

ENERGIA NUCLEARE

Oltre a quanto affrontato in classe e studiato sul libro vi lascio questi appunti schematici.

Importante: le nozioni del libro e delle pagine già inserite on-line devono essere ripassate bene!!!

NEL TESTO INDIVIDUA E SOTTOLINEA I VANTAGGI E GLI SVANTAGGI, POI RIASSUMI IN UNA TABELLA

Funzionamento

Nelle centrali nucleari l'energia scaturisce dal bombardamento dell'uranio con neutroni. Il nucleo dell'uranio si divide in due nuclei più piccoli tramite un processo detto di '**fissione nucleare**' durante il quale si genera energia e altri neutroni che, a loro volta, continueranno a far dividere i nuclei di uranio dando luogo alla famosa '**reazione a catena nucleare**'. Durante questo processo viene emessa radioattività ad alta intensità. Gli oggetti e i metalli esposti alle radiazioni diventano essi stessi radioattivi, ossia scorie radioattive. Le scorie dovranno essere stoccate per migliaia di anni fin quando non decade il livello di radioattività. Il grado di radioattività non consente all'uomo di avvicinarsi alle scorie e, al momento, la scienza non è in grado di distruggere le scorie radioattive o di accelerare il periodo di decadimento della radioattività.

L'uranio è la materia prima delle centrali nucleari a fissione. Una minima quantità di uranio consente di produrre un'elevata quantità energia, e a differenza del carbone o del petrolio, senza emissioni di anidride carbonica (principale causa dell'effetto serra). Non esistono stime ufficiali sull'estrazione annuale di uranio. Questi dati sono coperti dal segreto militare o dal segreto di Stato.

Conseguenze in caso di incidente. L'epilogo di Chernobyl ha causato conseguenze globali e, ancora oggi, non si conosce il reale impatto sulla salute. Se da un lato le nuove centrali di ultima generazione garantiscono un livello di sicurezza elevato, dall'altro non si può fare a meno di pensare che anche la centrale di Chernobyl era stata considerata sicura a suo tempo.

Le scorie radioattive devono essere stoccate per migliaia di anni. Nessun paese al mondo è giunto a una soluzione definitiva di stoccaggio. In Italia, nel 2003 si fermò in protesta un'intera regione italiana per impedire la realizzazione di un deposito geologico di scorie. Le comunità locali sono, infatti, restie ad accettare un deposito di scorie o una centrale nucleare vicino casa.

La produzione di armi nucleari. Non si può negare un legame tecnologico tra la produzione civile di energia nucleare e l'industria bellica. Nel 2004 gli USA e altri paesi occidentali fecero grande pressione sull'Iran per impedire la costruzione di una centrale nucleare civile proprio per il timore che questi impianti fossero utilizzati anche per finalità belliche. Pertanto il legame tra le due attività esiste.

Il costo reale del nucleare. Da circa 15 anni nessun paese occidentale, salvo la Finlandia, ha messo in cantiere nuove centrali nucleari. Il nucleare comporta costi elevati fin dalla realizzazione degli impianti. Vanno poi ad aggiungersi i costi militari per garantire la sicurezza dagli attentati terroristici e i costi per smantellare la centrale nucleare al termine della sua attività. Tutti questi costi non sono sostenibili da un'industria privata. Lo Stato deve necessariamente intervenire a copertura delle spese aumentando tasse e imposte ai contribuenti. In breve, il basso costo dell'energia in bolletta potrebbe essere più che compensato dall'aggravio fiscale in termini di imposte.



Il costo variabile dell'energia nucleare può trarre in inganno poiché non include l'intera spesa che il pubblico deve sostenere per realizzare, gestire e infine smantellare una centrale nucleare. Analizzando complessivamente il sistema energetico, ovvero partendo dalla costruzione delle centrali sino anche alla complessa gestione dei rifiuti, si riscontra un notevole incremento nei costi sociali e una scarsa convenienza economica sociale.

