



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



*Ministero dello Sviluppo Economico*

## RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

# FOCUS Fissione Nucleare: un contributo ENEA alla conoscenza

*A. Andreini, A. Dattola, D. Savelli*



FOCUS FISSIONE NUCLEARE: UN CONTRIBUTO ENEA ALLA CONOSCENZA

A. Andreini ENEA, A. Dattola ENEA, D. Savelli ENEA

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Nuovo Nucleare da Fissione

Responsabile Tema: Stefano Monti, ENEA

**Titolo**

# FOCUS Fissione Nucleare: un contributo ENEA alla conoscenza

**Descrittori**
**Tipologia del documento:**
**Collocazione contrattuale:** Accordo di programma ENEA-MSE: tema di ricerca “Nuovo nucleare da fissione”

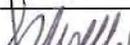
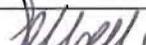
**Argomenti trattati:** Ingegneria Nucleare  
 Comunicazione per il nucleare

**Sommario**

Il rapporto presenta le pagine web ENEA pubblicate nel Luglio 2010, pubblicazione che costituisce un concreto risultato del supporto finanziario offerto da MSE sul tema della comunicazione. Le pagine web del rapporto costituiscono una prima volta per ENEA in termini di trattazione organica e completa del tema della energia nucleare da fissione rivolto all'opinione pubblica della rete.

**Note**

 Autori: *D. Savelli, A. Dattola, A. Andreini, S. Del Bufalo, E. Pasta, G. Buceti*
**Copia n.**
**In carico a:**

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMMISSIONE	27.9.2010	NOME	G. Buceti	S. Monti	S. Monti
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Distrib.</b>	<b>Pag.</b>	<b>di</b>
	NNFISS – LP6 - 002	0	L	2	6

## INDICE

<b>Le scelte energetiche: l'importanza dell'informazione .....</b>	<b>3</b>
<b>Gli strumenti informativi più utilizzati .....</b>	<b>3</b>
<b>FOCUS Fissione Nucleare: un contributo ENEA alla conoscenza .....</b>	<b>4</b>

**Allegato 1: Le pagine web ENEA**

 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Distrib.</b>	<b>Pag.</b>	<b>di</b>
	NNFISS – LP6 - 002	0	L	3	6

## 1. Le scelte energetiche: l'importanza dell'informazione

Gli obiettivi di politica energetica hanno acquisito ovunque negli ultimi anni una rinnovata importanza. Per tutti i Paesi è essenziale rispondere sia alla crescente domanda di energia che all'esigenza di diversificare, a prezzi ragionevoli, le fonti di approvvigionamento energetico, oltre a tener conto degli impegni presi sulle emissioni di gas serra, in una prospettiva di sviluppo sostenibile. L'energia nucleare è uno dei temi di rilievo nel dibattito in corso a livello mondiale, soprattutto perché il suo uso è causa di controversie.

Per quanto riguarda l'UE in particolare, l'opinione pubblica accetta entro certi termini l'energia nucleare come un mezzo per ridurre la dipendenza energetica, ma rimane diffidente e timorosa di fronte all'ulteriore sviluppo del nucleare, che percepisce come fonte di rischio.

I diversi studi effettuati dimostrano che il grado di conoscenza e l'informazione sono cruciali nel determinare l'atteggiamento dell'opinione pubblica nei confronti di questa fonte di energia.

Secondo l'Eurobarometro, il consenso più alto sul nucleare si registra nei paesi dove c'è stata molta informazione e discussione (Svezia, Finlandia, Francia, Belgio). Significativamente, in paesi dove del nucleare si discute poco o nulla (Grecia, Portogallo, Cipro), l'Eurobarometro registra una netta opposizione.

Per quanto riguarda il nostro Paese, un'indagine di opinione realizzata dall'ISPO - Istituto per gli studi sulla pubblica opinione - nel novembre 2009, ha rilevato come sia in crescita, in Italia, il numero di persone favorevoli al ritorno al nucleare: il 63% dà più rilievo ai benefici derivanti dall'impiego del nucleare, mentre il 37% degli intervistati manifesta posizioni più critiche. La stessa indagine dimostra come la propensione verso il nucleare sia influenzata dal livello di informazione: gli informati sono più "favorevoli" (sono favorevoli il 66% tra gli informati, contro il 58% tra i non informati).

## 2. Gli strumenti informativi più utilizzati

I cittadini europei ricevono le informazioni sul nucleare principalmente dai mass media, e le considerano insufficienti; solo una piccola parte pensa infatti che i media offrano sufficienti informazioni per potersi formare un'opinione sulle scelte energetiche in generale, e sul tema del nucleare in particolare (Special Eurobarometer 324, European Commission, March 2010).

Dopo TV e quotidiani, tra le fonti di informazioni più usate dai cittadini europei, c'è internet.

Un ulteriore risultato, comune per l'indagine italiana e l'Eurobarometro, è che le informazioni considerate più attendibili sono quelle provenienti dagli esperti della comunità scientifica.

Significative, riguardo al ruolo che può svolgere una informazione attendibile e autorevole, sono le esperienze e buone pratiche di Paesi già da tempo impegnati in programmi nucleari. Ad esempio in Francia, dove oltre 2/3 dell'energia elettrica è prodotta da 19 centrali elettronucleari, l'opinione pubblica è costantemente monitorata e l'informazione è curata sia dall'Autorità per la sicurezza nucleare francese (ASN), che dal Comitato per l'alta trasparenza e

 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Distrib.</b>	<b>Pag.</b>	<b>di</b>
	NNFISS – LP6 - 002	0	L	4	6

l'informazione sulla sicurezza nucleare (HCTISN), dall'IRSN (l'organismo pubblico in carico della valutazione scientifica del rischio nucleare e delle radiazioni) e dall'ANCLI (l'organismo pubblico in carico della valutazione scientifica del rischio nucleare e delle radiazioni). Tutti questi organismi puntano molto sul web per la diffusione dell'informazione a tutti i target attraverso la pubblicazione di dossier, guide, rapporti, filmati, riviste. Analogamente, in Gran Bretagna dove sono attive 9 centrali elettronucleari, la Nuclear Industry Association è molto attiva, attraverso il suo sito web, nella comunicazione con il grande pubblico e predispone pubblicazioni, newsletter eventi, incontri e conferenze.

Il portale web presenta, rispetto agli altri strumenti informativi, peculiarità straordinarie. Può:

- crescere
- cambiare
- essere continuamente aggiornato
- contenere sezioni specifiche per i vari tipi di destinatari

da esso inoltre possono derivare ed essere veicolati tutti gli altri strumenti.

Il sito web deve essere realizzato e aggiornato sulla base dell'analisi approfondita e continua di:

- media (radio, TV e carta stampata)
- network in rete (forum, blog).

Tale analisi è finalizzata a individuare le questioni che destano maggiori preoccupazioni, quelle su cui si riscontrano le maggiori carenze di conoscenza o la presenza di informazioni errate e fuorvianti, nonché i luoghi in cui se ne discute maggiormente, i principali protagonisti del dibattito e le loro "posizioni".

Le analisi di questo tipo costituiscono un punto di riferimento per gli aggiornamenti, per suggerire nel tempo la necessità di approfondimenti su questioni specifiche e per consentire la predisposizione di FAQ (Frequently Asked Questions).

Infine, sempre più spesso il web rappresenta la principale fonte di informazione anche per gli operatori dei media. È quindi necessario che fonti autorevoli mettano a disposizione testi e immagini di riferimento che consentano ai giornalisti di avvicinarsi ai temi del nucleare, fornendo le conoscenze di base per capire gli argomenti complessi, in una panoramica ampia ed esaustiva: in pratica, un "ABC" del nucleare.

### 3. FOCUS Fissione Nucleare: un contributo ENEA alla conoscenza

L'ENEA ha assunto sin dai primi passi del nucleare in Italia un ruolo preminente nelle attività di ricerca e sviluppo e, grazie alla partecipazione a programmi internazionali, ha mantenuto nel tempo qualificate competenze e in strutture che sono a disposizione del nuovo programma nucleare italiano.



