

*Questo post ripropone i primi 3 articoli che ho pubblicato, in un altro indirizzo web, immediatamente dopo il disastro nucleare di Fukushima, testimonianza quasi "in diretta" di quei drammatici giorni.*

*Proprio mentre in Italia iniziava la campagna referendaria contro il nucleare, dal Giappone giunse una notizia che scosse il mondo: dopo un violento terremoto e lo tsunami che lo seguì, i gravi danni ai sistemi di raffreddamento della centrale di Fukushima Dai-ichi causò il secondo più grave incidente nucleare della storia, dopo quello di Chernobyl del 1986. In quei drammatici giorni, utilizzando le mie conoscenze tecniche sull'argomento, ho scritto un diario, cercando di spiegare a tutti - quando ancora le informazioni erano poche e controverse - quel che stava accadendo. Qui di seguito, la cronaca dei primi tre giorni del disastro, quando ancora c'era ben poca chiarezza sull'entità reale della catastrofe.*

Venerdì 11 marzo 2011 (alba di sabato 12)

Dal Giappone arrivano notizie frammentarie e probabilmente incomplete per non generare allarmi collettivi, tuttavia un'ora fa il Governo ha ammesso "il possibile rilascio controllato in atmosfera" di vapori contaminanti dalla centrale di Fukushima-Dai-ichi. Questo avviene in presenza di surriscaldamento e di pesante aumento della pressione nel nocciolo del reattore, a causa di problemi nel circuito di raffreddamento, pare per la mancanza di alimentazione elettrica a causa del terremoto e dello tsunami.

Uno dei problemi più gravi per una centrale nucleare è proprio una prolungata mancanza di elettricità, che blocca i circuiti di raffreddamento. La centrale di Fukushima contiene ben 6 reattori di tipo BWR, ossia ad acqua bollente, relativamente "semplici" – immaginabili come giganteschi bollitori che fanno girare turbine per la produzione di elettricità.

La tecnologia BWR comporta comunque, anche in condizioni normali, un certo grado di contaminazione dell'acqua. Se siamo arrivati a "far sfiatare le valvole", rilasciando comunque radiazioni all'esterno, significa che il nocciolo è sottoposto a calore e pressione elevatissimi, e speriamo che questa manovra servirà a riportare sotto controllo il reattore. Speriamo che i problemi di alimentazione elettrica vengano risolti con i generatori ausiliari altrimenti può davvero scatenarsi il peggio.

Pur nella diversità dei tempi e della tecnologia, per ora - se quanto riferiscono le autorità giapponesi è vero - si tratterebbe di un incidente del genere di quello accaduto a Three Mile Island, il più grave disastro in una centrale nucleare degli USA, quando, nel 1979, per un guasto nel sistema di raffreddamento primario si giunse alla fusione parziale del nocciolo e al rilascio nell'ambiente di sostanze radioattive.

Gli effetti furono comunque gravi, ma almeno non fu Chernobyl.

Speriamo innanzitutto che l'evoluzione della crisi in Giappone sia positiva, altrimenti saranno guai. Poi, un ulteriore serio ragionamento sulla reale necessità di costruire anche in Italia, paese sismico, impianti così pericolosi e costosissimi andrà fatto.

sabato 12 marzo, ore 8:00

Si parla già di quasi centomila sfollati atomici del Giappone, come riferiscono le ultime cronache. La situazione è tutt'altro che sotto controllo in vari reattori, dove vengono ammesse dalle autorità "perdite controllate" di vapori contaminati, dispersi nell'ambiente.

Pensare che tra poco uscirò per partecipare, come membro del Comitato scientifico, alla prima assemblea pubblica di "Vota Sì per fermare il nucleare", che si terrà alle 10 presso l'aula della Facoltà di ingegneria di Roma, proprio dove ho discusso la mia tesi di laurea, nel 1986 (anno di Chernobyl), sui "Sistemi di controllo automatici dei fasci tubieri delle centrali nucleari". Da allora, e ben presto, ho cambiato idea sul nucleare: già nel 1987 votai contro l'atomo al referendum e oggi a maggior ragione sono contrario al ritorno del nucleare in Italia: è costoso e non serve al nostro Paese. E sulla sicurezza, l'esempio del Giappone è eloquente: i noccioli dei reattori, in caso di problemi nei sistemi di refrigerazione - quel che è accaduto a Three Mile Island nel 1979, quel che sta accadendo oggi in Giappone - raggiungono temperature elevatissime, e la pressione di vapore, nell'edificio di contenimento, raggiunge livelli critici. La pressione deve assolutamente diminuire, pena il disastro - a quelle pressioni e temperature l'acqua si può scindere in ossigeno e idrogeno, miscela esplosiva - e per questo i tecnici sono costretti da un lato a liberare vapori contaminati, dall'altro a iniettare acqua per raffreddare il nocciolo (che però fa riaumentare la pressione). A Three Mile Island, l'incidente nucleare avvenuto negli USA nel 1979, si formò una grossa bolla di idrogeno, che per miracolo non esplose; l'edificio di contenimento resse alla pressione e la bolla fu riassorbita. Ci volle quasi

un mese per ristabilire il controllo, ma ormai il nocciolo s'era parzialmente fuso e della radioattività s'era dispersa nell'ambiente, in gran parte dovuta ai gas nobili xenon e kripton, e a una emissione limitata di iodio radioattivo, molto tossico per la tiroide.

