

The day after:

i vantaggi, i problemi e i rischi dell'energia nucleare

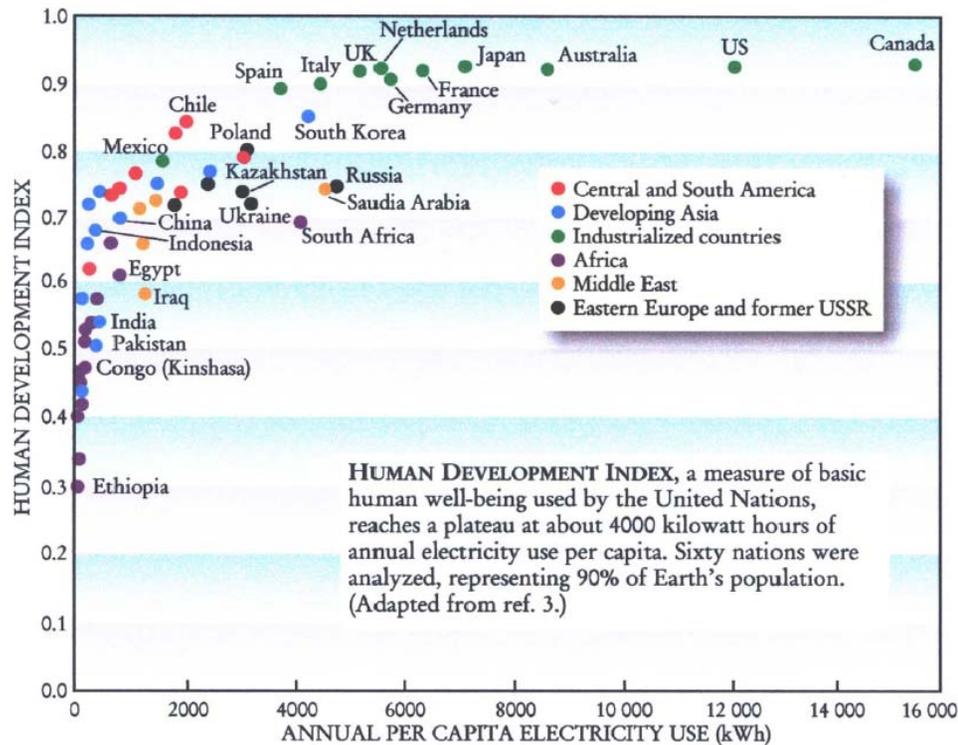


Un reattore nucleare NON può tecnicamente esplodere come una bomba ma ogni commento alla fotografia è inutile.

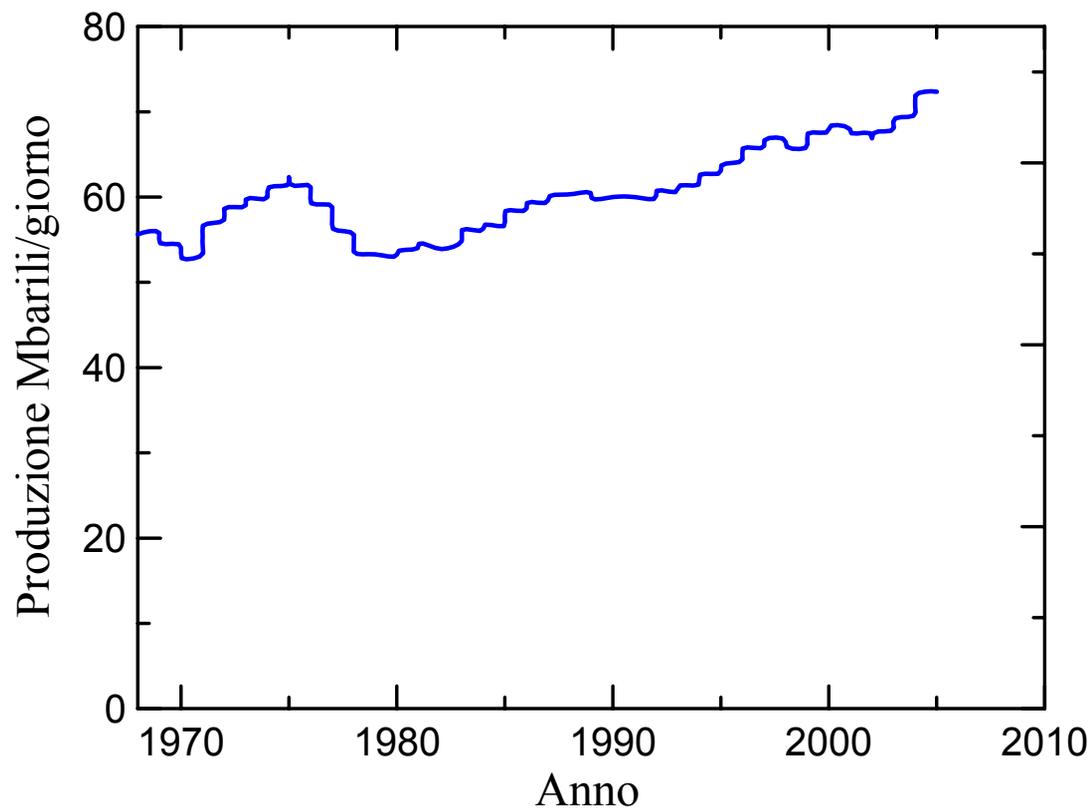
# The Energy Challenge

Physics Today, Aprile 2002

Nella società moderna l'energia è uno dei parametri essenziali per garantire un buon livello di vita della popolazione



