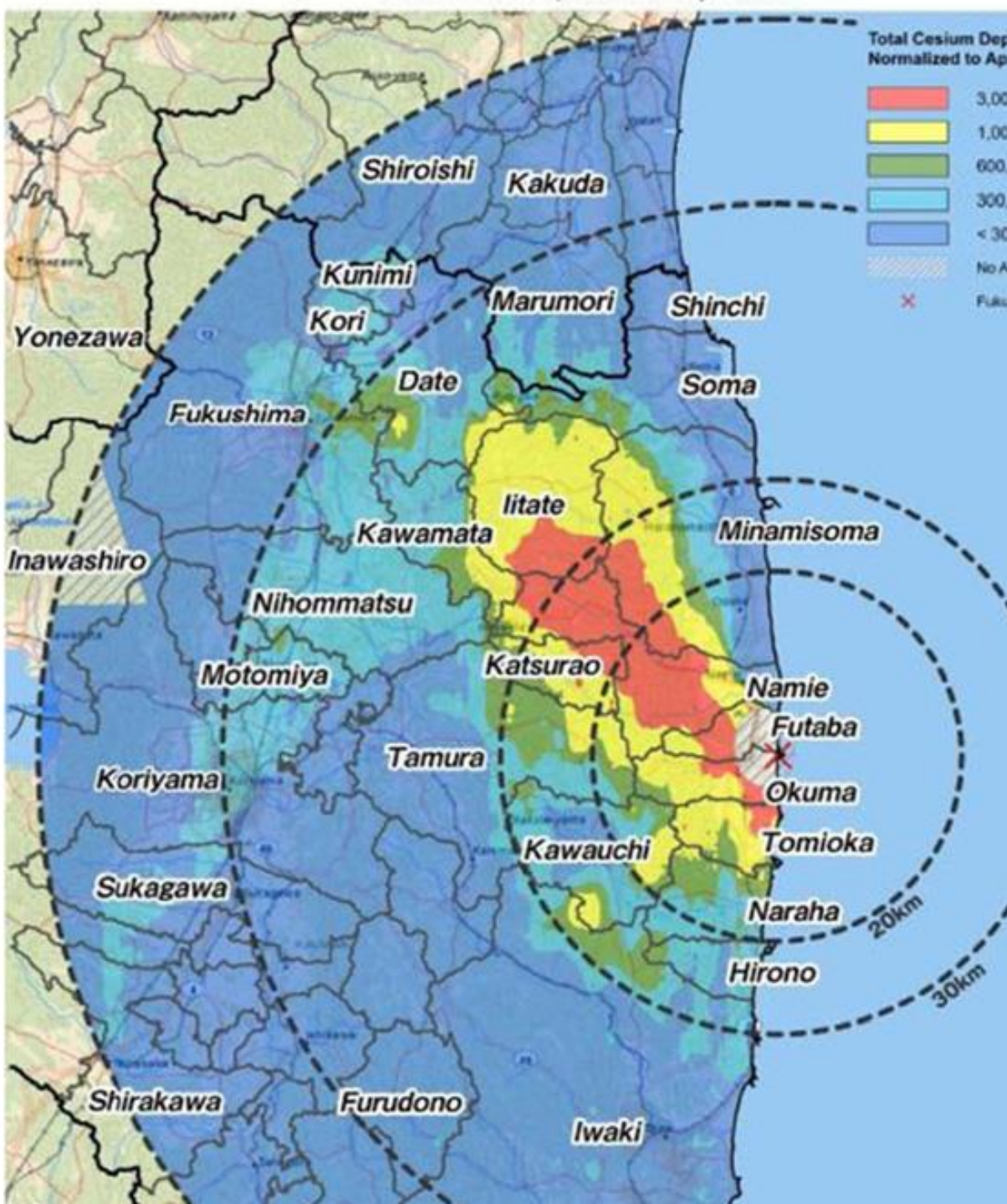
Bolletta elettrica aumentata del 7%

Bilancia dei pagamenti in deficit aggiuntivo del 50% per il gas importato

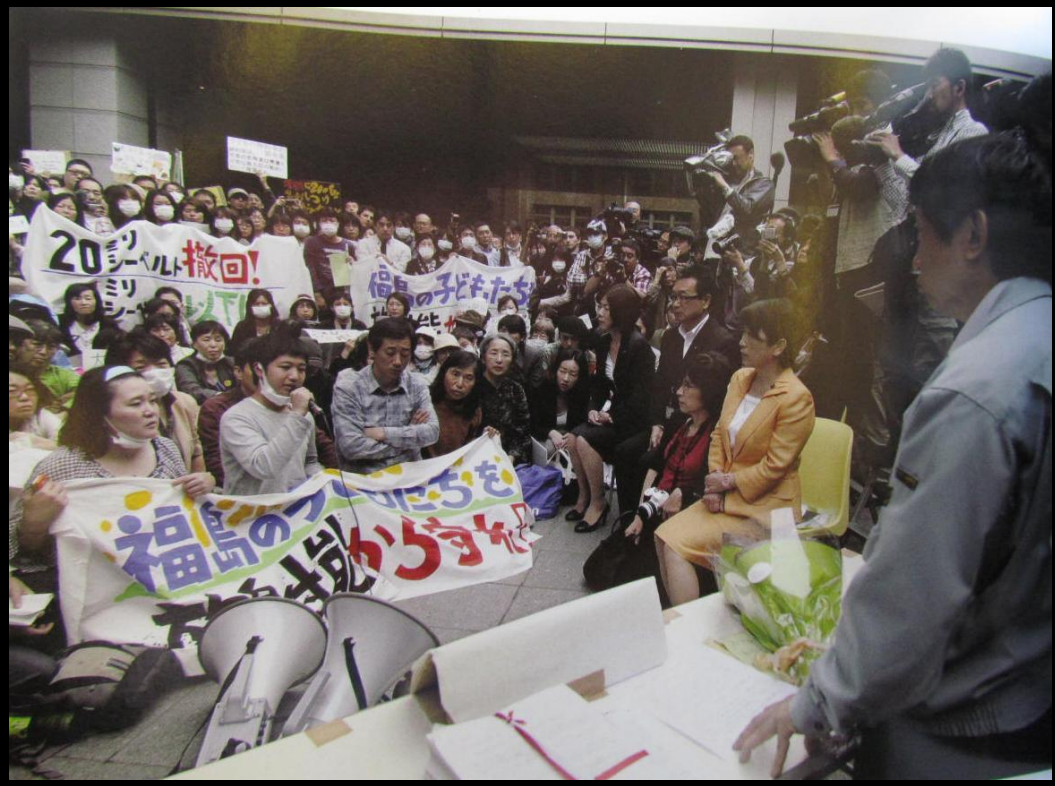


tutela della popolazione

100,000 persone evacuate



Per la regione di Fukushima il Governo ha stabilito in 20 mSv/anno la soglia per