Alcuni studi, al contrario di quelli ufficiali, sospettano che l'incidente sia la causa dell'aumento di leucemie e tumori infantili nella popolazione che viveva sottovento rispetto alla centrale di Three Mile Island.

Speriamo, di cuore, che vada meglio in Giappone.

### 12 marzo 2011

E così quello che stamane temevo nel mio post scritto dopo il terremoto e lo tsunami, purtroppo è avvenuto: è esplosa il reattore 1 di Fukushima in Giappone. L'esplosione, che non è un'esplosione atomica, ma dovuta alla tremenda pressione dei gas che si scatena quando salta il sistema di refrigerazione, libera nell'ambiente una grande quantità di sostanze radioattive, contaminando un ampio territorio. Speriamo che il processo si riesca a fermare, altrimenti, se si dovesse giungere alla fusione del nocciolo, saremmo di fronte a un disastro di portata tragica, con il coinvolgimento potenziale di migliaia di persone.

13 marzo 2011

Oggi altra giornata critica sul fronte nucleare giapponese. Le autorità, come sempre in queste circostanze, sono caute ed evasive. Persino stamane, l'incidente al reattore di Fukushima era classificato di livello 4 (incidente grave senza conseguenze all'esterno dell'impianto), mentre è a tutti evidente, dalle immagini ma anche dalle stesse fonti ufficiali, che vi è stata perdita di radionuclidi nell'ambiente, a seguito dell'esplosione, con probabile fusione almeno di una parte del nucleo radioattivo.

Dal punto di vista della scala di pericolosità INES, dunque, l'incidente in Giappone dovrebbe essere di

livello 5 (incidente grave con effetti all'esterno), come quello che avvenne a Three Mile Island negli USA nel 1979.

Per dare un'idea, l'incidente di Chernobyl è arrivato al massimo della scala, il 7 (incidente molto grave). Ma quali sono le similitudini e le differenze tra quel che è accaduto a Three Mile Island, Chernobyl e Fukushima? Per quest'ultima centrale, è ancora presto per fare un'analisi attendibile, ma alcuni fatti sono accertati: il terremoto ha mandato fuori uso i sistemi di refrigerazione e i generatori ausiliari di corrente elettrica.

Ciò ha provocato l'aumento della pressione e il surriscaldamento del nucleo, con probabile fusione, almeno parziale, del combustibile. I gas hanno condotto all'esplosione dell'edificio di contenimento e la dispersione di vapore contaminato; dalle fonti ufficiali, sembra che la struttura del nucleo del reattore, con il combustibile fuso o no, abbia tenuto, prevenendo, per ora, un disastro più grave.

In tutti e tre i casi, l'incidente si è scatenato per un problema al sistema di refrigerazione. È un punto critico e debole delle centrali nucleari: nonostante quel che comunemente si pensa, l'efficienza termodinamica di conversione del calore in elettricità, nel caso degli impianti nucleari, è bassa: circa il 30%, contro, ad esempio, il 54 % di una centrale a gas metano. Questo significa che la gran parte dell'immenso calore generato durante la fissione nucleare non riesce ad essere utilizzato per produrre elettricità, e pertanto deve essere smaltito per evitare il surriscaldamento del nucleo e la sua fusione. Per questa ragione, le centrali nucleari devono pompare ogni giorno milioni di metri cubi di acqua, usata sia per raffreddare, sia per generare vapore che alimenta le turbine.

Nei reattori di Three Mile Island e Fukushima, che usano uranio arricchito, l'acqua è anche il moderatore della fissione; nei reattori che usano uranio naturale, come quello di Chernobyl, il moderatore è la grafite o l'acqua pesante. In Italia, la centrale di Latina era del tipo a uranio naturale – grafite. La presenza della grafite, nel caso del disastro di Chernobyl la presenza della grafite, che si incendiò nel reattore, aggravò gli effetti devastanti dell'incidente.

Esiste comunque una differenza tecnologica tra la centrale di Three Mile Island e quella di Fukushima: in quest'ultima, l'acqua bollente è a diretto contatto del combustibile (reattore BWR), nel reattore americano, si utilizza un doppio circuito idrico separato, primario e secondario, solo il primo a contatto con il nucleo, ad acqua pressurizzata (reattore PWR). I reattori BWR sono più semplici, ma contaminano una grande quantità di acqua; quelli PWR sono di concezione più moderna, ma, con la maggiore complessità, introducono la criticità dell'acqua sotto pressione.