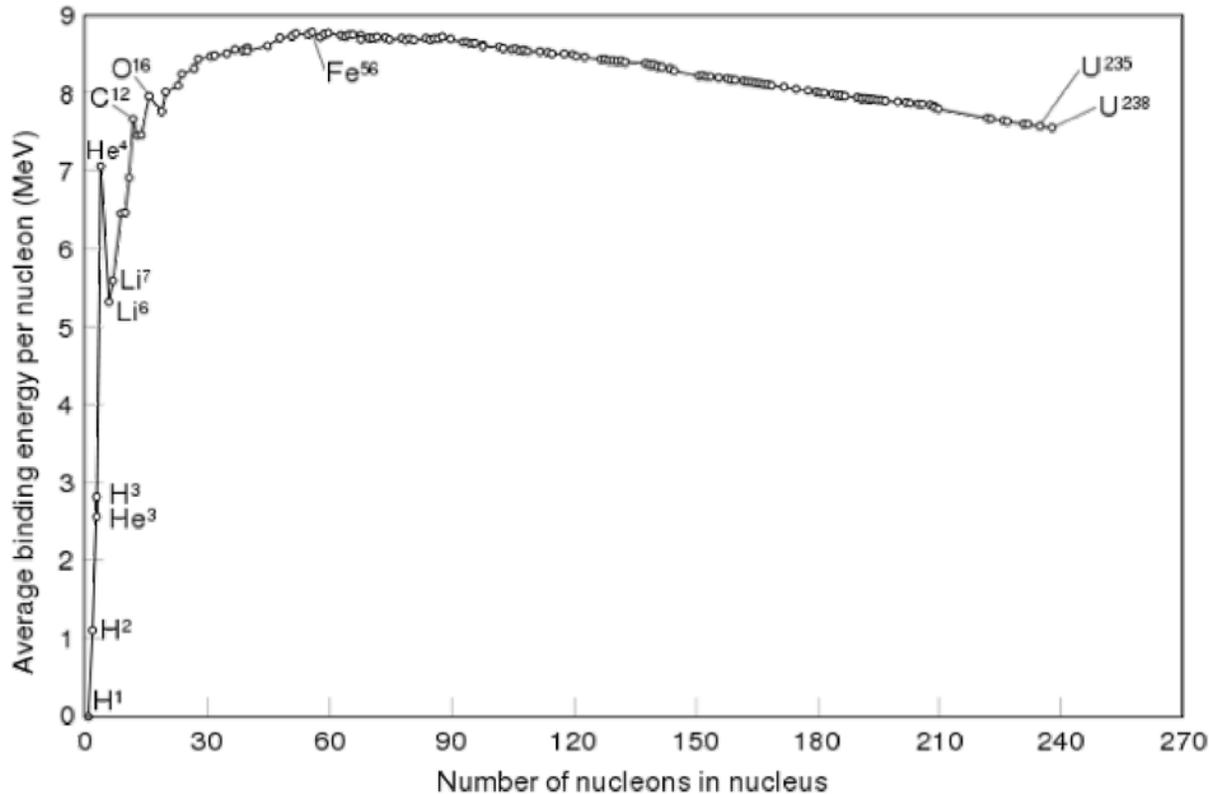
La futura durata del petrolio non è nota e poco si può speculare in merito. Le riserve non facilmente sfruttabili sono molto estese, quelle note e facilmente sfruttabili danno alcuni decenni di autonomia. Il problema è complesso ma **non** può essere ignorato.



Produzione di petrolio,  
dati DoE

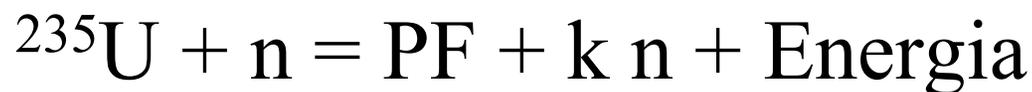
# L'energia nucleare (non rinnovabile).

Questa può essere prodotta da due fonti, fissione e fusione (esaminare le due reazioni (fusione e fissione) partendo dall'andamento dell'energia di legame dei nuclei con il numero di massa).



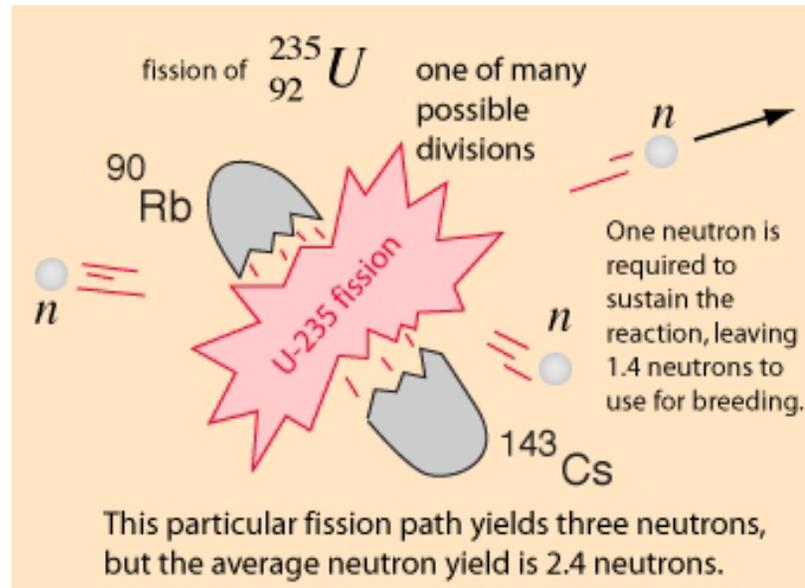
Le reazioni più semplici che possono avvenire e che producono elevate quantità di energia sono la fissione e la fusione. La prima avviene con isotopi pesanti e la seconda con isotopi leggeri.

La fissione è la più semplice delle due reazioni, ad esempio:



PF: prodotti (2) di fissione, k: numero di neutroni prodotti, in media 2.5 n per reazione.

Schematicamente il processo è rappresentato nello schema che segue:



Un neutrone viene assorbito da un nucleo di uranio che diventa instabile e si divide in due frammenti (Prodotti di Fissione), rilasciando altri neutroni. Questi possono produrre ulteriori processi dando luogo alla reazione a catena se i neutroni non vengono assorbiti prima.

Per realizzare un sistema di questo tipo si deve tenere in conto l'equilibrio fra i neutroni prodotti e quelli catturati dai vari processi di cattura, si deve poi asportare l'energia prodotta ed evitare la dispersione della radioattività prodotta.

La presenza di elevati livelli di radioattività è il principale problema che rende complesso l'impiego dell'energia nucleare.

La radioattività è un problema prevalentemente nella fase di produzione di energia e di rimozione del combustibile usato.

## Effetto delle radiazioni

Esistono molti tipi di radiazioni con vari effetti sugli organismi viventi.

Unità di misura della radioattività e dei danni da radiazioni negli organismi viventi:

Attività:

1 Bq (Becquerel) = 1 processo/s =  $1/3.7 \cdot 10^{10}$  Ci (Curie, obsoleta)

Dose assorbita:

1 Gy (Gray) = 1 J/kg = 100 rad (1 rad = 100 erg/g, obsoleta)

Unità di dose equivalente (per il danno biologico):

1 Sv (sievert) = 1 Gy  $W_R$  ( $W_R$  è il fattore di peso della radiazione)

Radiazione	$W_R$
Elettromagnetica (RX, $\gamma$ )	1
Elettroni e muoni	1
Neutroni (E < 10 keV)	5
Neutroni (10-100 keV, 2 - 20 MeV)	10
Neutroni (100 keV – 2 MeV)	20
Neutroni (E > 20 MeV)	5
Protoni (E > 5 MeV)	5
Alfa, PF, Nuclei pesanti	20

Massima dose raccomandata (addizionale per esseri umani): **15 mSv/anno** (50 mSv/anno in USA).

Dose letale (esseri umani): 50% in 30 giorni, dose 2.5-3 Gy (2.5-3 Sv di radiazione elettromagnetica RX o  $\gamma$ ), assumendo nessun trattamento e radiazione penetrante.

## ATTENZIONE

Le dosi assorbite sono sempre additive per tutta la vita.

Esistono molti usi in medicina sia per la diagnostica che per la terapia. In genere si usano RX per diagnostica e  $\gamma$  ed elettroni nella terapia. Si usano anche sostanze radioattive di vario tipo per tutti gli usi.