 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Distrib.</b>	<b>Pag.</b>	<b>di</b>
	NNFISS – LP6 - 002	0	L	5	6

L'ENEA intende anche contribuire all'ampio dibattito pubblico in tema di energia nucleare, mettendo a disposizione l'ampio spettro di conoscenze tecnico-scientifiche di cui dispone. Ha realizzato, a tale scopo, un sito navigabile, denominato "Focus FISSIONE NUCLEARE", collocato all'interno della sezione "COMUNICARE LA RICERCA" del sito istituzionale ENEA.

Il sito presenta un quadro chiaro e completo di tutti gli aspetti correlati alla fonte nucleare, e ha lo scopo di permettere al grande pubblico di capire concetti e termini di base e di avvicinarsi a questa forma di energia con un atteggiamento più consapevole.

Nelle pagine del sito si possono trovare informazioni e dati di base, ma anche specifici approfondimenti e suggerimenti su come reperire altre fonti qualificate, sulle seguenti tematiche: come si ottiene energia dalla fissione, l'evoluzione della tecnologia, la sicurezza, la non proliferazione, i rifiuti radioattivi, le radiazioni ionizzanti, effetti delle radiazioni sulla salute, la radioprotezione, opportunità e vantaggi, costi, riserve e risorse, il ruolo della ricerca, la necessità di formazione, le attività ENEA.

Si prevede per il sito un aggiornamento costante con nuove informazioni e approfondimenti, ma anche un ulteriore sviluppo: sarà data agli utenti la possibilità di inviare per e-mail richieste di chiarimenti/approfondimenti da cui potranno scaturire delle FAQ e/o nuove pagine del sito. È da considerare in prospettiva anche l'attivazione di un dialogo diretto, inizialmente uno-a-uno (utente-esperto), fino a pervenire allo sviluppo di forum con moderatore.

Quello che segue è l'indice attuale del sito:

L'ENERGIA DA FISSIONE

L'EVOLUZIONE DELLA TECNOLOGIA

Filmati storici ENEA

LA SICUREZZA

Gli incidenti

LA NON PROLIFERAZIONE

Il Trattato di Non Proliferazione

Il sistema di salvaguardie

Il rafforzamento del regime di non proliferazione

La "security" nucleare

La protezione di materiali e impianti

I RIFIUTI RADIOATTIVI

Condizionamento

Smaltimento in depositi definitivi

Riduzione con sistemi nucleari innovativi

Situazione in Italia

LE RADIAZIONI IONIZZANTI

La misurazione delle radiazioni ionizzanti

EFFETTI DELLE RADIAZIONI SULLA SALUTE

LA RADIOPROTEZIONE

 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Distrib.</b>	<b>Pag.</b>	<b>di</b>
	NNFISS – LP6 - 002	0	L	6	6

La dose efficace

OPPORTUNITÀ E VANTAGGI

COSTI

RISERVE E RISORSE

IL RUOLO DELLA RICERCA

LA NECESSITÀ DI FORMAZIONE

LE ATTIVITÀ ENEA

APPROFONDIMENTI

ALTRE FONTI

Hanno contribuito alla stesura dei testi, in relazione agli argomenti trattati:

**Tecnologie e sicurezza degli impianti nucleari per la produzione elettrica**

*Pietro Agostini, Felice De Rosa, Corrado Kropp, Massimo Sepielli, Pier Carmelo Incalcaterra*

**Rifiuti radioattivi**

*Alessandro Dodaro, Alfredo Luce*

**Effetti sulla salute**

*Carmela Marino, Anna Saran, Donatella Tirindelli*

**Radioprotezione**

*Pierino De Felice, Elena Fantuzzi, Sandro Sandri*

**Aspetti economici della generazione elettrica da fonte nucleare**

*Carlo Manna, Carlo Tricoli, Fortunato Vettraino*

**Riserve e risorse energetiche**

*Giuliano Buceti*

**Ricerca & Sviluppo e formazione**

*Stefano Monti*

**Non proliferazione e sicurezza nucleare**

*Felice De Rosa, Franca Padoani*

Si riportano in Allegato 1 le pagine attuali del sito.

 <b>Ricerca Sistema Elettrico</b>	<b>Sigla di identificazione</b> NNFISS – LP6 - 000	<b>Rev.</b> 0	<b>Distrib.</b> L	<b>Pag.</b> 1	<b>di</b> 43
--	---	------------------	----------------------	------------------	-----------------

# Allegato 1

## Le pagine web ENEA

(pubblicazione Luglio 2010)

Home > [Comunicare la ricerca](#) > FOCUS Fissione Nucleare

COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

**Focus Fissione Nucleare**

comunicare la ricerca

**FOCUS Fissione Nucleare**



L'ENEA ha assunto sin dai primi passi del nucleare in Italia un ruolo preminente nelle attività di ricerca e sviluppo e, grazie alla partecipazione a programmi internazionali, ha mantenuto nel tempo qualificate competenze e infrastrutture che sono a disposizione del nuovo programma nucleare italiano

L'ENEA intende anche contribuire all'ampio dibattito pubblico in tema di energia nucleare presentando un quadro il più chiaro e completo possibile di tutti gli aspetti correlati alla fonte nucleare, che permetta al grande pubblico di capire concetti e termini di base e di avvicinarsi

a questa forma di energia con un atteggiamento più consapevole.

Nelle pagine di questo sito si possono trovare informazioni e dati di base, ma anche specifici approfondimenti e suggerimenti su come reperire altre fonti qualificate, sulle seguenti tematiche: come si ottiene energia dalla fissione, l'evoluzione della tecnologia, la sicurezza, la non proliferazione, i rifiuti radioattivi, le radiazioni ionizzanti, effetti delle radiazioni sulla salute, la radioprotezione, opportunità e vantaggi, costi, riserve e risorse, il ruolo della ricerca, la necessità di formazione, le attività ENEA.

Le pagine saranno aggiornate costantemente con nuove informazioni e approfondimenti.

L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

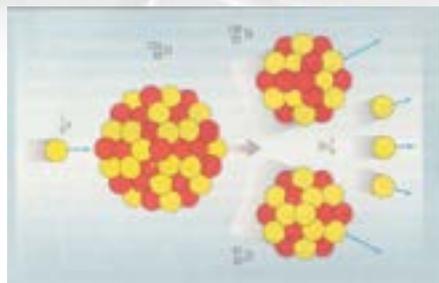
Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► L'energia da fissione

## comunicare la ricerca

### L'energia da fissione

L'atomo è formato da un nucleo composto di protoni e di neutroni, e da elettroni, che ruotano attorno al nucleo. Gli elettroni sono particelle atomiche con carica elettrica negativa. I protoni hanno una carica elettrica positiva, i neutroni nessuna carica. Dal numero di protoni e neutroni presenti nel nucleo dipende il peso dell'atomo. Le particelle del nucleo sono tenute insieme da forze molto intense chiamate forze nucleari.



Il processo di fissione, che è alla base del funzionamento di un reattore nucleare, si fonda sulla proprietà dei nuclei di alcuni elementi pesanti, detti fissili: se un neutrone lento colpisce uno di questi nuclei, si rompe l'equilibrio che ne teneva saldate le particelle e il nucleo si spezza in due; è questa la fissione nucleare.

Il più noto dei nuclei fissili è quello dell'Uranio 235, un isotopo presente nell'uranio naturale in percentuale dello 0,7%.

Dalla fissione si libera una grande quantità di energia e tre neutroni, che facevano parte del nucleo e che vengono proiettati a grande velocità. Questi neutroni possono a loro volta provocare altre fissioni; in particolari condizioni (poiché la probabilità che i neutroni provochino fissione aumenta se la loro velocità viene moderata, a tale scopo viene utilizzato un liquido "moderatore" ricco di idrogeno, per esempio l'acqua) è possibile far avvenire e controllare (con opportuni dispositivi) una serie di reazioni di fissione a catena, accompagnata da produzione di calore.

Nelle centrali nucleari il calore sviluppato dalla fissione dei nuclei permette di scaldare l'acqua fino a produrre vapore. Come in ogni centrale termoelettrica a combustibile fossile (olio combustibile, carbone o gas naturale), l'energia liberata sotto forma di calore viene trasformata prima in energia meccanica e successivamente in energia elettrica: il vapore prodotto aziona infatti una turbina che, a sua volta, mette in moto un alternatore.