adulti e bambini (1 mSv/anno è la dose media nel mondo)
Ritenuta eccessiva dai genitori e dai comitati ed amministrazioni locali.
Uno dei tanti errori di gestione centralistica del governo di Tokyo



la decontaminazione
a distanza di 6 anni

a 2 km dalla centrale



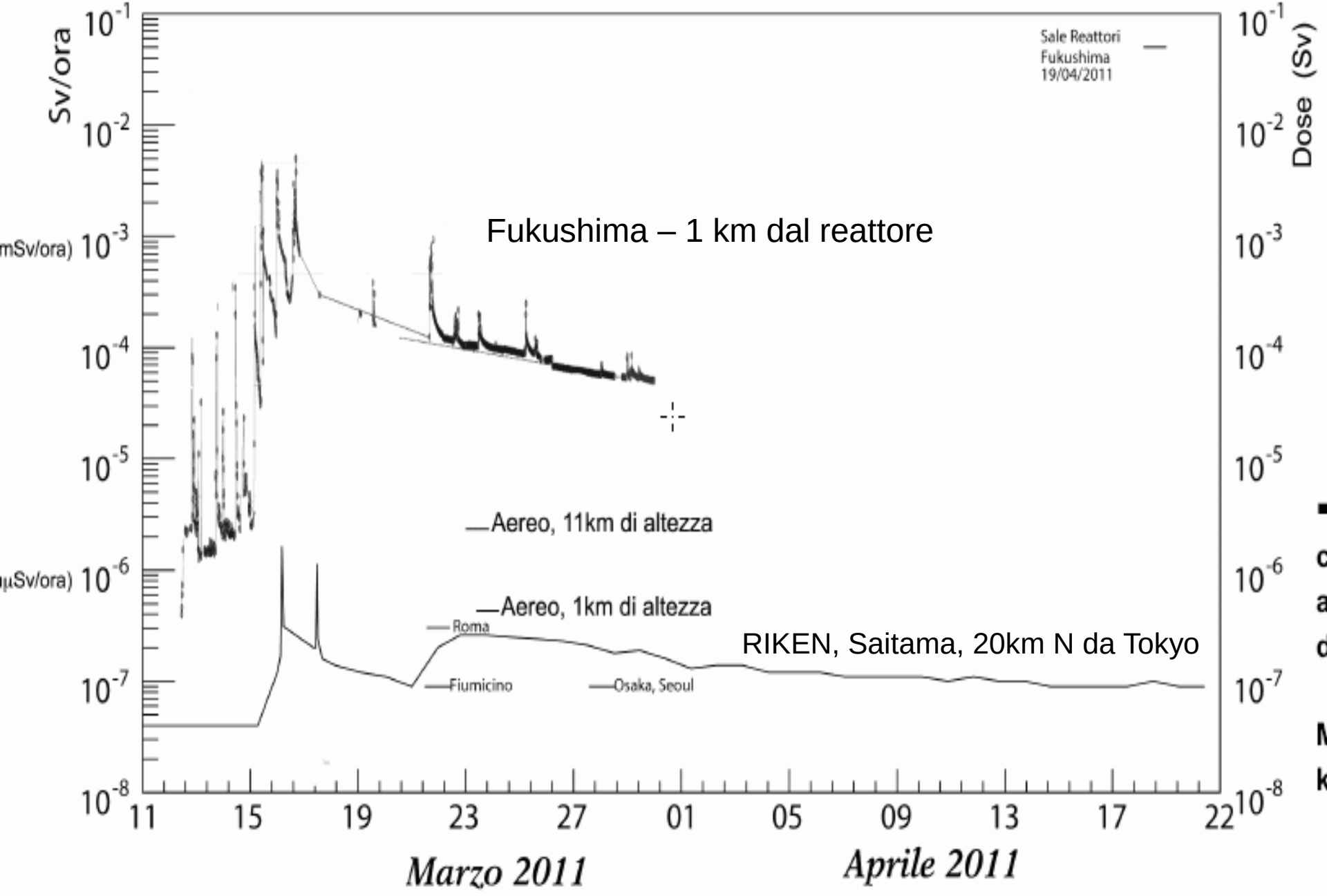

foto m.c.


foto m.c.