# Radioattività naturale

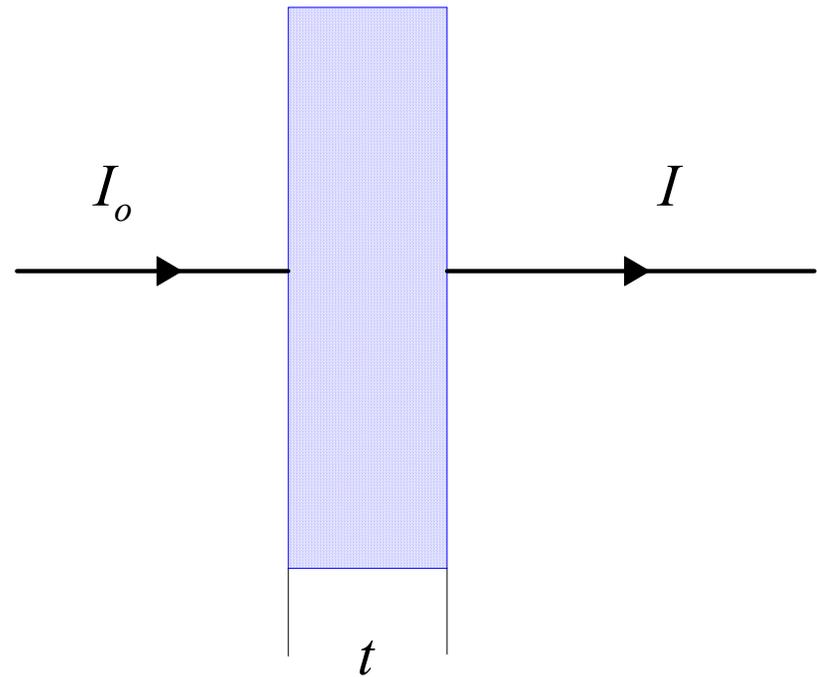
## Dose annuale equivalente

**NCRP 95 (1987)      NCRP 160 (2006)**

Sorgente	$\mu\text{Sv}$	mRem	$\mu\text{Sv}$	mRem
Inalato (Radon e prodotti)	2000	200	2290	229
Altri radionuclidi assorbiti	390	39	310	31
Radiazione terrestre	280	28	190	19
Radiazione cosmica	270	27	270	27
Somma arrotondata	3000	300	3100	310
Stima di sorgenti umane	600	60	3100	310
Totale	3600	360	6200	620

Un fascio di radiazione che attraversa del materiale di un certo spessore viene attenuato secondo la legge:

$$I = I_0 \exp[-\mu t] \quad \mu = \rho \sigma$$



I processi dipendono dalla sezione d'urto  $\sigma$  che è una proprietà del processo e degli isotopi in gioco.

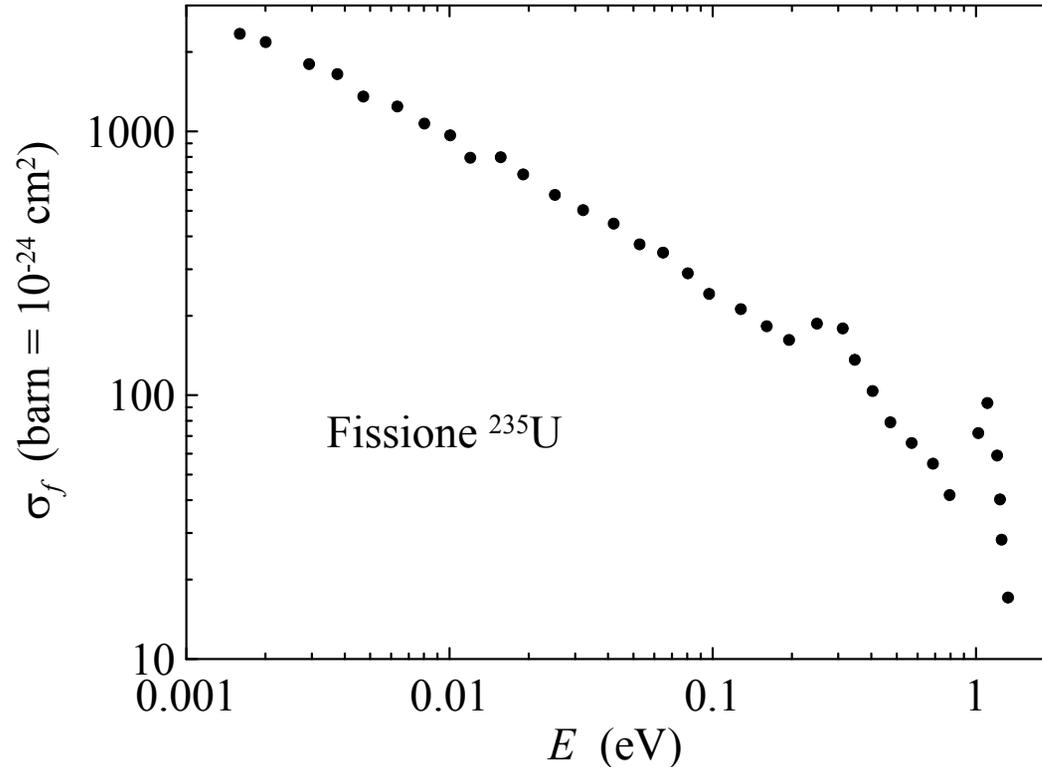
Il processo di fissione ha una sezione d'urto che dipende dall'energia dei neutroni. Gli isotopi utilizzabili sono:

$^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  ed altri transuranici

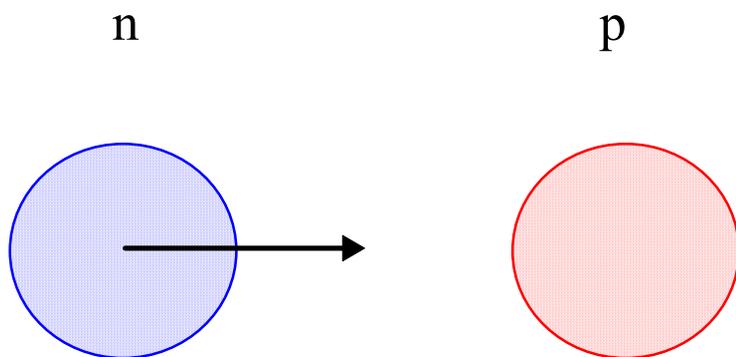
$^{232}\text{Th}$  e  $^{238}\text{U}$  sono considerati “fertili” cioè si possono impiegare per produrre i fissili  $^{233}\text{U}$  e  $^{239}\text{Pu}$ .

Le sezioni d'urto di  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{239}\text{Pu}$  sono alte solo a bassa energia dei neutroni ( $\ll 1$  eV). La reazione a catena avviene solo con neutroni rallentati da circa 1 MeV a meno di 0.1 eV (moderazione).

Dai dati misurati è evidente che il processo di fissione è molto sfavorito all'aumentare dell'energia dei neutroni. I neutroni prodotti nella fissione hanno un'energia di circa 1-2 MeV, cioè un milione di volte superiore a quella utile.



È ESSENZIALE ridurre l'energia dei neutroni. Il metodo, scoperto da Fermi e C intorno al 1930 è quello di far passare i neutroni attraverso un materiale composto di atomi leggeri perché la diffusione di un corpo con una certa energia da parte di uno di massa simile può portare ad una forte riduzione dell'energia.



L'urto più efficace è quello centrale fra un neutrone in moto ed un protone fermo. In questo caso, essendo le masse uguali, il neutrone perde tutta l'energia ed il protone l'acquista completamente.