Una centrale nucleare necessita un lungo periodo di tempo per essere costruita (in media 10 anni). In questo lungo periodo di tempo vanno poi aggiunti i costi opportunità, ossia le perdite di denaro che avrei potuto guadagnare se gli stessi fondi (utilizzati per la centrale) fossero stati depositati in banca o occupati in altre attività economiche.  Il mio guadagno sarebbe stato pari a tasso di interesse

Al termine del ciclo di vita della centrale nucleare va considerato anche il costo del suo smantellamento, la bonifica del territorio e lo stoccaggio delle scorie radioattive. Esempio. per costruire la centrale nucleare Usa di Maine Yankee negli anni '60 sono stati investiti 231 milioni di dollari correnti. Recentemente questa centrale ha terminato il suo ciclo produttivo e per smantellarla sono stati allocati 635 milioni di dollari correnti. Soltanto per smantellare le quattro centrali nucleari italiane l'International Energy Agency ha stimato un costo pari a 2 miliardi di dollari.

Va comunque considerato che l'antieconomicità del nucleare è soltanto un aspetto dell'analisi politica. Il ritorno al nucleare può essere giustificabile per ridurre la dipendenza delle economie occidentali dall'import di petrolio, gas e carbone. La capacità di una nazione di far fronte al proprio fabbisogno energetico interno rappresenta un obiettivo politico e strategico per difendere la propria economia nazionale.

ENERGIA NUCLEARE NEL MONDO

Chi produce l'energia nucleare? Sono circa 440 i reattori nucleari attivi nel mondo. I paesi con maggiore presenza di reattori nucleari sono i seguenti:

- 104 negli USA
- 59 in Francia
- 53 in Giappone

I paesi che soddisfano il proprio fabbisogno energetico interno tramite l'energia nucleare sono i seguenti:

- Francia: 76% fabbisogno energetico interno
- Paesi dell'Europa dell'Est: 40-50%
- Unione europea: 35%
- Paesi OCSE: 25%
- USA: 20%

Nel futuro si prevede un minore impiego dell'energia nucleare?

Nonostante i dati favorevoli al nucleare (soprattutto la situazione francese) secondo l'IAEA (International Atomic Energy Agency) il peso dell'energia nucleare rispetto alle altre fonti di energia era destinato a ridursi entro il 2020.

L'assenza di investimenti nella costruzione di nuove centrali nucleari in Europa negli anni '90 è un dato di fatto.

La Finlandia è stato l'unico paese europeo ad avere messo in cantiere nell'ultimo decennio del '900 la costruzione di una nuova centrale nucleare (centrale di Olkiluoto, attiva entro il 2010).

L'approccio nei confronti del nucleare da parte dei paesi europei è radicalmente mutato nel corso del primo decennio degli anni duemila.



L'effetto serra e il caro petrolio hanno fatto riavvicinare all'energia nucleare anche i paesi occidentali più scettici.

Agli inizi degli anni duemila molti paesi europei nuclearizzati (Svezia, Germania, Olanda e Belgio) avevano deciso di non sostituire le attuali centrali nucleari al termine del loro ciclo produttivo. La politica prevalente in questi ultimi anni tende a prolungare la vita delle centrali nucleari europea, in attesa di una possibile risposta ai problemi del nucleare da parte della ricerca scientifica. Prevale pertanto una politica di attesa.

CENTRALI A FISSIONE NUCLEARE

I reattori tradizionali

sono basati sul principio della generazione di calore dal nocciolo, il luogo dove avviene la reazione di fissione nucleare. Il calore a sua volta produce forza-vapore in grado di muovere turbine per generare elettricità. Il combustibile per ottenere la fissione dell'atomo è l'uranio arricchito. Le temperature medie di funzionamento oscillano intorno ai 330° C. Questa tecnologia produce scorie nucleari, la cui radioattività può durare migliaia di anni (anche 100.000).

I reattori di nuova generazione

I nuovi reattori nucleari a fissione prendono spunto dall'esperienza passata. Sono molto più sicuri dei reattori tradizionali, in caso di incidente le conseguenze sono minimizzate da doppi apparati di sicurezza basati sia su sistemi automatizzati e su principi fisici. Citiamo due reattori utilizzati nelle centrali nucleari di nuova generazione.