Decontaminazione dei cortili delle scuole, dei giardini, dei parchi



Confronto delle dosi vicino alla centrale di Fukushima e in altre regioni.



Altro effetto dell’incidente:
il crollo di fiducia nei riguardi del Governo centrale

La caduta di fiducia nei riguardi dei dati ufficiali e la diffusione di fake news tramite rete ha alimentato il fabbisogno di misure dirette e indipendenti.
Ciò ha indotto i laboratori di ricerca – tra cui il RIKEN – a produrre apparecchiature di controllo adatte e agili, come quella che ha messo a punto il mio Gruppo di ricerca per controllare la radioattività negli alimenti.

Per questo abbiamo impiegato e adattato tecnologie in uso per le misure di radioattività cosmica presente e assorbita dagli astronauti nel corso di viaggi spaziali.

Studio di raggi cosmici e radiazione nello spazio













Lanfos
Trasferimento tecnologico JST

Implementazione di tecnologia di rivelatori per lo spazio (JEM-EUSO), rivelatore, elettronica per misurare la radiazione nel cibo dopo l'incidente di Fukushima (da parte di non specialisti)





foto m.c.

Lanfos

Acciao e piombo

Scintillatori
plastici e CsI

Silicon
Photomultiplier







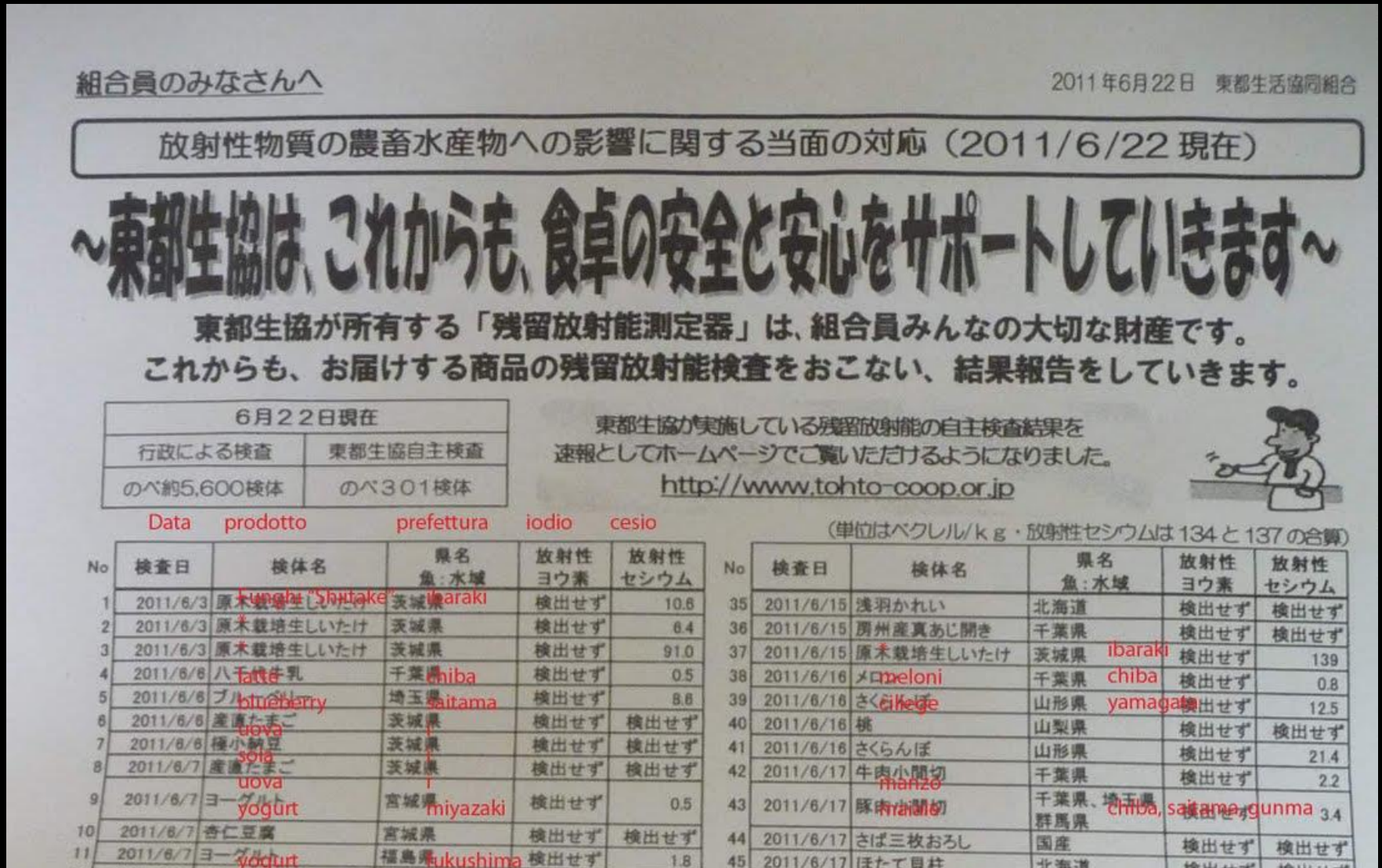
Nei supermercati, nelle mense scolastiche, nelle segherie, sono state installate apparecchi di misura a cui la poppolazione accede e misura personalmente lo stato del prodotto.
La certificazione della cooperativa locale ha più credito di quella del Governo.