A Three Mile Island scatenò l'incidente proprio un guasto sul circuito secondario di refrigerazione  
(non radioattivo),  
forse dovuto a un problema elettrico,

che

condusse al blocco di una valvola del circuito primario (radioattivo) con perdita di refrigerante, aumento della pressione e del calore nel reattore.

Il reattore fu spento subito, ma quasi

metà del combustibile atomico fuse durante l'incidente.

Il giorno seguente, una grossa bolla di idrogeno nel vessel dove sta il reattore minacciò di esplodere.

Tuttavia, nonostante la pressione dei gas e la fusione del nocciolo, l'edificio di contenimento ha tenuto, evitando che massicce quantità di radiazioni si liberassero nell'ambiente.

Co vollero cinque giorni per riprendere il controllo della situazione.

L'incidente causò l'

emissione di 13 milioni di curie in forma di gas nobili e meno di 20 curie di iodio 131, particolarmente pericoloso.

Secondo i

dati ufficiali, si è trattato comunque di un rilascio modesto:

il totale di radiazioni assorbite in quei giorni dalla popolazione, fu pari alla dose media naturale di un anno.

Nonostante lo studio ufficiale non riscontri né morti né malattie imputabili all'incidente, uno studio dell'Università del North Carolina ha accertato un significativo aumento di tumori e leucemie infantili nella popolazione più esposta.

A Chernobyl, invece, quel che a Three Mile Island fu sventato invece accadde: a seguito del blocco del circuito di raffreddamento, irresponsabilmente operato intenzionalmente "per un test di sicurezza", si verificarono tutte le condizioni peggiori: rottura del contenimento per l'elevata pressione, fusione del nocciolo, esplosione, incendio e scoperchiamento del reattore.

Il disastro di Chernobyl, oltre all'imperizia, fu anche dovuto alla particolare tipologia del reattore, che, in certe condizioni, tende ad aumentare la potenza, che, in assenza di refrigerante conduce ad una reazione senza controllo.

Anche

il reattore entrò in uno stato di sovra-potenza ed estremo surriscaldamento, che condusse all'aumento della pressione, e quindi alla formazione di idrogeno sino alla rottura del contenimento. A quel punto, l'idrogeno, a contatto con l'aria provocò una fortissima

esplosione,

scoperchiando il reattore in preda alle fiamme, con una gigantesca onda di fumi radioattivi che si sparse nel pianeta anche a migliaia di chilometri di distanza.

Secondo il report ufficiale dell'ONU, vanno attribuiti a Chernobyl 65 morti dirette e 4000 presunte. Questo risultato, di per sé comunque eloquente della gravità dell'incidente, è contestato da molti altri studi, incluso quello di Greenpeace che attribuisce a Chernobyl 200.000 morti sicure e 6 milioni presunte entro 80 anni dal disastro.

Per ora, almeno nei suoi effetti, in mancanza dello scopercchiamento del reattore, l'incidente di Fukushima appare più simile a quello di Three Mile Island che a quello di Chernobyl.

Vista la criticità della situazione e le temperature estreme in gioco, ci vorranno comunque dei giorni prima di poter comprendere i reali effetti del disastro in Giappone.

### 15 marzo

L'ennesima, ulteriore esplosione di ieri sera, ha ulteriormente aggravato il già fosco scenario della crisi atomica giapponese. Sono ormai quattro i reattori in gravissima emergenza, e proprio mentre scrivo giungono notizie di incendio dal reattore numero 4. Questo reattore, dai dati a disposizione, risulta già spento da mesi per manutenzione e privo di combustibile nel nocciolo, pertanto l'esplosione può riguardare solo le piscine che contengono le scorie, il combustibile irraggiato - evento questo, se confermato, altrettanto grave della fusione del nocciolo: significa che le piscine di contenimento non hanno più la refrigerazione e allora si scatenano potenti reazioni chimiche e termiche nelle scorie.

“Non è come a Chernobyl” si affretta ad affermare l'agenzia per la sicurezza atomica giapponese, ma è screditata e giudicata poco attendibile dalla popolazione, come ha riportato l'inviato Pietro Longo della RAI. Vi sono ormai indicazioni molto autorevoli che almeno in un reattore si è giunti alla fusione del nucleo con fortissimo rilascio di radioattività in forma di vapore contaminato. È stata utilizzata acqua di mare nel tentativo di raffreddare i reattori, ma ciò pregiudica ulteriormente gli impianti e gli ormai residui sistemi di sicurezza, e diffonderà la contaminazione nel territorio e nel mare.