- Nel reattore "a spettro veloce" il nocciolo è immerso nel sodio liquido, capace di scongiurare la dispersione di calore in caso di incidente. Il combustibile è il medesimo (uranio liquido) delle centrali tradizionali. Il problema delle scorie radioattive non viene risolto. La temperatura media è superiore ai reattori tradizionali e raggiunge circa 500°.
- Nel reattore "a letto di sfere" il nocciolo è composto anche da grafite per garantire la resistenza fino a 1600. Questo reattore, pur non eliminando il problema delle scorie, ha il pregio di non produrre plutonio (materia prima dell'industria bellica di armi atomiche).

SCORIE NUCLEARI

Qualsiasi centrale nucleare produce "scorie radioattive". Una parte di questa è normalmente dispersa nell'ambiente. Ad esempio i reflui del raffreddamento sono scaricati direttamente nelle acque dei fiumi (da cui viene prelevata anche l'acqua) poiché considerati non pericolosi.

Diversamente avviene per tutti i materiali che, trovandosi nel reattore o nei pressi, sono soggetti ad una continua emissione di radiazioni (bulloni, pareti, contenitori ecc.).

Al termine del ciclo produttivo della centrale nucleare, questi oggetti diventano rifiuti radioattivi e quindi pericolosi. Sono definiti per semplicità "**scorie nucleari**".

Le scorie nucleari si distinguono in base al grado di radioattività (ovvero alla loro pericolosità):

Alta attività (scorie di 3° grado): l'alto grado di radioattività presente in queste scorie può richiedere anche 100.000 anni per decadere. Sono in particolare le ceneri prodotte dalla combustione dell'uranio.

Media attività (scorie di 2° grado)

Bassa attività (scorie di 1° grado)

I principali centri di stoccaggio europei (tutti non geologici) sono:

Le Hague (Francia)

Sellafield (Gran Bretagna)

Oskarshamn (Svezia)

Olkiluoto (Finlandia)

Tutti i centri di stoccaggio europei hanno natura "temporanea". Non conoscendo con precisione le conseguenze dello stoccaggio di scorie radioattive nel tempo, si rende possibile un loro trasferimento in altri luoghi. Nel caso dei siti geologici questo non sarebbe più possibile, i materiali ospitati sottoterra dovranno restarci definitivamente.

In alcuni casi, ad esempio in Francia, le scorie nucleari sono ritratte all'interno delle centrali nucleari per produrre nuovo combustibile rigenerato (cd Mox) da riutilizzare nel reattore.

INCIDENTI NUCLEARI

Gli incidenti nelle centrali nucleari sono classificati su una scala da 0 (semplice guasto) a 7 (incidente molto grave). Questa scala di misura è detta INES (International Nuclear Event Scale). La classificazione degli incidenti non è facile.

Elenchiamo i principali incidenti di cui si è avuta conferma ufficiale:

- **Kyshtym (Unione Sovietica 1957) - scala Ines 6.** Un bidone di rifiuti radioattivi prese fuoco ed esplose contaminando migliaia di Km² di terreno. Furono esposte alle radiazioni circa 270.000 persone.
- **Sellafield (Gran Bretagna 1957) - scala Ines 5.** Un incendio nel reattore dove si produceva plutonio per scopi militari generò una nube radioattiva imponente. La nube attraversò l'intera Europa. Sono stati ufficializzati soltanto 300 morti per cause ricondotte all'incidente (malattie, leucemie, tumori) ma il dato potrebbe essere sottostimato.
- **Three Mile Island (Harrisburgh, Usa 1969) - scala Ines 5.** Il surriscaldamento del reattore provocò la parziale fusione del nucleo rilasciando nell'atmosfera gas radioattivi. In quella occasione vennero evacuate 3.500 persone.
- **Chernobyl (Unione Sovietica, 1986) - scala Ines 7. L'incidente nucleare in assoluto più grave di cui si abbia notizia.** Il surriscaldamento provocò la fusione del nucleo del reattore e l'esplosione del vapore radioattivo. Si levò al cielo una nube di materiale radioattivo disperso nell'aria. Circa 30 persone morirono immediatamente, altre 2.500 nel periodo successivo per malattie e cause tumorali. L'intera Europa fu esposta alla nube radioattiva e per milioni di cittadini europei aumentò il rischio di contrarre tumori e leucemia. Non esistono dati ufficiali sui decessi complessivi ricollegabili a Chernobyl dal 1986 ad oggi.
- **Tokaimura (Giappone, 1999) - scala Ines 4** Un incidente in una fabbrica di combustibile nucleare attivò la reazione a catena incontrollata. Tre persone morirono all'istante mentre altre 400 furono esposte alle radiazioni.
- **Fukushima (Giappone, 2011) - scala Ines 7** L'incidente fu provocato da due eventi naturali, un terremoto e un successivo maremoto. Con il terremoto saltò l'energia elettrica al sistema che garantiva il raffreddamento ai reattori. Entrò regolarmente in funzione il generatore di corrente della centrale. I reattori furono spenti ma richiedevano comunque un periodo di tempo di raffreddamento per contenere il calore del decadimento radioattivo. L'arrivo dell'onda dello