Il neutrone è dunque lo strumento base dell'industria nucleare; la sua esistenza è stata scoperta dal fisico inglese Chadwick nel 1932. Pochi anni dopo, nel 1939, il fisico tedesco Otto Hann ha dimostrato che l'atomo di uranio si spezza in due quando viene colpito da un neutrone e tre anni dopo, il 12 dicembre 1942 Enrico Fermi è riuscito a far avvenire per la prima volta la reazione a catena in un reattore costruito a Chicago sotto la sua direzione.

È iniziata così una nuova era ed è stata messa a disposizione dell'umanità una nuova fonte di energia.

Oltre che per la produzione di energia, la fissione nucleare ha trovato innumerevoli applicazioni in ogni campo della ricerca scientifica e delle attività industriali.

Ne costituisce un esempio il reattore nucleare di ricerca TRIGA RC-1 (Training, Research, Isotopes, General Atomics, Reattore Casaccia 1), situato presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia.

Il reattore - realizzato nel 1960 nella versione a 100 kW nell'ambito dell'iniziativa USA Atom for Peace - portato nel 1963 alla potenza a 1 MW su progetto ENEA - è una sorgente di neutroni termici che può essere utilizzata per:

- Radiografia e tomografia con neutroni
- Irraggiamento neutronico di materiali
- Qualificazione di rivelatori di neutroni
- Supporto alla didattica dei corsi di Ingegneria Nucleare.



Sala reattore e schermo biologico del reattore di ricerca TRIGA RC-1



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home > Comunicare la ricerca > FOCUS Fissione Nucleare > L'evoluzione della tecnologia

## comunicare la ricerca

### L'evoluzione della tecnologia

La storia dell'energia nucleare inizia ufficialmente nel 1934 con gli esperimenti portati avanti da un gruppo di scienziati italiani sotto la guida del fisico Enrico Fermi. Il gruppo è anche conosciuto con il nome di "ragazzi di via Panisperna", dove risiedeva la sede dell'istituto.

Dopo le ricerche in campo bellico, che condussero alla costruzione delle bombe atomiche di Hiroshima e Nagasaki, negli anni 50 gli studi sull'energia nucleare portarono alla realizzazione dei primi reattori e centrali elettronucleari per la produzione di energia elettrica.

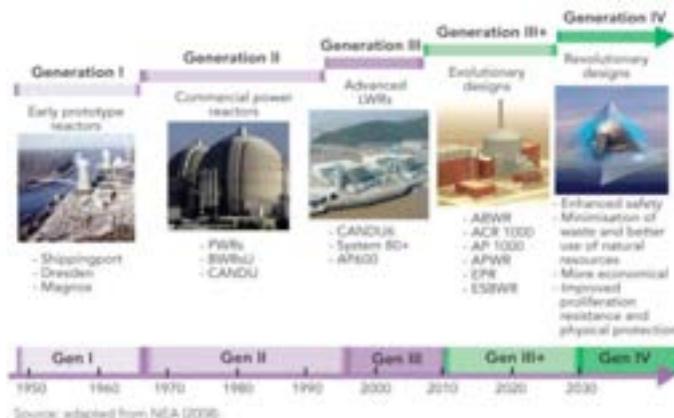
La prima centrale elettrica con reattore nucleare fu realizzata, nel 1955, nello Stato dell'Idaho (USA). Essa apparteneva alla **prima generazione (GEN I)** di impianti nucleari, costruiti fino agli anni 70, e costituita da prototipi e da esemplari unici nel loro genere.

Gli attuali 439 reattori, operanti in 30 Paesi del mondo, appartengono, per la maggior parte, alla **seconda generazione (GEN II)** di impianti, costruita dagli anni 70 alla fine del secolo.

L'esperienza maturata nella gestione di questi impianti, che può misurarsi in oltre 13.000 anni-reattore (equivalente ad un reattore che abbia funzionato ininterrottamente per 13.000 anni), ha portato all'inizio del nostro secolo alla costruzione di reattori di **III generazione (GEN III e GEN III+)**, molto più sicuri e durevoli.

I reattori GEN III+, come quelli che l'Italia si sta impegnando a costruire, sono detti "evolativi" e rappresentano un avanzamento rispetto alla II generazione, principalmente per:

- la



Le generazioni di reattori e loro industrializzazione (fonte: OECD-NEA, Nuclear Energy Outlook 2008)

semplificazione e la maggior "robustezza" del progetto, che rendono l'esercizio dell'impianto più semplice e meno vulnerabile ai malfunzionamenti operativi;

- la standardizzazione del progetto che consente di accelerare il processo di rilascio delle autorizzazioni, la riduzione del costo di costruzione e dei tempi di realizzazione;
- una vita operativa dell'impianto più lunga, tipicamente 60 anni, contro i 40 delle vecchie centrali e un maggior tempo di utilizzo dell'impianto dovuto a fermate per manutenzioni più brevi e meno frequenti;
- la continua e progressiva riduzione del già basso livello di rischio di fusione del nocciolo;
- un migliore sfruttamento del combustibile e quindi una riduzione del volume dei rifiuti ad alta attività;
- il riutilizzo di parte del combustibile già utilizzato per allungare la vita del combustibile stesso.

I reattori di terza generazione sono stati costruiti per lo più in Estremo Oriente: impianti con potenza tra 1000 e 1600 MWe sono stati realizzati o sono in costruzione in Giappone, Sud Corea, Cina, India, Russia, Ucraina, Finlandia, Francia. Negli Stati Uniti sono stati ordinati i primi due, del tipo AP-1000 (Advanced Passive reactor) della Westinghouse e sono state presentate 17 richieste di costruzione ed esercizio per un totale di 26 reattori, tra cui 14 unità AP-1000 e 4 EPR (European Pressurized Reactor), del costruttore francese AREVA. All'inizio del 2009, erano in costruzione nel mondo complessivamente 31 unità per circa 24 GWe.

Una nuova generazione di reattori, la **quarta (GEN IV)** è allo studio in tutto il mondo e si ritiene sarà pronta dopo il 2030-2040. La loro realizzazione mira a migliorare il rendimento degli impianti, a raggiungere lo sfruttamento completo del combustibile fissile e a ridurre notevolmente il volume e i tempi di decadimento dei rifiuti radioattivi da inviare al deposito finale.

Sono allo studio 6 diversi tipi di reattori che, oltre alla produzione di elettricità, potranno essere utilizzati anche per la produzione di idrogeno, per la desalinizzazione dell'acqua e per produrre calore.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

Filmati storici ENEA

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

produrre calore.

[Approfondimenti](#)

[Filmati storici](#)

© ENEA - Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 ROMA - Italia

[La redazione informa](#)

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [L'evoluzione della tecnologia](#) ► [Filmati storici](#)

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### Filmati storici



#### [SEE IT NOW](#)

1952: l'era atomica compie 10 anni



#### [L'atomo al servizio della pace - introduzione](#)

Struttura dell'atomo e aspetti dell'energia atomica. Reazione a catena e suo controllo. Possibilità di impiego dell'energia atomica a fini pacifici in medicina, agricoltura e nell'industria.



#### [L'atomo al servizio della pace - progresso scientifico](#)

La scoperta degli isotopi radioattivi e il loro utilizzo nel campo dell'agricoltura, dell'energia, dell'industria, della medicina sono stati senza dubbio determinanti per migliorare la qualità della vita dell'uomo. Il filmato enfatizza la bontà dell'utilizzo dell'atomo per scopi pacifici e vuole dimostrarne l'assoluta necessità per combattere i mali che affliggono da sempre l'uomo: fame, malattie, freddo. Il giornalista americano Edward R. Murrow nel 1952, a dieci anni dalla costruzione della prima pila atomica, celebrò, con una puntata del suo programma 'See it now', questa scoperta realizzata dal premio Nobel Enrico Fermi e da un ristretto numero di scienziati. Il testo del filmato è disponibile sia in inglese che in italiano.



#### [L'atomo al servizio della pace - la medicina](#)

Utilizzazione isotopi radioattivi nella ricerca medica e nella diagnosi, localizzazione tumore al cervello mediante uso di radioisotopi, trattamento dell'ipertiroidismo, cancro ed arteriosclerosi.



#### [L'atomo al servizio della pace - Agricoltura, Industria e Energia](#)

Ricerca e studi sulla utilizzazione delle sostanze radioattive nella produzione agricola e industriale.