Il livello dell'incidente è gravissimo, per ora al 6 (su 7 della scala INES) e ormai si differenzia da Chernobyl per l'assenza del gigante incendio della grafite (l'impianto di Fukushima non è a grafite) che causò la gigantesca nube di fumo radioattivo che si sparse in Europa nel 1986.

Tuttavia, con l'ormai conclamata fusione di almeno una parte del nucleo di uno dei reattori, il rilascio di radioattività nell'ambiente è al suo apice. Ma che cos'è esattamente la "fusione del nocciolo"?

Sappiamo che le centrali nucleari generano un'immensa quantità di calore, che, a causa della bassa efficienza termodinamica degli impianti nucleari (30% circa, contro il 54% degli impianti a gas) deve essere smaltito con l'immissione di milioni di tonnellate di acqua ogni giorno, iniettata attraverso pompe potentissime nel circuito di refrigerazione. Il terremoto in Giappone ha fatto saltare il sistema di refrigerazione, e così il nucleo radioattivo, non più raffreddato, è entrato in una fase di grave surriscaldamento. L'intervento immediato delle barre di contenimento per ridurre il processo di fissione nucleare (e non per "spegnere il reattore" come viene impropriamente riportato dalla stampa) non basta a fermare il surriscaldamento, se non interviene immediatamente il sistema di refrigerazione di emergenza, purtroppo anch'esso saltato a Fukushima. Ciò conduce inevitabilmente alla fusione del combustibile nucleare.

Il primo a risentire dell'estremo calore è il rivestimento delle barre di combustibile, in zirconio, metallo molto resistente all'assorbimento neutronico e alla corrosione, pertanto molto usato nella tecnologia nucleare.

Quando la temperatura supera all'incirca i 1220°C inizia l'ossidazione del rivestimento di zirconio, con produzione di idrogeno e ulteriore, forte, rilascio di calore. A quel punto, è proprio il processo ossidativo a contribuire di più al surriscaldamento del nucleo, la cui fissione nucleare era stata rallentata dalle barre di contenimento. Il calore di ossidazione fa salire rapidamente la temperatura, che presto raggiunge i 1870°C, che è quella in cui fonde lo zirconio. Lo zirconio liquefatto, insieme con biossido di uranio e altro materiale radioattivo, precipita nel vaso di contenimento, dove, più in basso, vi è ancora acqua di raffreddamento. Il contatto tra i materiali fusi e l'acqua genera altro vapore e idrogeno, e può causare esplosioni che possono compromettere la tenuta stessa del vaso (*vessel*) del reattore. Questo fenomeno è reso critico dall'elevatissima pressione che si riscontra nel reattore in questi casi, che può mantenere l'acqua allo stato liquido anche ad alte temperature. A quel punto, comunque, il nucleo del reattore è già gravemente danneggiato e rilascia nell'acqua materiale radioattivo. Si innesca dunque un processo pericoloso, di ossidazione ulteriore, aumento di temperatura e pressione, produzione di idrogeno, emissione di radiazioni, che devono essere compensati con continui rilasci, da parte dei tecnici, di vapore altamente radioattivo nell'ambiente, per ridurre la pressione e il rischio di esplosioni, che possono distruggere il vaso di contenimento del reattore. L'eventuale rottura del vaso di contenimento del reattore, avvenuta a Chernobyl, sventata a Three Mile Island, sino ad ora smentita a Fukushima, produrrebbe una fortissima emissione radioattiva con conseguenze estremamente gravi.

In ogni caso, l'immissione di materiale radioattivo nell'acqua vaporizzata è inevitabile in questi incidenti, così come la contaminazione dell'ambiente della centrale e del territorio. Ogni nuova esplosione, come purtroppo si sta verificando quotidianamente a Fukushima, non fa altro che aggravare la situazione, e possiamo immaginare lo stato di angoscia delle decine di tecnici e di militari costretti ad operare in una simile situazione per cercare almeno di ridurre i danni.

Sulla quantità della contaminazione intervengono anche fattori per ora non noti dello stato della centrale di Fukushima: il tipo di combustibile utilizzato (livello di arricchimento) e il suo stato di esaurimento, ossia da quanto tempo le barre di combustibile erano state inserite e sottoposte a fissione nucleare.

Dunque la situazione è di estrema gravità: la nube radioattiva può estendersi su territori densamente popolati e contaminare gli abitanti, il mare e il territorio. Le conseguenze del disastro sono ora incalcolabili. Comparti come l'agricoltura, la pesca – pensiamo al gigantesco rilascio di radionuclidi in mare - il turismo subiranno danni di lunga durata. Ma ora dobbiamo solo sperare che la perversa spirale atomica venga riportata sotto controllo, grazie all'abnegazione di tecnici che ormai stanno rischiando la loro vita per salvare migliaia di altre persone.

Pierluigi Adami  
Co