La fase di moderazione è importante. La soluzione più comune è di avere dell'acqua (che contiene molto idrogeno) interposta fra elementi di combustibile relativamente piccoli (cm), eventualmente radunati in gruppi. L'acqua funziona così da MODERATORE ed anche da REFRIGERANTE. I neutroni lenti che si impiegano sono detti neutroni termici. Il refrigerante provvede a portare all'esterno l'energia sotto forma di calore. Il reattore è così una semplice macchina a vapore.

Le locomotive a vapore sono state per 100 anni il mezzo più comune per la trazione ferroviaria ed erano macchine termiche molto sofisticate.



L'idrogeno (protone) nell'acqua è efficace come moderatore e l'acqua è un ottimo materiale per trasportare il calore anche se non può essere usata a temperature superiori a circa 300°C poiché non si deve superare il suo "punto critico", cioè la temperatura al di sopra della quale non c'è più separazione fra liquido e vapore. Al di sopra di questa temperatura (acqua super critica) l'efficacia dell'acqua come refrigerante diventa bassissima.

Un problema con l'acqua è legata al fatto che i protoni hanno una probabilità di catturare i neutroni non piccolissima, producendo "deuterio". Il deuterio è stabile e non costituisce un problema ma la cattura dei neutroni impedisce la costruzione di un reattore che usi acqua naturale ed l'uranio naturale (solo 0.7% di  $^{235}\text{U}$ ).

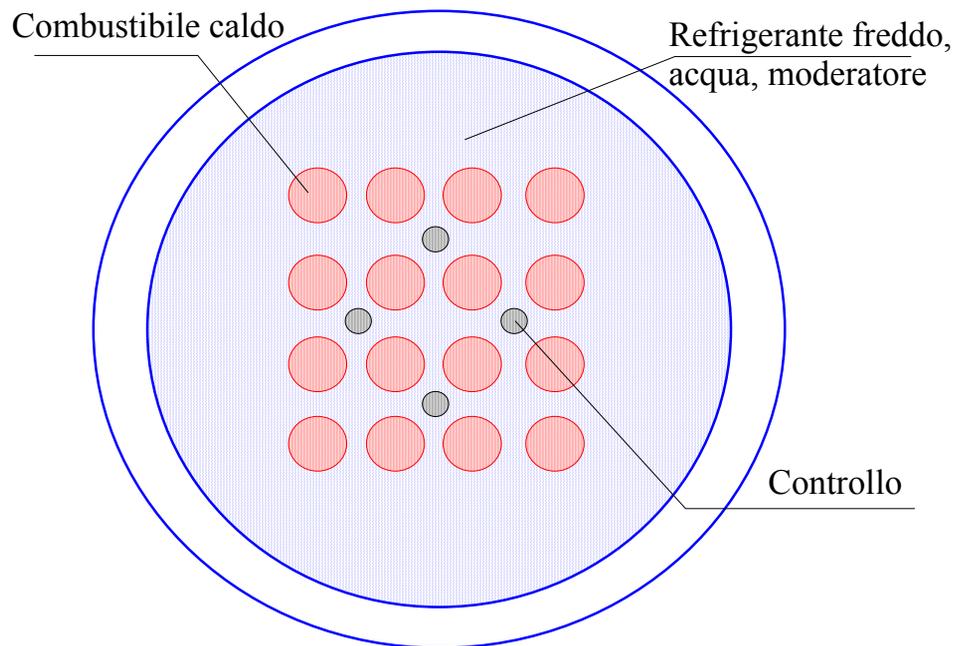
In alternativa è stato proposto il **CANDU** (**CAN**adian **D**euterium **U**ranium). In questo tipo di reattore si usa uranio naturale e "acqua pesante" (acqua in cui i protoni sono sostituiti con deutoni) che ha un assorbimento molto piccolo e consente la reazione a catena anche con uranio naturale. Il resto del processo è lo stesso.

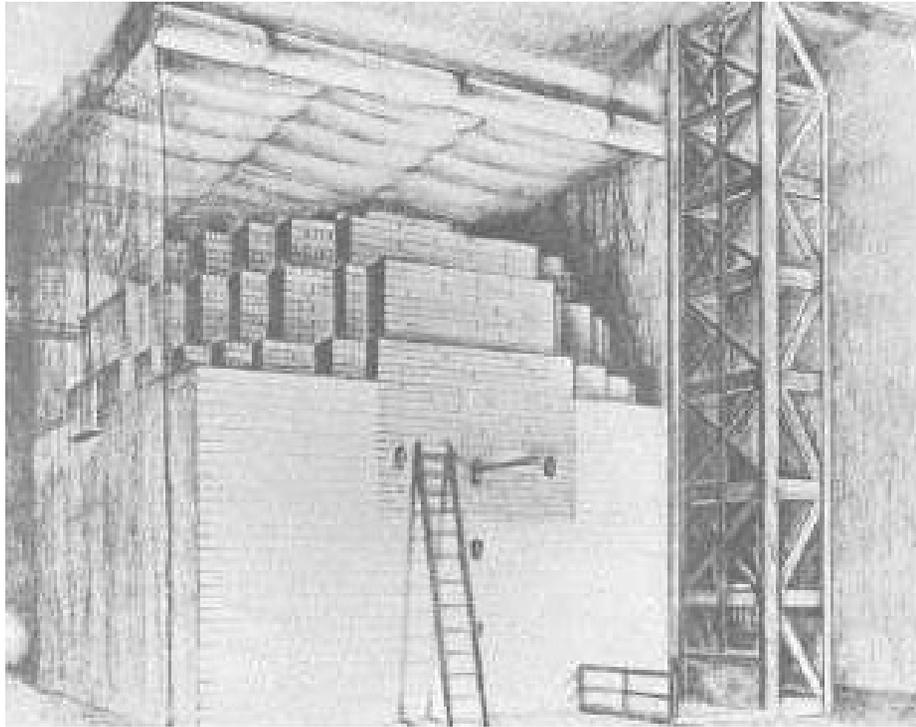


I reattori che impiegano acqua naturale devono necessariamente usare uranio arricchito, cioè con un contenuto di  $^{235}\text{U}$  superiore a quello naturale. Questo combustibile implica il processo di "arricchimento" che è abbastanza complesso e costoso.

Il processo di arricchimento è complesso e può aprire la possibilità alla costruzione di armi nucleari anche se la loro tecnologia è piuttosto complessa e la disponibilità del materiale fissile non è sufficiente. Per queste è necessario disporre di materiale fissile altamente arricchito (weapon grade) oltre alla capacità di assemblare gli ordigni.

Lo schema di principio è molto semplice. Sono presenti tre componenti: il combustibile (uranio), il refrigerante (acqua, serve anche per rallentare i neutroni altrimenti inattivi), il controllo (un materiale che assorba i neutroni che non possono più contribuire alla reazione). Ovviamente è necessario un contenitore.





La prima applicazione pratica si deve a E. Fermi che realizzò nel 1942 il primo reattore funzionante denominato CP-1, Chicago Pile-1. In questo reattore non c'era raffreddamento ed il moderatore erano blocchi di grafite ammassata intorno al combustibile.