#### [L'atomo al servizio della pace - collaborazione internazionale](#)

Dal discorso del presidente Eisenhower, all'Assemblea Generale delle Nazioni Unite del 1953, alla Prima conferenza di Ginevra sull'uso pacifico dell'energia atomica, del 1955. Dall'approvazione della Carta dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica del 1956 da parte di 82 Nazioni, alla firma del Trattato di Roma del 25 marzo 1957, per la nascita dell'Euratom. L'obiettivo dei governi interessati si identificava nello slogan: "Atomi per la pace". Le ricerche nucleari passarono da una politica di segreto e di negazione a una politica di trasparenza e cooperazione internazionale.



#### [Che cos'è l'atomo](#)

Il filmato divulgativo sulla fissione nucleare dell'atomo fa parte della serie "Atomo e Industria". Realizzato nel 1960, l'autore come linguaggio didattico a supporto del testo, utilizza esclusivamente le animazioni.



#### [Ricerca nutrizionale delle piante](#)

L'applicazione dei radioisotopi nel campo della biologia vegetale. La nutrizione della parte aerea delle piante rilevata per mezzo dei radioisotopi, è stata messa a punto dall'Università del Michigan che ha determinato una metodologia per distinguere la nutrizione extra-radiale della pianta dalla nutrizione assorbita dalle radici.



#### [Radiazioni pericolose](#)

Nella prima parte del filmato sono illustrati gli effetti dannosi che potrebbero essere provocati dalle radiazioni sperimentate sui vegetali e sulle cavie. Ma è proprio grazie a questa consapevolezza che nei laboratori di ricerca sono stati messi a punto sofisticati sistemi di sbarramento, di misurazioni e di cautele atte ad impedire qualsiasi rischio per i ricercatori ed i tecnici.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

Filmati storici ENEA

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti



#### Un automa per l'atomo

Mascot I° è il robot o meglio, il servomeccanismo ideato e costruito nei primi anni sessanta dal CNEN (Comitato Nazionale Energia Nucleare) nei laboratori del Centro Ricerche Energia della Casaccia, per essere utilizzato al posto dell'uomo in ambienti contaminati dalle radiazioni. Il filmato informativo rivolto ad un grande pubblico, si prefigge di spiegare prima di tutto le implicazioni morali e sociologiche dello sviluppo della macchina robotizzata "costruita per aiutare l'uomo".



#### Chicago, 2 dicembre 1942: ricordo di Enrico Fermi

Gli aspetti e le principali tappe scientifiche della vita di Enrico Fermi in Italia e negli Stati Uniti: dagli studi liceali alla messa in funzione della prima "pila atomica" per concludere con il suo ultimo discorso a Varenna, quando tornò in Italia per l'ultima volta.



#### Atomo in mare

Procedure, attività, apparecchiature utilizzate dal Centro del CNEN di Fiascherino per lo studio della contaminazione radioattiva del mare mediante il controllo della catena alimentare dal plancton ai pesci.



#### Fall out - Pulviscolo radioattivo

La ricaduta di elementi radioattivi, connessa con gli esperimenti nucleari a terra e nell'atmosfera, è questione che interessa ognuno di noi in relazione ai suoi effetti primari e secondari su tutte le forme di vita sulla nostra terra. Come esso si diffonda e ricada e perché, i metodi e gli strumenti di misura e controllo delle quantità e dell'attività del Fall-out, questo il soggetto del documentario che dà conto dello stato attuale delle conoscenze e dei metodi di controllo inerenti al fenomeno.



#### Nave senza fumo

La nave a propulsione nucleare "Savannah" arriva in Italia e attracca al porto di Napoli. Questo fatto dà lo spunto per una conferenza sulla propulsione nucleare e soprattutto è l'occasione per eseguire tutta una serie di controlli sulla eventuale radioattività che la nave può rilasciare nell'ambiente.



#### Re uranio

Ricerche geologiche e analisi chimiche alla scoperta dell'uranio. Il documentario, dopo aver illustrato il meccanismo di accumulo dell'uranio in natura e degli stati in cui può trovarsi, descrive i sistemi di esplorazione mineraria, di analisi dei campioni e di trattamento del minerale. (Data di produzione del filmato: 1964)



#### III Conferenza mondiale sugli usi pacifici dell'Energia Nucleare

Terza conferenza mondiale sugli usi pacifici dell'energia nucleare tenutasi a Ginevra il 31-08-1964: presenza di personalità scientifiche da tutto il mondo, per l'Italia il ministro Medici, il professor C.Salveti, l'onorevole F.M.Malfatti, il professor E.Arnaldi ed il prof. A.M.Angelini.



#### Al di qua dell'uranio

La Trisaia, costruzione impianto di trattamento per il combustibile nucleare irraggiato. Il documentario oggi acquista un valore storico di notevole rilevanza. L'aspetto antropologico assume infatti una importanza pari se non superiore, a quella scientifica. (Data di produzione del filmato: 1965)



#### Atomi puliti

Il film illustra i sistemi di trattamento delle scorie nucleari liquide e solide tramite la decontaminazione e il successivo stoccaggio dei fanghi di risulta dando risalto alla procedura di protezione del personale addetto alle lavorazioni illustrate. (Data di produzione del filmato: 1965)

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [La sicurezza](#)

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

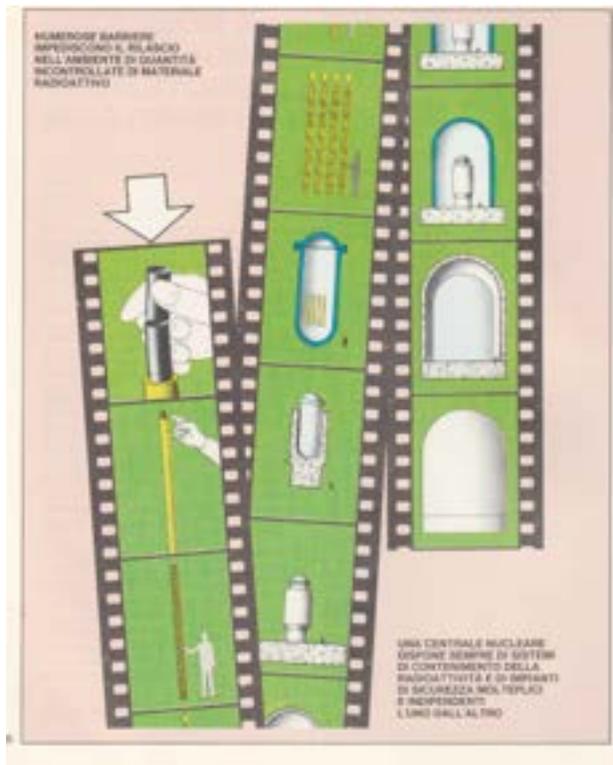
Focus Fissione Nucleare

### La sicurezza

L'obiettivo della sicurezza nucleare è quello di applicare le migliori procedure riconosciute a livello internazionale per quanto riguarda i requisiti per la localizzazione del sito, le modalità di funzionamento dell'impianto, la protezione delle persone e dell'ambiente esterno. La sicurezza deve essere garantita nei confronti di eventi sia interni che esterni all'impianto, nonché nel caso di errori da parte degli operatori dell'impianto medesimo. Il principio base della sicurezza adottato nel progetto degli impianti nucleari è quello della "Difesa in Profondità".

In ogni impianto nucleare vi sono almeno **quattro successive barriere** interposte fra la sorgente di radioattività (il cosiddetto "nocciolo del reattore", dove avvengono le reazioni nucleari) e l'ambiente esterno. Partendo dall'esterno, si hanno:

- l'edificio di contenimento;
- il circuito di raffreddamento del nocciolo;
- la guaina in cui è contenuto il combustibile nucleare;
- il materiale solido che costituisce il combustibile nucleare stesso.



L'edificio di contenimento serve sia per proteggere

l'ambiente in caso di incidente con rilascio di prodotti radioattivi, sia per proteggere l'impianto in caso di eventi naturali estremi o di attentati terroristici. Per quanto riguarda gli eventi incidentali interni, l'edificio è in grado di resistere persino alla rottura della seconda barriera, costituita dal circuito di raffreddamento del nocciolo; per quanto concerne gli eventi incidentali esterni, l'edificio è progettato per resistere all'impatto di un aereo di linea, come hanno mostrato diversi test tra cui quello effettuato nel 1988 in un noto laboratorio americano, nel quale un F-4 Phantom è stato lanciato a circa 800 km/h contro una parete che simulava la parete esterna dell'edificio di contenimento.