Supermercati



foto m.c.

Misure dalle cooperative



組合員のみなさんへ

2011年6月22日　東都生活協同組合

放射性物質の農畜水産物への影響に関する当面の対応（2011/6/22 現在）

～東都生協は、これからも、食卓の安全と安心をサポートしていきます～

東都生協が所有する「残留放射能測定器」は、組合員みんなの大切な財産です。
これからも、お届けする商品の残留放射能検査をおこない、結果報告をしていきます。

6月22日現在	
行政による検査	東都生協自主検査
のべ約5,600検体	のべ301検体

東都生協が実施している残留放射能の自主検査結果を
速報としてホームページでご覧いただけるようになりました。
http://www.tohto-coop.or.jp

Data　prodotto　prefettura　iodio　cesio

（単位はベクレル/kg・放射性セシウムは134と137の合算）

No	検査日	検体名	県名 魚：水域	放射性ヨウ素	放射性セシウム
1	2011/6/3	原木栽培生しいたけ	茨城県	検出せず	10.6
2	2011/6/3	原木栽培生しいたけ	茨城県	検出せず	6.4
3	2011/6/3	原木栽培生しいたけ	茨城県	検出せず	91.0
4	2011/6/6	八千代牛乳	千葉県	検出せず	0.5
5	2011/6/6	ブルーベリー	埼玉県	検出せず	8.6
6	2011/6/6	産直たまご	茨城県	検出せず	検出せず
7	2011/6/6	極小納豆	茨城県	検出せず	検出せず
8	2011/6/7	産直たまご	茨城県	検出せず	検出せず
9	2011/6/7	ヨーグルト	宮城県	検出せず	0.5
10	2011/6/7	杏仁豆腐	宮城県	検出せず	検出せず
11	2011/6/7	ヨーグルト	福島県	検出せず	1.8

No	検査日	検体名	県名 魚：水域	放射性ヨウ素	放射性セシウム
35	2011/6/15	浅羽かれい	北海道	検出せず	検出せず
36	2011/6/15	房州産真あじ開き	千葉県	検出せず	検出せず
37	2011/6/15	原木栽培生しいたけ	茨城県	検出せず	139
38	2011/6/16	メロン	千葉県	検出せず	0.8
39	2011/6/16	さくらんぼ	山形県	検出せず	12.5
40	2011/6/16	桃	山梨県	検出せず	検出せず
41	2011/6/16	さくらんぼ	山形県	検出せず	21.4
42	2011/6/17	牛肉小間切	千葉県	検出せず	2.2
43	2011/6/17	豚肉小間切	千葉県、埼玉県、群馬県	検出せず	3.4
44	2011/6/17	さば三枚おろし	国産	検出せず	検出せず
45	2011/6/17	ほたて貝柱	北海道	検出せず	検出せず

…segherie



foto m.c.

…mense di asilo



foto m.c.

A sei anni dall'incidente

1. La radiazione a 1km dalla centrale è circa 2 muSv/h rispetto ai più di 20 del 2014. Nella regione di Fukushima, lontano dalla centrale, è circa un quarto di quella di Roma (0.1 muSv/h contro 0.4muSv/h)

2. La maggior parte del cesio 137 è stato lavato via dalle piogge. Questo isotopo ha circa 30 anni di tempo di dimezzamento, mentre il Cesio 134 che costituiva metà delle emissioni di Fukushima ha 2 anni di tempo di dimezzamento ed è praticamente sparito.

3. Le operazioni di bonifica riguardano la rimozione dei 10 cm superficiali del terreno contaminato. Questo corrisponde a migliaia di tonnellate di terriccio debolmente radioattivo che viene stoccato in montagne di buste nere di plastica (talvolta disperso nuovamente nell'ambiente a seguito di tifoni). Nonostante la radioattività sia trascurabile, nessuno si vuole prendere la responsabilità di disperdere questo materiale a largo nell'oceano (che è infinitamente più radioattivo per via del potassio 40 e carbonio 14 in esso disciolto).