Il reattore dissipava l'energia di una lampadina e non aveva alcuna protezione dato il basso flusso di radiazioni e la scarsissima conoscenza che si aveva dei loro danni.

Compton's phone call to James Conant, chairman of the National Defense Research Committee, was in code, though not a prearranged one: "The Italian navigator has landed in the New World." "How were the natives?" Conant asked. "Very friendly." Thus Compton conveyed his recognition of the success of the pile as the fastest way to harness nuclear energy. (The first Italian navigator discovered the New World in 1492; the second found another in 1942.)

Scram is usually cited as being an acronym for **safety control rod axe man**. The actual axe man at the first chain-reaction was Norman Hilberry. In a letter to Dr. Raymond Murray (January 21, 1981), Hilberry wrote:

When I showed up on the balcony on that December 2, 1942 afternoon, I was ushered to the balcony rail, handed a well sharpened fireman's ax and told, "if the safety rods fail to operate, cut that manila rope." The safety rods, needless to say, worked, the rope was not cut... I don't believe I have ever felt quite as foolish as I did then. ...I did not get the SCRAM [Safety Control Rod Axe Man] story until many years after the fact. Then one day one of my fellows who had been on Zinn's construction crew called me Mr. Scram. I asked him, "How come?" And then the story.

Il termine SCRAM viene ora normalmente usato per indicare lo spegnimento di emergenza.

In un reattore di grande potenza la quantità di radioattività rilasciata è enorme ed è in grado di uccidere in tempi brevissimi ( $>10^5$  Gy). Più pericolosa ancora è la contaminazione interna che ha, o effetti immediati se elevata, o effetti a lungo termine noti solo su base statistica, se bassa.

Non sono noti gli effetti dei livelli bassissimi di radioattività.



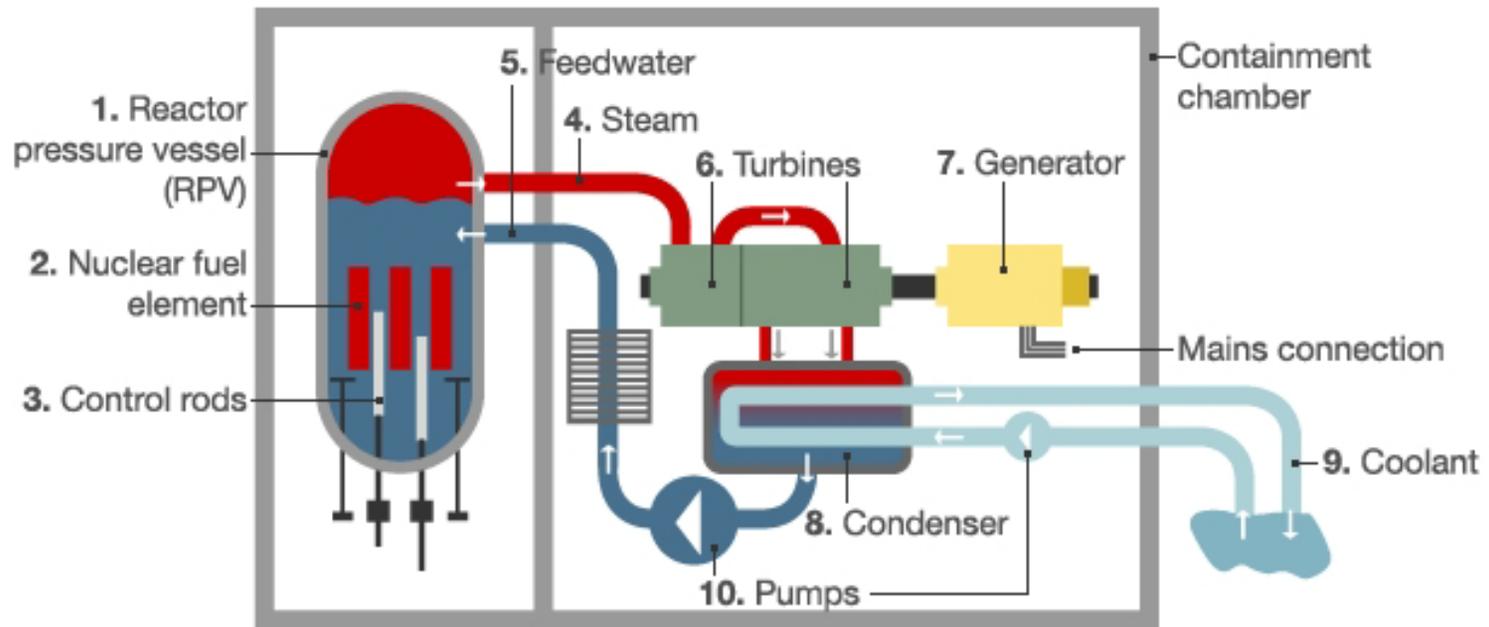
Foto dell'interno di un reattore di ricerca, la luce è prodotta solo in parte da lampade, una elevata luminosità azzurra è prodotta dalle radiazioni emesse dal processo.

Il problema principale è costituito dai prodotti di fissione. L'energia prodotta da una reazione è di circa 200 MeV. Di questi, 10 MeV sono radiazione elettromagnetica (raggi  $\gamma$ ), 2 MeV sono per i neutroni, il resto si distribuisce sui (due) prodotti di fissione. Alcuni di questi isotopi sono radioattivi con vite medie da molto brevi a molto lunghe.

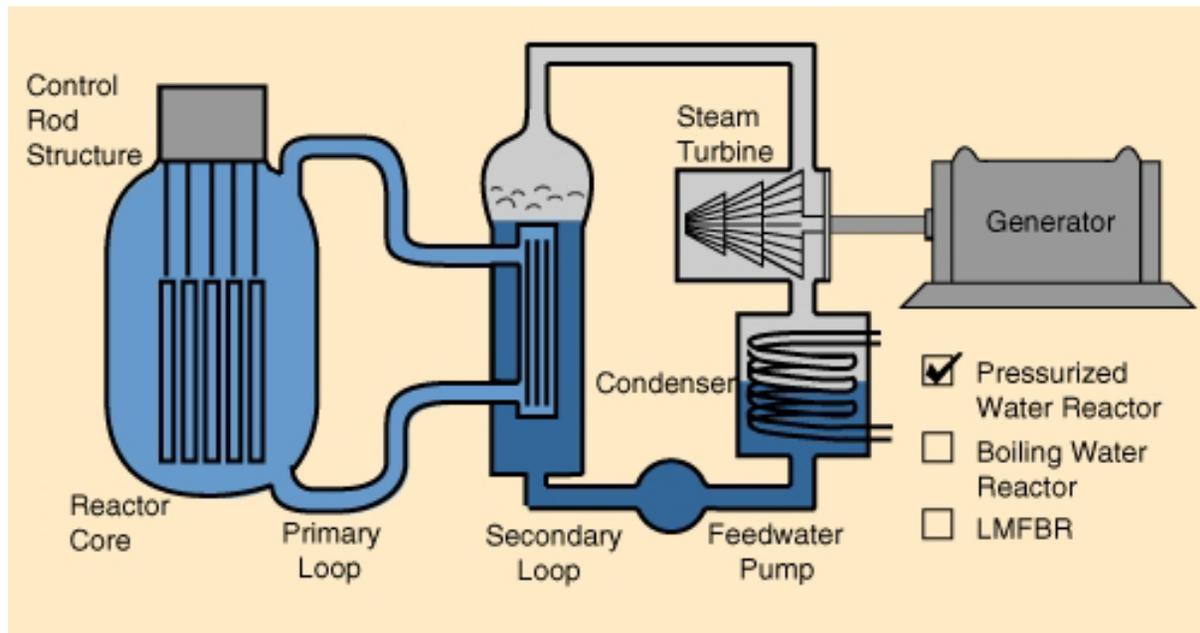
Un isotopo a vita breve è molto pericoloso per poco tempo, uno a vita lunga è meno pericoloso ma per molto tempo. La radioattività inevitabilmente dà luogo a sviluppo di energia (quella delle particelle emesse).