Gli impianti nucleari sono progettati per resistere anche agli eventi sismici più estremi; infatti, il contenitore di sicurezza poggia su un basamento di calcestruzzo di 6 m di spessore, in grado di far fronte anche al peggiore evento sismico mai registrato nella zona in cui è ubicato l'impianto: se si verifica un sisma di minore intensità, l'impianto non subisce danni; se invece il sisma ha un'intensità maggiore, l'impianto si spegne automaticamente.

Oltre alle quattro barriere fisiche sopra menzionate, tutti gli impianti nucleari hanno altri **sistemi di sicurezza** - finalizzati a evitare l'insorgere di incidenti o a contenere i danni da essi provocati - che possono essere di tipo attivo o passivo.

I **sistemi di sicurezza tradizionali**, attivi, richiedono il funzionamento di specifici dispositivi, alimentati elettricamente. L'affidabilità è quindi assicurata dalla ridondanza dei componenti. Al contrario, i **sistemi di sicurezza passiva** sono azionati da fenomeni fisici, come la gravità, la convezione naturale, che si innescano spontaneamente in presenza di determinate condizioni anche in caso di malfunzionamento. Tali sistemi sono in grado di contenere e di bloccare, sul nascere, le cause di potenziali incidenti senza interventi attivi.

Nei reattori GEN III+, come l'EPR e l'AP-1000, si fa abbondante uso di questi sistemi sia attivi che passivi. L'affidabilità di questi impianti è basata sulla ridondanza e sulla diversificazione dei sistemi di sicurezza. Nell'EPR, ad esempio, il circuito di refrigerazione del nocciolo è suddiviso in quattro parti completamente indipendenti e geograficamente separate le une dalle altre, in modo da minimizzare potenziali malfunzionamenti interni o sabotaggi. Inoltre, questi sistemi sono ulteriormente protetti contro l'impatto aereo attraverso un doppio edificio di contenimento in cemento armato spesso oltre 1 metro. L'EPR è anche dotato di un serbatoio, resistente ad altissime temperature, in grado di accogliere il materiale proveniente dalla fusione completa



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

Gli incidenti

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

del nocciolo del reattore.

Nella storia dell'energia nucleare gli **incidenti** sono stati pochissimi e le loro conseguenze molto limitate, se confrontate con quelle derivanti dallo sfruttamento e nella gestione delle altre fonti energetiche. **Il più grande disastro è avvenuto il 26 aprile 1986 nella centrale sovietica di Chernobyl**, completamente diversa dalle centrali presenti in tutto il resto del mondo. La centrale era priva di un sistema di contenimento e le misure di sicurezza erano carenti, o del tutto mancanti ([continua ...](#))

[Approfondimenti](#)

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [La sicurezza](#) ► Gli incidenti

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### Gli incidenti

Un recente studio dell'Istituto svizzero "Paul Scherrer"<sup>1</sup> rileva che **il numero complessivo di morti per incidenti nello sfruttamento e nella gestione delle varie fonti energetiche è stato, negli ultimi dieci anni, di oltre 18.000 vittime**: un terzo di queste legate allo sfruttamento del petrolio e i rimanenti due terzi alla fonte energetica idraulica, al carbone, al gas. Tra i disastri con maggiore numero di vittime si ricorda quello avvenuto nel 1984 per l'esplosione di serbatoi di gas liquido a Ixhuatepec, vicino a Città del Messico, dove morirono 550 persone, 7.000 rimasero ferite, 300.000 furono evacuate. Nel 2010, nel Connecticut, 6 persone sono morte e decine sono rimaste ferite per lo scoppio di una centrale a gas. Tra i grandi incidenti dovuti alle attività umane, si ricorda quello di Bophal, in India, nel quale a seguito di un incidente ad un impianto chimico morirono ben 2.500 persone.

**Il più grande disastro della storia del nucleare** è stato quello avvenuto il 26 aprile 1986 nella centrale sovietica di **II generazione della città di Chernobyl**, in Ucraina. Secondo dati della Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica di Vienna, in quel disastro **morirono, nell'immediato, 48 persone** e furono evacuate 135.000 persone. Gli effetti a medio e lungo termine sulla salute umana di questo incidente non sono ancora del tutto noti. L'incidente è avvenuto per un insieme di concause molto particolari:

- L'impianto era dotato di reattori cosiddetti a **"duplice scopo"**, finalizzati alla produzione di plutonio adatto ad impieghi bellici ai quali, per motivi economici di gestione, era stata associata la generazione di energia elettrica per scopi "commerciali".
- **Le misure di sicurezza erano carenti, o del tutto mancanti**; inoltre, allo scopo di aumentare la produzione di plutonio per impieghi militari, il reattore veniva fatto funzionare a temperature troppo elevate, superiori alle soglie di prudenza, pericolose persino in caso di un normale malfunzionamento per la possibilità di sviluppo di miscele di gas esplosivi.
- **La centrale era priva di un sistema di contenimento**, cioè dell'edificio a tenuta stagna - obbligatorio in tutte le centrali occidentali anche di II generazione - in grado di resistere alle pressioni che si svilupparono: anzi il reattore era alloggiato in un edificio con tetto in normale carpenteria metallica.
- Il disastro venne provocato da un **esperimento** imposto da burocrati sovietici ai tecnici della centrale, **in violazione delle più elementari norme di sicurezza** e in conflitto con le norme di esercizio previste dal manuale di quella centrale.

In Ucraina e nella Federazione russa funzionano ancora circa 15 impianti dello stesso tipo di quello di Chernobyl, ma questi reattori sono stati messi in sicurezza limitandone la potenza, costruendo sistemi di contenimento e adottando regolamenti che prevedono severe condizioni di esercizio. Inoltre questi impianti si stanno avviando rapidamente al fine vita e sono destinati ad essere sostituiti da impianti di moderna concezione.

**Gli impianti nucleari occidentali di III generazione sono totalmente diversi da quello di Chernobyl** per i criteri di sicurezza utilizzati nella progettazione, per la presenza di molteplici sistemi di sicurezza attivi e passivi, per il contenitore esterno di sicurezza in grado di resistere ai peggiori eventi interni ed esterni e per le modalità di esercizio imposte. Inoltre, tali impianti sono finalizzati solo alla produzione di energia e non possono, in alcun modo, essere utilizzati a scopi militari.

#### [Approfondimenti](#)

<sup>1</sup> A Comparative Analysis of Accident Risks in Fossil, Hydro, and Nuclear Energy Chains, Peter Burgherr and Stefan Hirschberg, Paul Scherrer Institut (PSI), Laboratory for Energy Systems Analysis, Villigen PSI, Switzerland, 2008



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

**Gli incidenti**

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► La non proliferazione

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### La non proliferazione

Con il termine "proliferazione nucleare" si intende sia la diffusione di armi nucleari in Paesi che non ne sono ancora in possesso (proliferazione orizzontale), sia lo sviluppo di armi nucleari più sofisticate da parte di Paesi già in possesso di armi nucleari (proliferazione verticale).

La "non proliferazione nucleare" è l'insieme delle misure messe in atto per evitare la proliferazione nucleare. La consapevolezza che il materiale e gli impianti nucleari debbano essere protetti per evitarne un uso improprio è sempre stata presente nella comunità internazionale, fin dagli albori delle applicazioni dell'energia nucleare agli usi civili.

Non proliferazione nucleare e sicurezza nucleare sono gli elementi fondamentali per dare garanzie e trasparenza ai programmi nucleari, sia a livello nazionale che internazionale.

L'Italia è, da sempre, perfettamente inserita nel quadro internazionale di sicurezza e non proliferazione. Ha siglato tutti gli strumenti internazionali relativi a non proliferazione e sicurezza nucleare e segue standard e raccomandazioni dettate dall'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica IAEA e, in quanto parte dell'Unione Europea, dalla Commissione Europea e dall'EURATOM.