4. Le operazioni di messa in sicurezza della centrale proseguono: sono stati costruiti edifici di sicurezza intorno ai tre reattori che contengono i noccioli fusi e vengono effettuate misurazioni del materiale radioattivo in esso contenuto (i 700 Sv/h misurati circa un mese fa si riferiscono all'interno del reattore=. In questo caso, a differenza di Chernobyl, i tre gusci in cemento armato sono rimasti integri e non sono stati danneggiati dalla radiazione. Ciononostante il costo per decontaminare la zona ammonterà complessivamente a 100 miliardi di euro e richiederà circa 30 anni.

5. Molta gente vive ancora nelle case temporanee, dei microappartamenti di 20m2 in cui sono stati evacuati dopo l'incidente. Ora che l'ordine di evacuazione è stato rimosso in alcune zone, molti di essi potranno tornare nelle proprie case (anche se molte delle famiglie che hanno ricostruito la loro vita altrove avranno difficoltà a spostarsi di nuovo). I sussidi per gli sfollati (causa anche di casi di bullismo per i ragazzi sfollati) saranno comunque sospesi.

6. La produzione agricola sta lentamente riprendendo, con quasi tutti i prodotti che passano le severissime soglie di 100 Bq/kg (le banane hanno 125 Bq/kg di potassio 40). Anche la pesca è finalmente ripresa al largo della costa della regione. Molte zone sono ancora contaminare e vi sono alcuni allevatori che si sono rifiutati di sopprimere i loro capi di bestiame dopo l'incidente e tengono in vita circa 300 mucche in sfida alle direttive del governo.

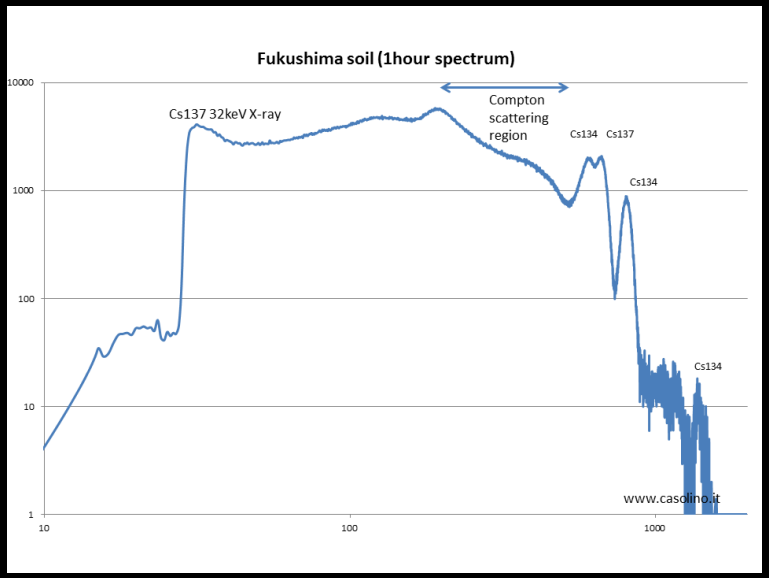
Festival di rinascita
con distribuzione di riso certificato






通行証確認中

Misure a Fukushima





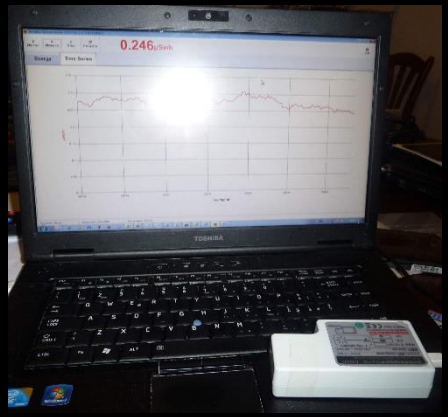
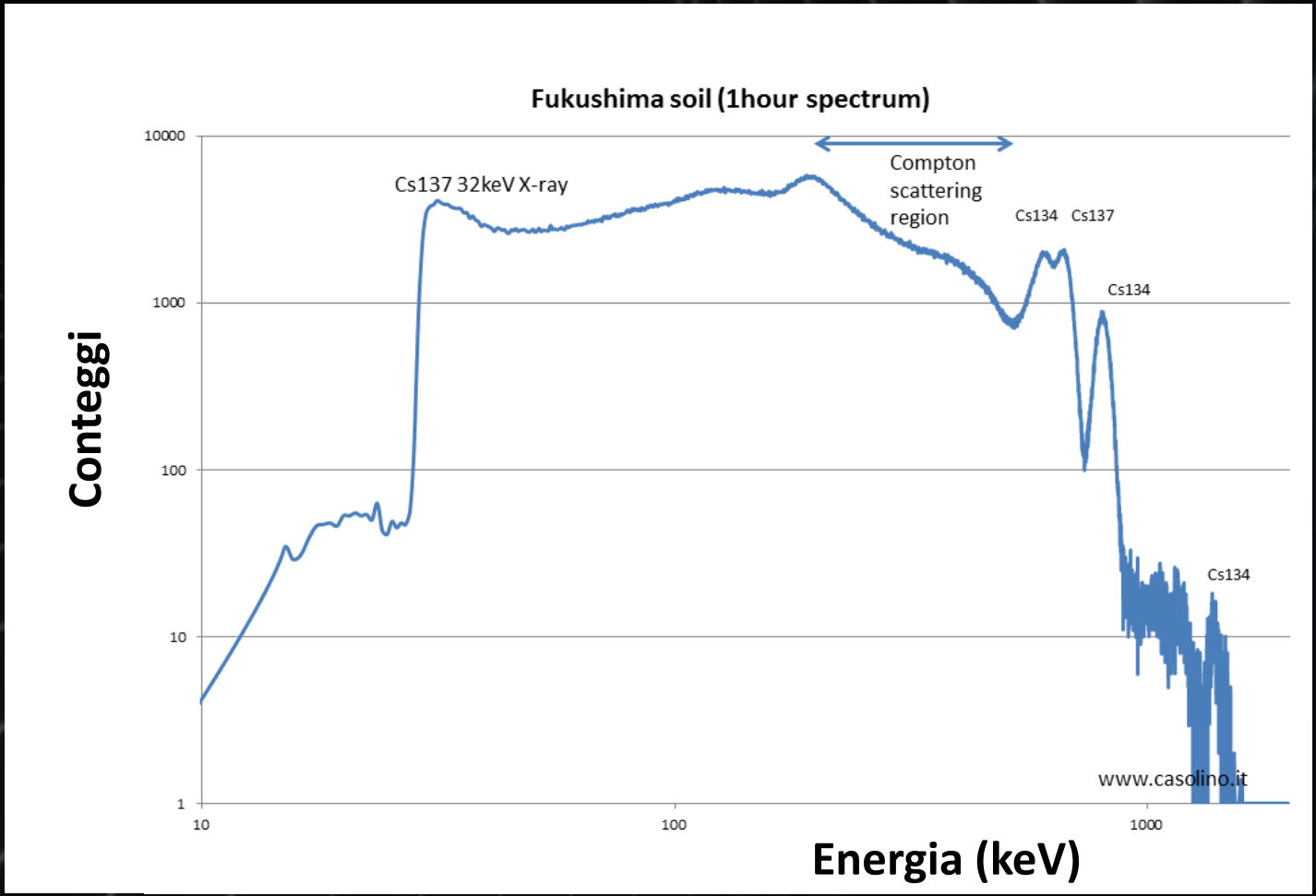