Fin dall'inizio sono stati sviluppati vari disegni a seconda del combustibile impiegato e del refrigerante/moderatore ma di base ci sono due soluzioni pratiche: reattori ad acqua bollente (BWR, come quello di Fukushima) e reattori ad acqua pressurizzata (PWR, più complessi e costosi).

**Boiling Water Reactor system**



Il sistema PWR utilizza due circuiti di raffreddamento separati che, in linea di principio, danno più sicurezza ma la costruzione è intrinsecamente più complessa per via dell'alta pressione dell'acqua. Il reattore è più efficiente dal punto di vista energetico.



Il punto debole del processo di fissione è legato alle sue scorie, cioè prodotti di fissione.

Essi sono estremamente radioattivi per un periodo lunghissimo.

Il combustibile deve essere protetto con delle guaine di materiali appositi per non rilasciare nell'acqua prodotti radioattivi (cladding).

Il combustibile esausto deve essere riprocessato, una procedura complessa e pericolosa che permette di separare le scorie dal combustibile riutilizzabile.

Le scorie devono essere conservate in assoluta sicurezza per migliaia di anni.

Alcuni dei prodotti di fissione sono isotopi che assorbono i neutroni. Il risultato è che periodicamente il combustibile deve essere rimosso perché è "avvelenato" e non sostiene più la reazione. Tipicamente il 95 % del combustibile è ancora da usare. È quindi essenziale procedere al recupero del combustibile ancora utilizzabile.

Il combustibile contiene anche del materiale "fertile" per cui a fine vita, parte di esso è divenuto combustibile utilizzabile. Il processo che viene utilizzato a fine vita è quello di separare  $^{235}\text{U}$  rimasto e  $^{239}\text{Pu}$  (prodotto da  $^{238}\text{U}$ ) dal resto.

Il resto non sono solo scorie: vi sono isotopi che possono avere vari usi.

I prodotti di fissione hanno energia abbastanza alta e possono fuoriuscire dal combustibile. È essenziale usare le guaine per evitare che i prodotti di fissione inquinino il sistema refrigerante. Inoltre l'uranio ha proprietà termomeccaniche pessime e quindi non può essere messo in contatto dell'acqua (o dell'acqua pesante), quindi le guaine sono essenziali. Tuttavia non si possono usare guaine di acciaio in quanto il ferro e gli altri componenti assorbono i neutroni. Si usa una lega a base di zirconio (Zircaloy) che ha un assorbimento minimo. Ovviamente il combustibile raggiunge temperature elevate e la guaina è sottoposta a notevoli sforzi meccanici ed aggressione chimica in quanto l'acqua ad alta temperatura è alquanto aggressiva sui metalli.



Vasca del combustibile dopo l'uso. È necessario un continuo raffreddamento, conservando il combustibile in condizioni che non consentano la fissione in modo apprezzabile.



Combustibile esausto in attesa di rimozione.

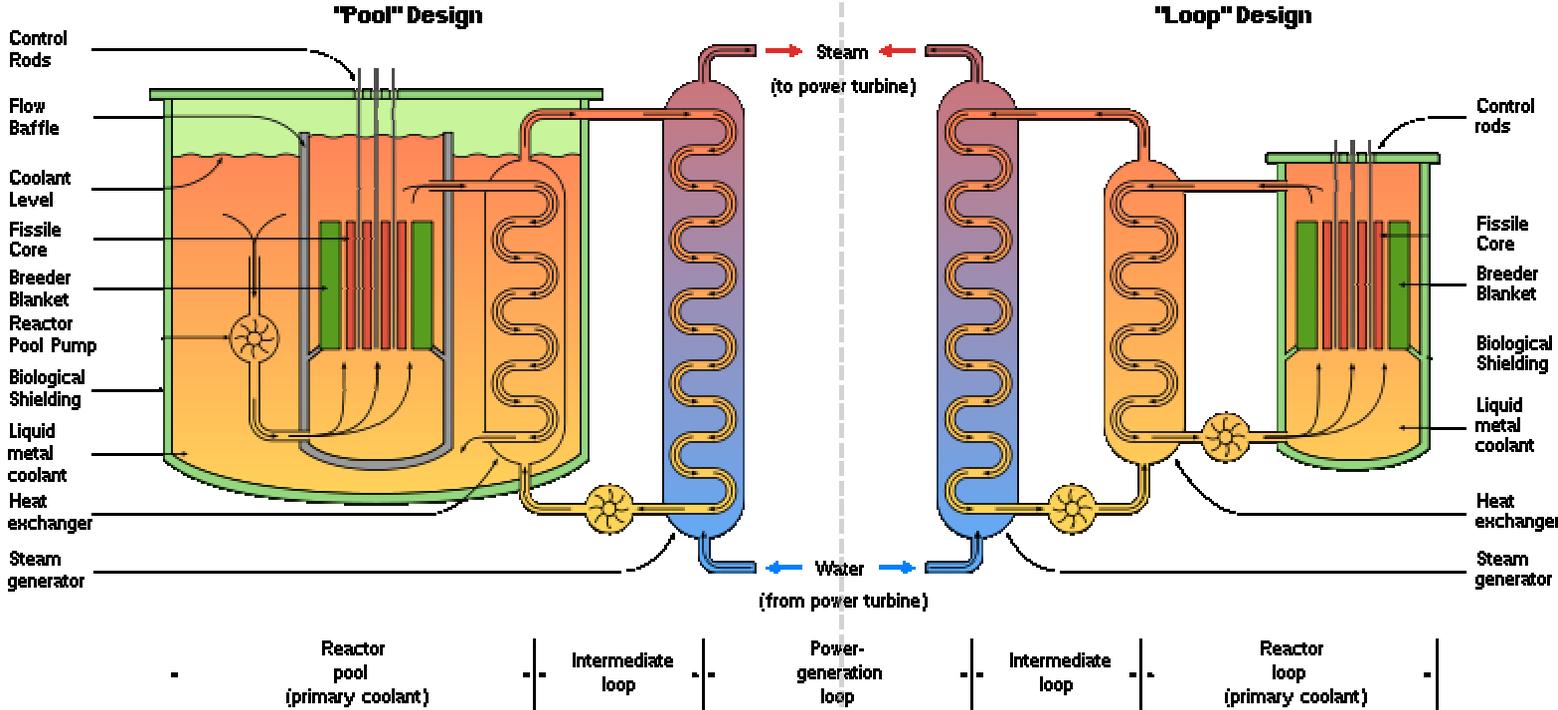
Un'alternativa apparentemente superiore a queste soluzioni è il reattore "autofertilizzante" (reattori breeder).