Queste sono le principali misure messe in atto per evitare la proliferazione nucleare:

- [Il Trattato di Non Proliferazione](#)
- [Il sistema di salvaguardie](#)
- [Il rafforzamento del regime di non proliferazione](#)
- [La "security" nucleare](#)
- [La protezione di materiali e impianti.](#)

[Approfondimenti](#)



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

Il Trattato di Non Proliferazione

Il sistema di salvaguardie

Il rafforzamento del regime di non proliferazione

La "security" nucleare

La protezione di materiali e impianti.

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

- COMUNICARE LA RICERCA**
- Per la stampa
- ENEA WEB TV
- News
- Eventi
- Eccellenze ENEA
- Focus Fissione Nucleare**

## comunicare la ricerca

### La non proliferazione

Con il termine "**proliferazione nucleare**" si intende sia la diffusione di armi nucleari in Paesi che non ne sono ancora in possesso (proliferazione orizzontale), sia lo sviluppo di armi nucleari più sofisticate da parte di Paesi già in possesso di armi nucleari (proliferazione verticale).

La "**non proliferazione nucleare**" è l'insieme delle misure messe in atto per evitare la proliferazione nucleare. La consapevolezza che il materiale e gli impianti nucleari debbano essere protetti per evitarne un uso improprio è sempre stata presente nella comunità internazionale, fin dagli albori delle applicazioni dell'energia nucleare agli usi civili.

Non proliferazione nucleare e sicurezza nucleare sono gli elementi fondamentali per dare garanzie e trasparenza ai programmi nucleari, sia a livello nazionale che internazionale.

**L'Italia è, da sempre, perfettamente inserita nel quadro internazionale di sicurezza e non proliferazione.** Ha siglato tutti gli strumenti internazionali relativi a non proliferazione e sicurezza nucleare e segue standard e raccomandazioni dettate dall'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica IAEA e, in quanto parte dell'Unione Europea, dalla Commissione Europea e dall'EURATOM.

Queste sono le principali misure messe in atto per evitare la proliferazione nucleare:

- [Il Trattato di Non Proliferazione](#)
- [Il sistema di salvaguardie](#)
- [Il rafforzamento del regime di non proliferazione](#)
- [La "security" nucleare](#)
- [La protezione di materiali e impianti.](#)

[Approfondimenti](#)



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

**La non proliferazione**

Il Trattato di Non Proliferazione

Il sistema di salvaguardie

Il rafforzamento del regime di non proliferazione

La "security" nucleare

La protezione di materiali e impianti.

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [La non proliferazione](#) ► Il Trattato di Non Proliferazione

## comunicare la ricerca

### Il Trattato di Non Proliferazione

Nel corso di più di 50 anni, si è venuto a creare un solido regime internazionale di non proliferazione, di cui il **Trattato di Non Proliferazione (TNP)** è il cuore. Il TNP è entrato in vigore il 5 marzo 1970, dopo essere stato aperto alla firma il 1 luglio 1968: attualmente aderiscono 188 Paesi. Esso stabilisce il quadro di riferimento per regolare il commercio internazionale di materiali, tecnologie, impianti destinati alle applicazioni pacifiche dell'energia nucleare, e per assicurare controlli e salvaguardie atti a evitare la proliferazione nucleare "orizzontale", ossia l'aumento del numero di Paesi dotati di capacità nucleari militari.

Il TNP riconosce l'esistenza dei cinque Paesi (Stati Uniti, Unione Sovietica – oggi Russia, Regno Unito, Francia e Cina) che alla sua entrata in vigore avevano già acquisito una capacità nucleare militare e chiede loro di impegnarsi in negoziati per porre fine, appena possibile, alla corsa agli armamenti nucleari (la proliferazione "verticale") e per ridurre gli arsenali esistenti, con l'obiettivo del disarmo nucleare totale. A tutti gli altri Paesi membri, il Trattato offre la cooperazione tecnologica per favorire le applicazioni pacifiche del nucleare, a fronte dell'impegno a non perseguire lo sviluppo dell'energia nucleare a fini militari. A tal fine i Paesi non militarmente nucleari, come l'Italia, sono obbligati a stipulare appositi accordi di salvaguardia con l'IAEA che svolge il ruolo di controllore degli impegni sottoscritti.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

**Il Trattato di Non Proliferazione**

Il sistema di salvaguardie

Il rafforzamento del regime di non proliferazione

La "security" nucleare

La protezione di materiali e impianti.

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [La non proliferazione](#) ► Il sistema di salvaguardie

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### Il sistema di salvaguardie

La credibilità delle misure di controllo è fondamentale per la non proliferazione e l'uso pacifico dell'energia nucleare. Il sistema di salvaguardie IAEA garantisce questa credibilità.

Sulla base degli "Accordi di salvaguardia" previsti dal TNP e stipulati con i singoli stati, la IAEA conduce ispezioni, misure e controlli sui materiali e impianti per verificare che lo Stato mantenga gli obblighi assunti con il TNP. Lo Stato ha l'obbligo di dichiarare alla IAEA tutto il materiale e gli impianti nucleari soggetti a salvaguardia e a comunicare variazioni, come l'eventuale introduzione di nuovi impianti. La base delle salvaguardie è essenzialmente la contabilità del materiale nucleare. Attualmente la IAEA conta su Accordi di salvaguardia in più di 145 Stati che sottopongono al controllo della IAEA e dei suoi ispettori più di 1000 impianti nucleari.

I controlli previsti negli Accordi di salvaguardia forniscono una ragionevole garanzia che parte del materiale nucleare non sia stato dirottato per la costruzione di armi nucleari e che l'impianto non sia stato modificato, tuttavia si sono rilevati insufficienti a rilevare attività nucleari non dichiarate.

In **Italia** il materiale e gli impianti nucleari sono sottoposti ad un **triplice controllo**: a livello nazionale da parte dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA, a livello comunitario da parte dell'EURATOM e a livello internazionale dalla IAEA. Tutti gli impianti nucleari esistenti, che siano funzionanti o in disattivazione, sono soggetti ai controlli di salvaguardia. Così come lo saranno tutti i nuovi impianti.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

Il Trattato di Non Proliferazione

Il sistema di salvaguardie

Il rafforzamento del regime di non proliferazione

La "security" nucleare

La protezione di materiali e impianti.

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [La non proliferazione](#) ► Il rafforzamento del regime di non proliferazione

## comunicare la ricerca

### Il rafforzamento del regime di non proliferazione

Con l'espandersi del numero e della dimensione dei programmi nucleari civili nei Paesi che già sfruttano questa fonte di energia, e con l'interesse manifestato per il nucleare civile da nuovi Paesi, prevalentemente in via di sviluppo, il rischio della proliferazione orizzontale sembra destinato a crescere. Per questo si sta rafforzando il regime internazionale di non proliferazione con l'adozione di nuove misure, tra le quali la costituzione di centri multinazionali per la fornitura dei servizi dell'intero ciclo del combustibile nucleare, dall'arricchimento dell'uranio, al ritrattamento del combustibile irraggiato e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi. È anche allo studio la creazione di una "banca del combustibile nucleare", sotto gli auspici della IAEA, da usare in situazioni di emergenza e su base non discriminatoria, in modo da assicurare la continuità delle forniture del combustibile nucleare ai Paesi che non hanno una capacità autonoma di produzione.

L'impegno internazionale è rivolto a sviluppare sistemi nucleari ad elevata resistenza alla proliferazione, come i reattori di IV Generazione. Inoltre, per facilitare l'applicazione delle salvaguardie, e quindi aumentare la resistenza alla proliferazione, si cerca di considerare le esigenze di verifica e controllo fin dalla fase di progetto del reattore e del ciclo del combustibile.

Anche le misure di protezione fisica del materiale e degli impianti nucleari diventano sempre più stringenti, anche in seguito all'aggravarsi del rischio di terrorismo nucleare.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

Il Trattato di Non Proliferazione

Il sistema di salvaguardie

**Il rafforzamento del regime di non proliferazione**

La "security" nucleare

La protezione di materiali e impianti.

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [La non proliferazione](#) ► La security nucleare

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### La "security" nucleare

In italiano esiste un solo termine: sicurezza. In inglese, invece, esiste una parola specifica per indicare la sicurezza in caso di azioni nocive deliberate: "security". La definizione della IAEA di "security" nucleare è: la prevenzione, il rilevamento e la risposta a furto, sabotaggio, accesso non autorizzato, trasferimento illegale o altri atti dolosi che coinvolgono sostanze nucleari o radioattive o i relativi impianti.