foto m.c.

Cesio dalla centrale di Fukushima-1






E-NE
U11 R09 48/46/-7°
0.0
220
12:32:16
37°41.238'N 140°50.717'E
35% 1.6/1.3/0.9 1074
1.494
μSv/h
MYRATE
PDR-111

foto m.c.

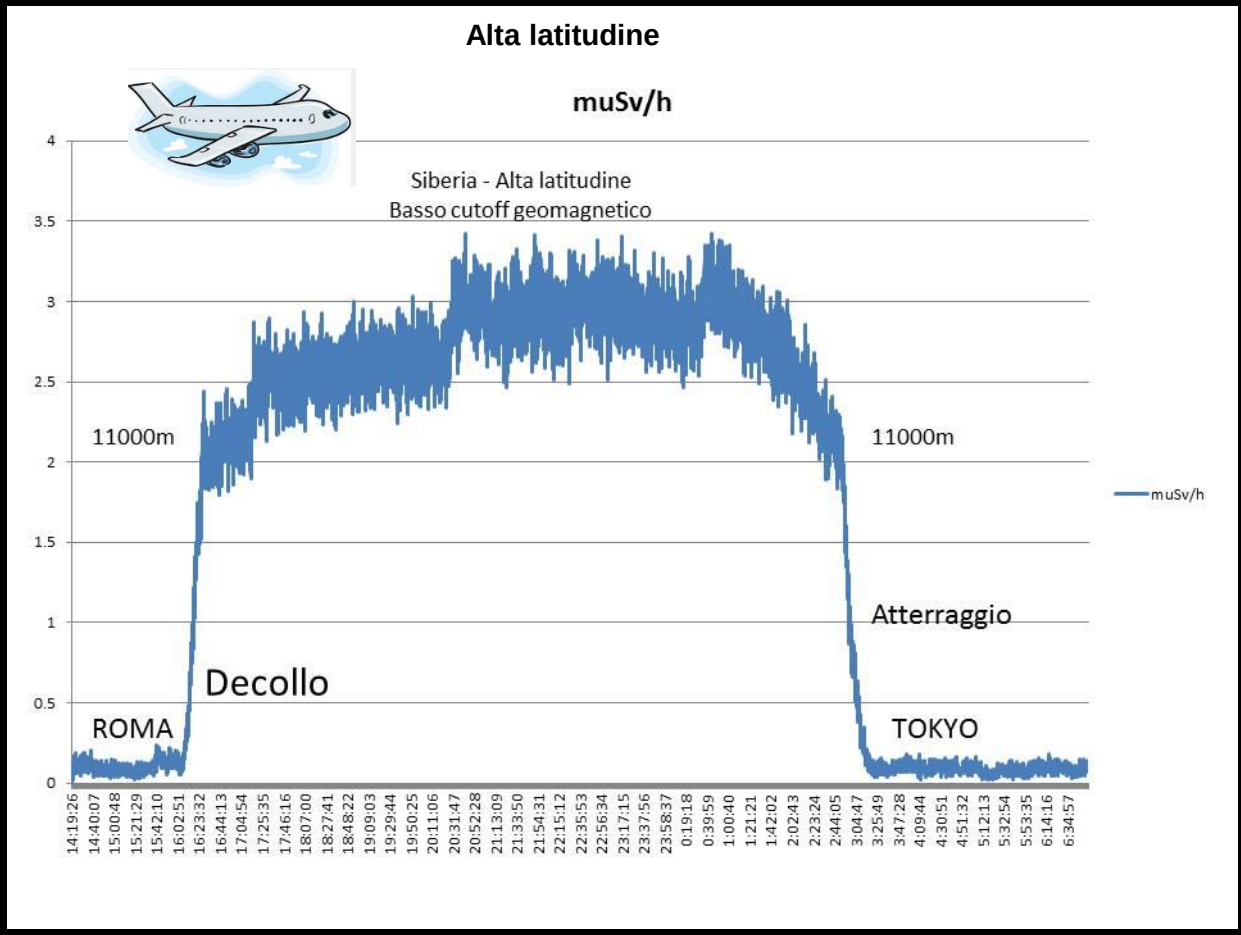

foto m.c.


ACCURACY
ENHANCING
MODE
ALOKA POCKET SURVEY METER
OVER
ALARM
BAT
DOWN
0.091
μSv/h
POWER
OFF ON
TE
R-111
foto m.c.