In questo reattore si cerca di far sì che si produca, per assorbimento di neutroni, del nuovo combustibile ( $^{239}\text{Pu}$  e  $^{233}\text{U}$ ) partendo da  $^{238}\text{U}$  o da  $^{232}\text{Th}$  in modo da avere un migliore ciclo del combustibile. Tuttavia il problema delle scorie rimane abbastanza inalterato. In particolare rimane inalterato il problema delle scorie in fase di funzionamento e nella fase finale di rimozione e stoccaggio in luogo sicuro (per quanto tempo?).

I reattori autofertilizzanti sono di due tipi principali: con neutroni termici, come quelli fin qui descritti e quelli con neutroni veloci.

I neutroni veloci (energia 1 MeV e oltre), con probabilità bassa, danno luogo a fissione con l'isotopo  $^{238}\text{U}$ . In questo modo si produce l'isotopo  $^{239}\text{Pu}$  che è uno dei migliori materiali fissili ottenibili in grande quantità. Il resto rimane inalterato salvo che non si può usare l'acqua come refrigerante perché in questo caso non si devono rallentare i neutroni, infatti  $^{238}\text{U}$  non fa fissione con i neutroni di bassa energia. In questi reattori si usa del sodio liquido (temperatura di fusione 371 K) che però è estremamente reattivo e la tecnologia relativa abbastanza complessa. In linea di principio il reattore può funzionare a temperature più alte ma i contenitori di acciaio non possono sopportare temperature di esercizio realmente altissime.

# Liquid Metal cooled Fast Breeder Reactors (LMFBR)

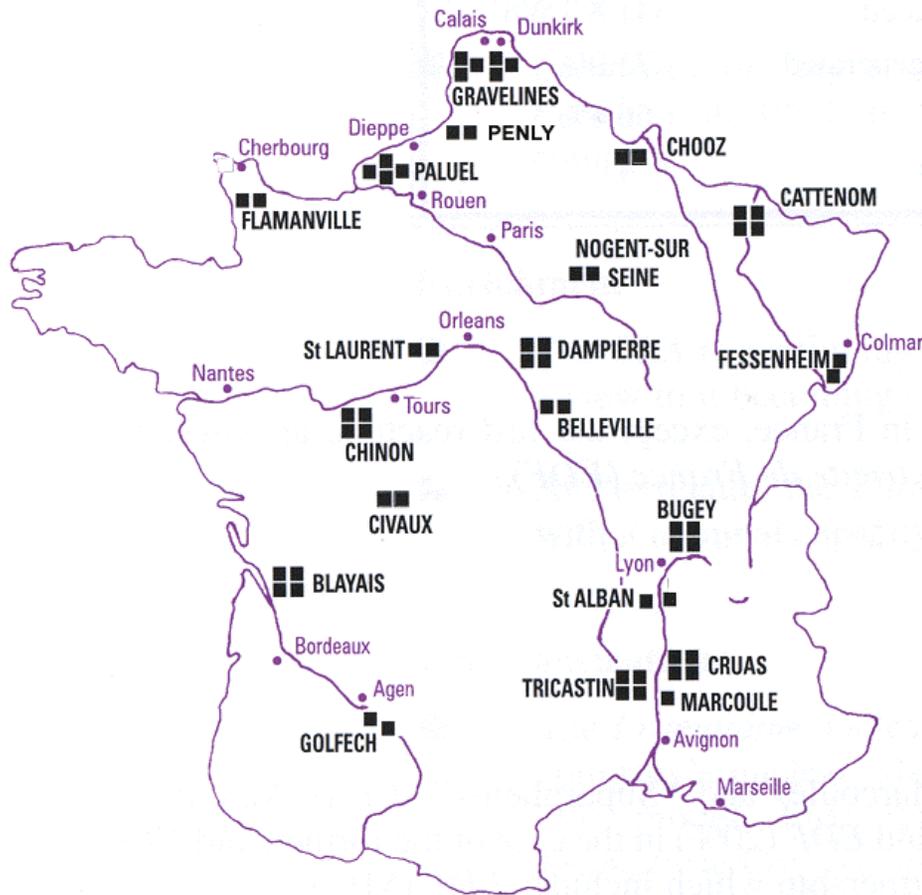


Smarter Use of ...

**REPORT: UNSUCCESSFUL "FAST BREEDER" IS NO SOLUTION FOR  
LONG-TERM REACTOR WASTE DISPOSAL ISSUES**

After Over **\$50 Billion Spent** by US, Japan, Russia, UK, India and France, No Commercial Model Found; High Cost, Unreliability, Major Safety Problems and Proliferation Risks All Seen as Major Barriers to Use.

[http://www.fissilematerials.org/ipfm/pages\\_us\\_en/about/about/about.php](http://www.fissilematerials.org/ipfm/pages_us_en/about/about/about.php)



È utile osservare la distribuzione dei reattori nucleari in Francia. Il vantaggio economico di questo tipo di energia è definitivamente stabilito se non si considerano i problemi connessi e tutto il ciclo dalla fase di progettazione alla costruzione, esercizio e chiusura.

Questo senza considerare la questione delle scorie.

# Stazione di potenza Fermi, Lago Erie, Michigan



La stazione contiene più reattori. Sul sito vi è anche il primo reattore autofertilizzante ora spento per un grave incidente che ha messo in dubbio la tecnologia. Un altro reattore è in funzione ed un terzo potrebbe sostituire il secondo.



Superphoenix. Unico reattore autofertilizzante di potenza mai costruito. Dopo molti problemi, inclusa la fuoriuscita del refrigerante (sodio) con incendi e perdita di radioattività, è stato chiuso e ritirata la licenza di esercizio.

# Catastrofe di Fukushima

After earthquake 11 March



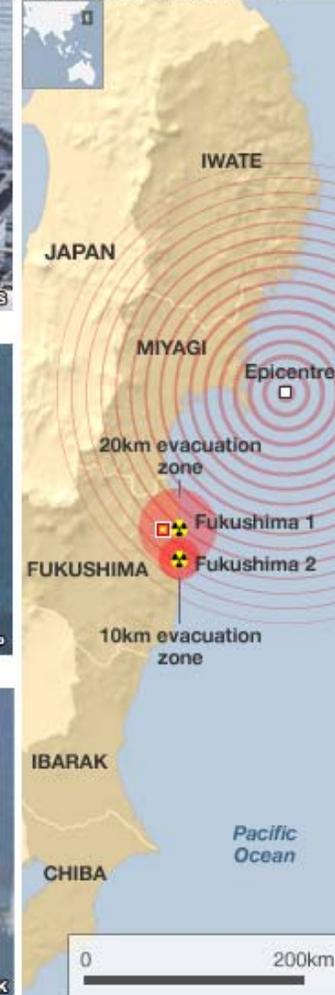
Explosion 0630 GMT 12 March



After explosion 0730 GMT



Fukushima plants





NTV Japan



Foto area attuale e foto satellitare del 2004. Il disastro causato dallo tsunami è evidente.