Sia la sicurezza nucleare che la "security" nucleare hanno un obiettivo comune: limitare il rischio proveniente da materiali nucleari radioattivi e dai relativi impianti. Benché entrambe pongano l'accento sull'errore umano accidentale, la "security" pone un'ulteriore enfasi sugli atti dolosi.

I pilastri su cui si fonda la "security" sono quattro:

- un efficace sistema normativo e legislativo a livello nazionale;
- efficaci misure di sicurezza e protezione del materiale più sensibile negli impianti e nel trasporto;
- un sistema di controllo per rilevare eventuali movimenti non autorizzati del materiale nucleare, inclusi i controlli alle frontiere;
- sufficienti risorse umane qualificate e un adeguato supporto tecnologico e di ricerca.
- diffusione della cultura della "security" a tutti i livelli della società, per una sua migliore gestione.

La "security" nucleare è responsabilità dei singoli Stati, ma la cooperazione e le iniziative internazionali sono l'unico modo per razionalizzare le risorse e far fronte al problema globale del terrorismo nucleare.

Numerosi provvedimenti internazionali, ai quali l'Italia ha aderito, forniscono una solida base, legalmente vincolante e non, per le legislazioni nazionali sulla lotta al terrorismo. Dopo l'11 settembre 2001, molte azioni sono state intraprese per rafforzare il sistema internazionale di sicurezza. Negli ultimi anni, sostanziali investimenti provenienti principalmente da Stati Uniti, Paesi G8, AIEA e UE, sono stati impegnati in progetti bilaterali e internazionali nei Paesi dell'ex Unione Sovietica sia per la messa in sicurezza di materiale e impianti, sia per reindirizzare il personale precedentemente impegnato in programmi nucleari militari verso altre attività.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

Il Trattato di Non Proliferazione

Il sistema di salvaguardie

Il rafforzamento del regime di non proliferazione

La "security" nucleare

La protezione di materiali e impianti.

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [La non proliferazione](#) ► La protezione di materiali e impianti

## comunicare la ricerca

### La protezione di materiali e impianti

A livello internazionale, il materiale nucleare è ora considerato ragionevolmente al sicuro. A conferma del miglioramento della situazione, la Banca Dati sui traffici illeciti della IAEA mostra, negli ultimi anni, una netta riduzione degli episodi di contrabbando scoperti dalle autorità competenti riguardanti materiale nucleare. Tuttavia, la messa in sicurezza del materiale nucleare, particolarmente quello più adatto alla costruzione di un ordigno, rimane una delle priorità della comunità internazionale, come è stato evidenziato dal Vertice sulla Sicurezza Nucleare di aprile 2010, ospitato dal Presidente degli Stati Uniti, Obama, che ha stabilito di raggiungere questo obiettivo in un arco di tempo di quattro anni.

A livello nazionale, lo strumento più rilevante per la protezione di materiale nucleare e degli impianti è la "Convenzione sulla protezione fisica dei materiali e degli impianti nucleari", come emendata nel 2005, che copre la protezione di materiale, impianti e trasporto sia a fronte di furto che di sabotaggio. Così come per le altre raccomandazioni della IAEA, l'Italia ha già recepito nella sua legislazione la Convenzione.

Nel 2003 vi è stata una revisione delle misure di protezione fisica che ha portato ad un loro rafforzamento. Periodicamente vengono svolti sugli impianti controlli per verificare la conformità delle misure adottate con i piani di protezione fisica. La competenza per la protezione fisica in Italia è del Ministero dello sviluppo economico, assieme a ISPRA, e al Ministero dell'Interno.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

Il Trattato di Non Proliferazione

Il sistema di salvaguardie

Il rafforzamento del regime di non proliferazione

La "security" nucleare

La protezione di materiali e impianti.

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► I rifiuti radioattivi

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### I rifiuti radioattivi

**Molte attività umane producono rifiuti radioattivi:** la diagnostica e la terapia medica (per es. la radioimmunologia, la radioterapia), la ricerca scientifica, l'industria agroalimentare (per es. la sterilizzazione delle derrate per irraggiamento), i controlli di produzione industriale (per es. le radiografie di saldature). Questi rifiuti, per un tempo variabile da pochi istanti a milioni di anni, emettono radiazioni che possono avere effetti negativi sull'ambiente e sull'uomo, ma che sono comunque di intensità decrescente nel tempo, per il fenomeno del "decadimento radioattivo".

In Italia, i rifiuti radioattivi sono classificati in **tre categorie**, secondo il grado di pericolosità radiologica:

- **I Categoria:** rifiuti radioattivi la cui radioattività decade fino al livello del fondo naturale in tempi dell'ordine di mesi o al massimo di qualche anno. A questa categoria appartengono una parte dei rifiuti da impieghi medici o di ricerca scientifica;
- **II Categoria:** rifiuti radioattivi a bassa/media attività o a vita breve, che perdono quasi completamente la loro radioattività in un tempo dell'ordine di qualche secolo;
- **III Categoria:** rifiuti radioattivi ad alta attività o a vita lunga, per il decadimento dei quali sono necessari periodi molto più lunghi, da migliaia a centinaia di migliaia di anni.

Per ridurre la pericolosità e assicurarne la gestione in sicurezza, i rifiuti radioattivi vengono sottoposti a:

- [Condizionamento](#)
- [Smaltimento in depositi definitivi](#)

Sono, inoltre, in corso in tutto il mondo attività di ricerca finalizzate alla [riduzione con sistemi nucleari innovativi](#) dei quantitativi e della tossicità dei rifiuti radioattivi.

Ma, qual è la [situazione in Italia](#)?

[Approfondimenti](#)



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

**I rifiuti radioattivi**

Condizionamento

Smaltimento in depositi definitivi

Riduzione con sistemi nucleari innovativi

Situazione in Italia

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home > [Comunicare la ricerca](#) > [FOCUS Fissione Nucleare](#) > [I rifiuti radioattivi](#) > Condizionamento

## comunicare la ricerca

### Condizionamento

Come qualsiasi altro rifiuto potenzialmente pericoloso, come i fanghi e i liquami industriali, gli olii e le batterie esauste, anche i rifiuti radioattivi devono essere gestiti secondo criteri di sicurezza, che ne impediscano la dispersione nell'ambiente, impedendone il contatto con le catene alimentari per la generazione attuale e per quelle future.

I rifiuti di I categoria vengono semplicemente immagazzinati in condizioni controllate fino a quando i valori di radioattività non ne permettono lo smaltimento. Poi vengono gestiti come rifiuti convenzionali o speciali.

I rifiuti di II e III categoria vengono invece sottoposti al "condizionamento", cioè a trattamenti chimici e fisici che li convertono in forma solida, stabile e duratura adatta per la manipolazione, il trasporto e infine lo smaltimento in depositi dedicati. Il rifiuto condizionato è, dunque, un manufatto costituito dal materiale radioattivo inglobato in un materiale inerte, generalmente cemento o vetro, posto in un contenitore esterno costituito da un fusto in acciaio.



Rifiuti radioattivi condizionati



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Condizionamento

Smaltimento in depositi definitivi

Riduzione con sistemi nucleari innovativi

Situazione in Italia

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home > Comunicare la ricerca > FOCUS Fissione Nucleare > I rifiuti radioattivi > Smaltimento in depositi definitivi

## comunicare la ricerca

### Smaltimento in depositi definitivi

#### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Condizionamento

Smaltimento in depositi definitivi

Riduzione con sistemi nucleari innovativi

Situazione in Italia

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Lo smaltimento dei rifiuti radioattivi condizionati prevede la collocazione definitiva dei manufatti in un deposito, con l'intenzione di non recuperarli; il deposito deve garantire il completo isolamento dalla popolazione e dall'ambiente fino a quando la radioattività, per effetto del decadimento, non raggiunga valori paragonabili a quelli del fondo ambientale.

Nel caso dei **rifiuti radioattivi di bassa/media attività**, l'isolamento deve essere garantito per qualche secolo e quindi la soluzione di smaltimento più idonea è il **deposito superficiale**, protetto prevalentemente da barriere artificiali, cioè progettate e realizzate dall'uomo.