tsunami spense il generatore di corrente. Tra il 12 e il 15 marzo si verificarono quattro esplosioni con fuoriuscita di enormi quantità di idrogeno radioattivo

FUSIONE NUCLEARE

La fusione nucleare è la sfida del terzo millennio. E' una via pulita per produrre energia, senza rischio di esplosioni devastanti o irraggiamento da scorie radioattive ma semplicemente utilizzando il medesimo processo delle stelle e del Sole.

Vantaggi dei reattori a fusione:

- il 90% delle scorie hanno una bassa radioattività che si esaurisce in soli cento anni. Si elimina quindi anche il problema sociale e politico dello stoccaggio.
- producono un gas di scarico non radioattivo (l'elio)
- non producono gas ad effetto serra che influiscono sul riscaldamento globale
- non producono plutonio
- il combustibile della fusione è estratto dall'acqua, una risorsa presente in qualsiasi paese del mondo.
- **si riducono le conseguenze di eventuali incidenti.** In caso di perdita di controllo, il reattore a fusione tenderà a raffreddarsi arrestando spontaneamente il processo di fusione.

Come funziona la fusione nucleare? Il combustibile dei reattori a fusione è dato dal deuterio e dal litio, entrambi estratti dall'acqua e dal terreno. Es. 200 kg di litio e 100 kg di deuterio possono produrre 1000 MWh di potenza elettrica. Gli isotopi dell'idrogeno (deuterio, trizio, ecc.) sono posti sotto vuoto e riscaldati ad alte temperature fino a formare il "plasma" (nuclei separati dagli elettroni). Quest'ultimo viene poi riscaldato a sua volta da corrente elettrica per far sì che gli atomi di idrogeno si fondano rilasciando energia e atomi di elio.

Nella fusione nucleare due nuclei leggeri si fondono per ottenere nuclei pesanti, generando energia per difetto di massa (dopo la fusione la massa è sempre minore alla somma dei due nuclei, la parte di materia mancante si è trasformata in energia).

Perchè la fusione nucleare richiede altissime temperature per compiersi? Due nuclei posti ad una distanza minima (millimiliardesimo di millimetro) tendono a fondersi sotto spinta della forza di gravità nucleare rilasciando energia. Il processo di fusione è però ostacolato da un'altra forza, quella elettrostatica. Questa forza è provocata dalla carica positiva dei protoni che li porta a respingersi. Per superare la barriera elettrostatica i nuclei devono essere portati ad uno stato di eccitazione raggiungibile solo ad altissime temperature (100 milioni di gradi), tali da spingere al movimento i nuclei e quindi a scontrarsi (ovvero a fondersi).

Il problema delle temperature elevate Le alte temperature richieste dalla fusione pongono un problema concreto: nessun materiale può resistere a centinaia di milioni di gradi. Negli ultimi anni si è cercato di risolvere il problema creando dei campi magnetici tali da distanziare il plasma dalle pareti metalliche.

Il problema dell'energia per avviare la fusione L'energia necessaria per provocare la fusione nucleare è pertanto elevata. Nei primi esperimenti l'energia prodotta non ha compensato quella necessaria per produrla. Un problema di non poco conto che gli scienziati devono cercare di superare per consentire una concreta applicazione industriale della fusione nucleare.

Per queste ragioni, la fusione nucleare può considerarsi come la sfida del terzo millennio.