Radiazione da raggi cosmici in aereo



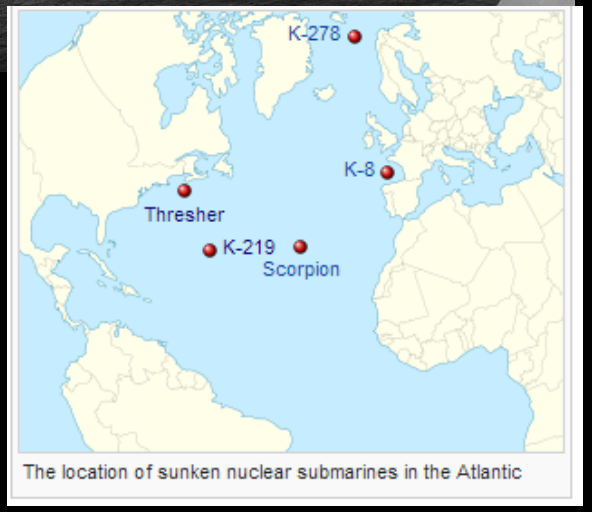
10 -20 volte la radiazione a terra



Incidenti a sottomarini nucleari nell'artico e nell'Atlantico







…e le ovvie bufale

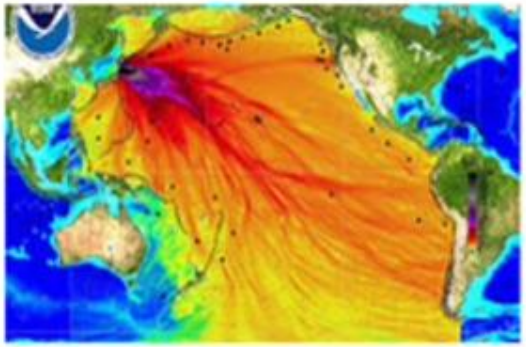
Activist Post

Interrupt Your Regularly Scheduled Programming

Monday, August 5, 2013

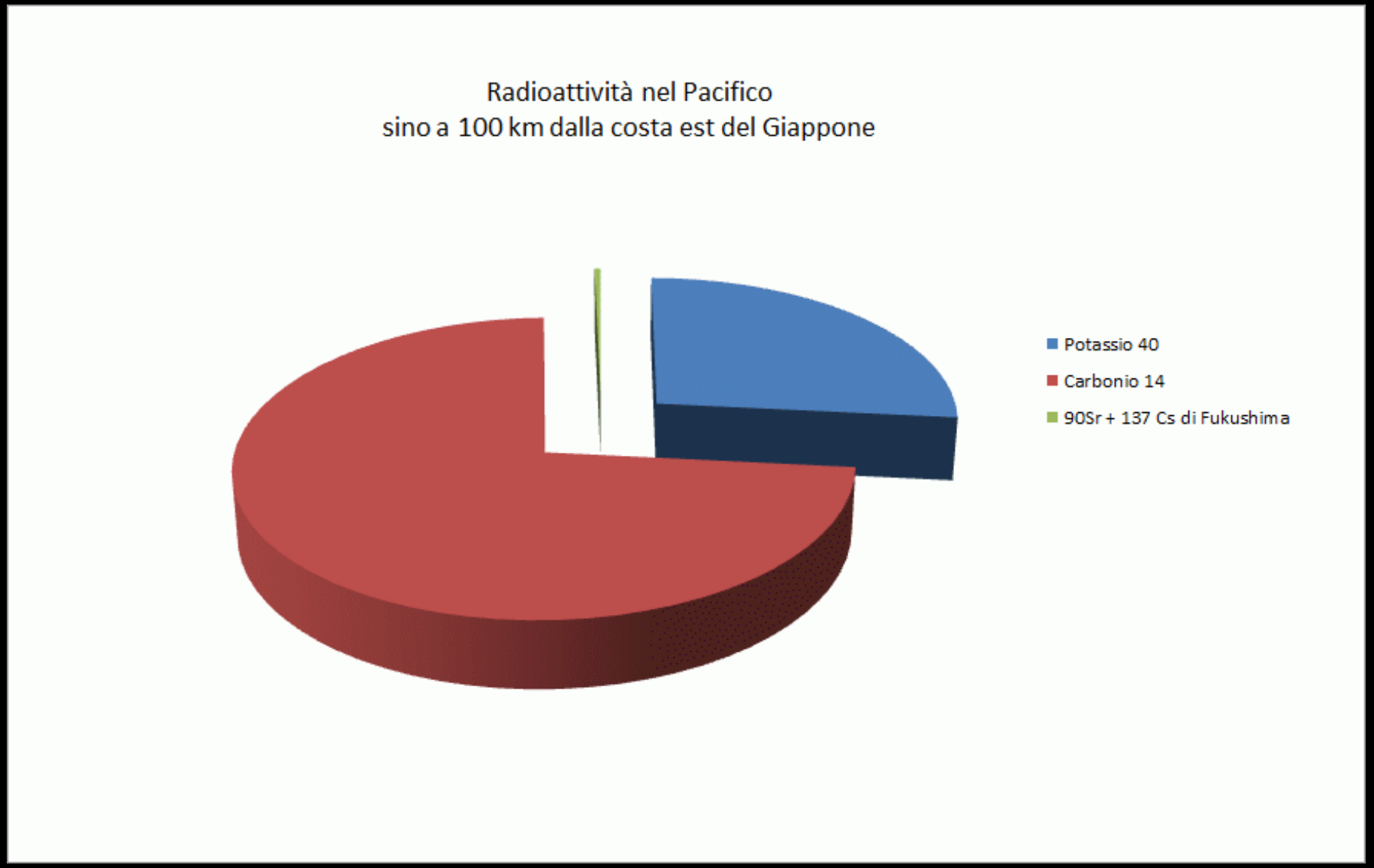
Radioactive Water From Fukushima Is Systematically Poisoning The Entire Pacific Ocean

Michael Snyder
Activist Post

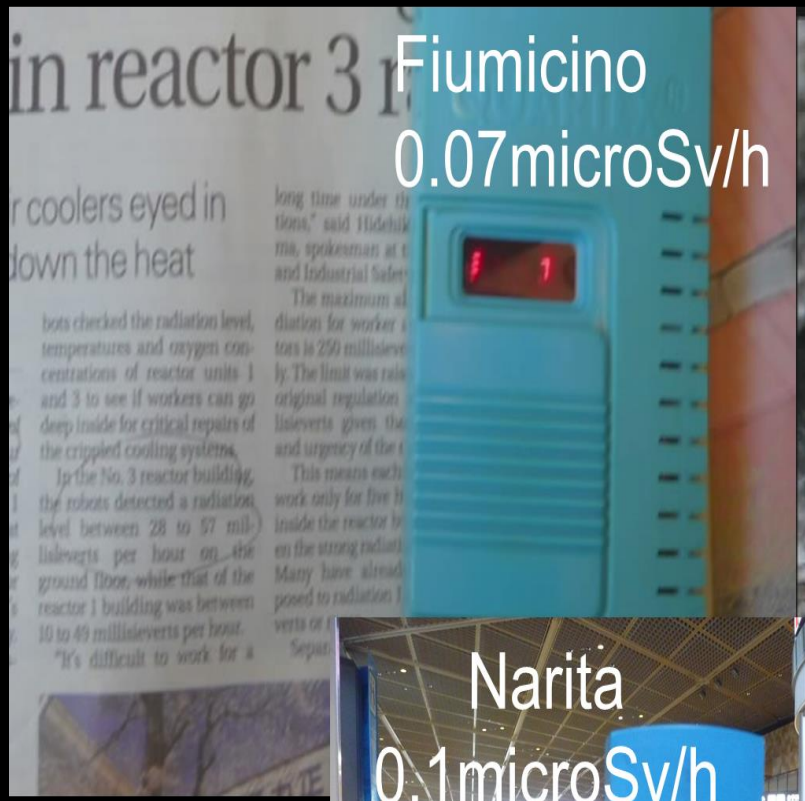


Right now, a massive amount of highly radioactive water is escaping into the Pacific Ocean from the ruins of the destroyed Fukushima nuclear facility in Japan. This has been going on all day, every day **for more than two**

Il mare è comunque radioattivo



Roma è più radioattiva di Tokyo



Fiumicino
0.07microSv/h



Tor Vergata – parete di tufo
0.44 micro Sv/h



Narita
0.1microSv/h



In volo – Siberia
2.1 micro Sv/h

Se Roma è più radioattiva di Tokyo e normalmente conviviamo con la radioattività, è bene imparare a gestirla. Per questo – come Fukushima insegna – occorre:
1) attrezzarsi per dotarsi – non solo in questo settore - di controlli indipendenti;
2) imparare ad individuare e contrastare le «fakenews» della rete, che sono pur sempre più pericolose di quelle dei governi.

Grazie mille!

Casolino@roma2.infn.it

@casolinomarco

www.casolino.it



foto m.c.