Il disastro è stato causato prevalentemente dallo tsunami che ha distrutto tutto il sistema di raffreddamento dei reattori, inclusi i tre che erano in manutenzione e quindi spenti già prima del terremoto.

L'impianto è vicino al mare per semplificare il raffreddamento. Dopo il terremoto i reattori si sono automaticamente spenti ma con lo tsunami si è avuta la mancanza dell'energia ausiliaria di tutti i generatori con il conseguente aumento di temperatura sia del combustibile nei reattori che erano in funzione sia in quelli che erano spenti in precedenza.

L'alta temperatura, oltre a produrre il rischio di fusione del combustibile, ha dato luogo anche alla produzione di idrogeno con il processo detto di "radiolisi", cioè la decomposizione dell'acqua in presenza di radiazioni. L'idrogeno si è diffuso anche negli edifici di contenimento ed ha dato luogo alle esplosioni che hanno distrutto quelli delle unità 1 e 3. Esplosioni sono probabilmente avvenute anche all'interno dei contenitori dei reattori che però non sono stati distrutti completamente e forse mantengono un certo grado di contenimento.

Il combustibile, in assenza di raffreddamento, si è trovato parzialmente scoperto dall'acqua e probabilmente parte del combustibile in qualche unità si è fuso. La fusione ha portato al rilascio di prodotti di fissione con il conseguente successivo inquinamento delle acque marine e del territorio circostante.

Il processo che ha dato luogo al disastro poteva forse essere fermato nella fase iniziale subito dopo lo tsunami ma è difficile dire se si sarebbe potuto evitare.

La domanda è se si possono prevedere tutti i possibili incidenti in considerazione dell'estrema pericolosità di incidenti che implicano il rilascio di prodotti di fissione.

Un esercizio interessante e relativamente semplice è il calcolo della quantità di energia che viene rilasciata dal combustibile in assenza di fissione (cioè a reattore spento) dopo un certo periodo di funzionamento.

Il calcolo può essere fatto partendo dall'energia prodotta (potenza  $\times$  tempo) che permette di stabilire quante fissioni si sono avute (energia / 200 MeV). Dal numero di fissioni si può dedurre quanti nuclei radioattivi sono stati prodotti e l'energia prodotta assumendo una vita media di qualche mese per la parte a decadimento rapido e assumendo circa 5 MeV rilasciati per decadimento. Questo calcolo può dare una stima del calore da rimuovere a reattore spento.

La miglior sorgente di informazione è l'agenzia internazionale per l'energia atomica: IAEA (International Atomic Energy Agency). È un'agenzia internazionale indipendente dai governi con sede a Vienna. Raccoglie e controlla tutte le centrali nucleari dei paesi aderenti. Controlla anche tutto il materiale fissile esistente per tenere sotto controllo la proliferazione delle armi atomiche. I reattori autofertilizzanti sono particolarmente soggetti al problema poiché producono grandi quantitativi di  $^{239}\text{Pu}$  che è adattissimo alla costruzione di ordigni nucleari.

<http://www.iaea.org/newscenter/news/tsunamiupdate01.html>

## 1. Current situation (28 aprile)

Overall, the situation at the Fukushima Daiichi nuclear power plant **remains very serious**, but there are signs of recovery in some functions, such as electrical power and instrumentation.

In Unit 1 fresh water was being continuously injected into the reactor pressure vessel through the feedwater line at an indicated flow rate of 6 m<sup>3</sup>/h using a temporary electric pump with off-site power. On 27 April at 01:02 UTC an operation was initiated to increase the flow rate for injected water gradually from 6 m<sup>3</sup>/h to 14 m<sup>3</sup>/h to determine the amount of water required to flood the reactor core.

In Unit 2 and Unit 3 fresh water is being continuously injected into the reactor pressure vessel through the fire extinguisher line at an indicated rate of 7 m<sup>3</sup>/h using temporary electric pumps with off-site power.

In Unit 4 water continues to be sprayed on to the spent fuel pool using a concrete pump truck. An amount of 85 tonnes of water was sprayed on 27 April.

Nitrogen gas is still being injected into the containment vessel in Unit 1 to reduce the possibility of hydrogen combustion in the containment vessel. The indicated pressure in the reactor pressure vessel is still increasing.

In Unit 1, the indicated temperature at the feedwater nozzle of the reactor pressure vessel is 132.0 °C and at the bottom of reactor pressure vessel is 110.5 °C.

In Unit 2 the indicated temperature at the feedwater nozzle of the reactor pressure vessel is 120.4 °C. The reactor pressure vessel and the dry well remain at atmospheric pressure. On 26 April an amount of 47.5 tonnes of fresh water was injected into the spent fuel pool using the spent fuel pool clean-up system.

In Unit 3 the indicated temperature at the feed water nozzle of the reactor pressure vessel is 72.0 °C and at the bottom of the reactor pressure vessel is 110.7 °C. The reactor pressure vessel and the dry well remain at atmospheric pressure.

There has been no change in the status in Unit 5 or Unit 6 or in the common spent fuel storage facility.

Spraying of anti-scattering agent at the site is continuing. An area of 7500 m<sup>2</sup> to the east of the Unit 3 turbine building was sprayed on 27 April.

## 2. Radiation monitoring

Deposition of Cs-137 was detected in four prefectures on 26 and 27 April, the values reported ranging from 4 Bq/m<sup>2</sup> to 29 Bq/m<sup>2</sup>. I-131 deposition was reported for one prefecture on 26 April, with a value of 3.3 Bq/m<sup>2</sup>.

Gamma dose rates are measured daily in all 47 prefectures. A general decreasing trend has been observed in all locations since around 20 March. For the Fukushima prefecture gamma dose rates remain at 1.8  $\mu\text{Sv/h}$ . In Ibaraki prefecture gamma dose rates were slightly below 0.12  $\mu\text{Sv/h}$ . The other 45 prefectures had gamma dose rates of below 0.1  $\mu\text{Sv/h}$ , falling within the range of local natural background radiation levels. Gamma dose rates reported specifically for the eastern part of Fukushima prefecture, for distances beyond 30 km from the Fukushima Daiichi plant, showed a similar general decreasing trend, ranging from 0.1 to 13.6  $\mu\text{Sv/h}$ , as reported on 26 April.

On-site measurements at the west gate of the Fukushima Daiichi plant indicate the presence of I-131 and Cs-137 in the air in the close vicinity of the plant (within approx. 1 km). The concentrations in air reported since 31 March show a maximum on 14 April of  $11.8 \times 10^{-4}$  Bq/cm<sup>3</sup> for total I-131 and  $2.7 \times 10^{-4}$  Bq/cm<sup>3</sup> for total Cs-137. The values reported for 26 April are  $9.0 \times 10^{-5}$  Bq/cm<sup>3</sup> for total I-131 and  $2.4 \times 10^{-5}$  Bq/cm<sup>3</sup> for total Cs-137.

Since 1 April there has been one remaining restriction on the consumption of drinking water relating to I-131 (with a limit of 100 Bq/L), which applies to one village in the Fukushima prefecture and only for infants.