I manufatti possono essere, ad esempio, immagazzinati all'interno di "moduli" prefabbricati in calcestruzzo armato, i quali sono poi stoccati in strutture scatolari, anch'esse in calcestruzzo armato, che vengono poi coperte ed interrate.

Questo tipo di depositi è molto utilizzato e ne esistono ormai almeno un centinaio in tutto il mondo; i più moderni e avanzati si trovano in Francia, Spagna, Svezia, Giappone, Regno Unito, USA.



Deposito superficiale di La Manche (Francia)

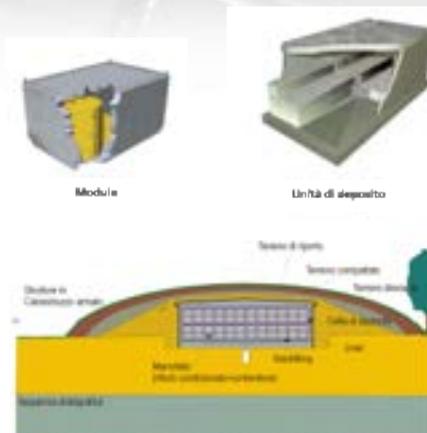
I **rifiuti radioattivi di III categoria**, ad alta attività o a lunga vita, mantengono invece livelli di radioattività significativi per decine e centinaia di migliaia di anni. Per l'isolamento di tali rifiuti non è possibile fare affidamento solo su barriere artificiali, ma ci si deve affidare a barriere naturali.

Vengono prese quindi in considerazione **formazioni geologiche in profondità** (600-800 metri e oltre) che presentino adeguate caratteristiche di stabilità e impermeabilità come, ad esempio, giacimenti di salgemma o formazioni argillose o di granito. L'unico esempio al mondo di deposito geologico operativo è il

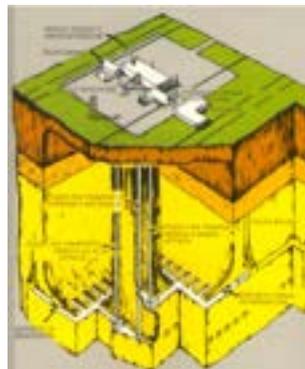
WIPP (Waste Isolation Pilot Plant), un deposito di smaltimento geologico in funzione negli USA dal marzo 1999, riservato ai rifiuti contenenti plutonio di produzione militare.

Tutti i Paesi più progrediti nell'uso della tecnologia nucleare (Regno Unito, Francia, Germania, Giappone, Finlandia, Svezia, etc.) hanno in programma la realizzazione di un deposito geologico al massimo nel giro di qualche decennio. In Svezia è già stato selezionato il sito relativo.

Nell'Unione Europea si parla anche della possibilità di individuare un sito geologico comune, ma la discussione è ancora a uno stadio molto preliminare per motivi prevalentemente di accettabilità pubblica. Considerato il volume abbastanza limitato dei rifiuti ad alta attività e lunga vita, questa soluzione viene comunque considerata perseguibile.



Schema di "deposito superficiale"



Schema di "deposito geologico"

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [I rifiuti radioattivi](#) ► Riduzione con sistemi nucleari innovativi

## comunicare la ricerca

### Riduzione con sistemi nucleari innovativi

Esistono oggi tecniche già molto sperimentate per trattare, condizionare e stoccare in maniera definitiva i rifiuti radioattivi provenienti dalle centrali nucleari. Tuttavia, la riduzione delle scorie rimane, soprattutto in Europa, una questione ancora assai dibattuta anche da parte dell'opinione pubblica.

Per tale motivo e per ridurre i requisiti dei depositi geologici che dovranno ospitare in maniera definitiva le scorie, sono in corso in tutto il mondo attività di ricerca per sviluppare tecnologie in grado di ridurre i volumi, la radiotossicità e i tempi di decadimento dei rifiuti radioattivi ad alta attività e a lunga vita, da centinaia di migliaia di anni a poche centinaia di anni.

Si tratta, in particolare, dei nuovi sistemi nucleari di IV generazione (GEN IV) che permetteranno, in futuro, di "bruciare" i rifiuti radioattivi sfruttandone, nel contempo, il loro potenziale energetico.

In Europa sono numerosi i progetti di ricerca in corso ai quali partecipano attivamente vari soggetti italiani, fra cui l'ENEA, con attività sia teoriche che sperimentali. L'utilizzo di tali sistemi a livello industriale avverrà solo verso la metà del secolo in corso. In Italia, l'art. 38 della legge 99 del 23 luglio 2009 prevede di supportare la ricerca e lo sviluppo in questo campo.



[L'energia da fissione](#)

[L'evoluzione della tecnologia](#)

[La sicurezza](#)

[La non proliferazione](#)

[I rifiuti radioattivi](#)

[Condizionamento](#)

[Smaltimento in depositi definitivi](#)

[Riduzione con sistemi nucleari innovativi](#)

[Situazione in Italia](#)

[Le radiazioni ionizzanti](#)

[Effetti delle radiazioni sulla salute](#)

[La radioprotezione](#)

[Opportunità e vantaggi](#)

[Costi](#)

[Riserve e risorse](#)

[Il ruolo della ricerca](#)

[La necessità di formazione](#)

[Le attività ENEA](#)

[Approfondimenti](#)

[Altre fonti](#)

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [I rifiuti radioattivi](#) ► La situazione in Italia

- COMUNICARE LA RICERCA**
- Per la stampa
- ENEA WEB TV
- News
- Eventi
- Eccellenze ENEA
- Focus Fissione Nucleare

## comunicare la ricerca

### La situazione in Italia

L'attuale inventario italiano (fonte: ISPRA) indica che nel nostro Paese sono presenti circa 26.000 m3 di rifiuti di II categoria e 1.500 m3 di rifiuti di III categoria. A questi quantitativi vanno aggiunti i rifiuti radioattivi di III categoria che torneranno in Italia dopo il ritrattamento all'estero del combustibile esausto proveniente dagli impianti italiani, e quelli di II categoria previsti dalle attività di smantellamento degli impianti nucleari dismessi. La stima volumetrica per questi ultimi va da 30.000 a 65.000 m3, a seconda delle ipotesi fatte sui livelli di rilascio nell'ambiente dei materiali provenienti dallo smantellamento.

Quindi, complessivamente, il futuro deposito nazionale definitivo superficiale dovrà avere una capacità dell'ordine di 100.000 m3 di rifiuti di II categoria, per far fronte alla stoccaggio definitivo dei rifiuti radioattivi provenienti dai soli impianti dismessi. I rifiuti di III categoria vi saranno invece stoccati solo temporaneamente (50-100 anni) in attesa dello smaltimento geologico.

Il volume dei rifiuti radioattivi ad alta attività che verranno generati dai reattori nucleari di III generazione (GEN III+) che si intende realizzare ora in Italia, sarà comunque molto limitato: dopo 60 anni di funzionamento dovranno essere immagazzinati 3.000 m3 di scorie per ogni reattore da 1.600 MWe se si utilizzerà la tecnologia svedese, che prevede involucri di rame che richiedono 2 m3 di volume per ogni tonnellata stoccata. Il volume complessivo sarà pari quello di un cubo di circa 14,4 m di lato. Se i reattori costruiti fossero 10, il lato del cubo sarebbe di circa 31 m. Questi 10 reattori coprirebbero più di 1/3 del fabbisogno di energia elettrica dell'Italia.



- [L'energia da fissione](#)
- [L'evoluzione della tecnologia](#)
- [La sicurezza](#)
- [La non proliferazione](#)
- [I rifiuti radioattivi](#)
  - [Condizionamento](#)
  - [Smaltimento in depositi definitivi](#)
  - [Riduzione con sistemi nucleari innovativi](#)
- [Situazione in Italia](#)**
- [Le radiazioni ionizzanti](#)
- [Effetti delle radiazioni sulla salute](#)
- [La radioprotezione](#)
- [Opportunità e vantaggi](#)
- [Costi](#)
- [Riserve e risorse](#)
- [Il ruolo della ricerca](#)
- [La necessità di formazione](#)
- [Le attività ENEA](#)
- [Approfondimenti](#)
- [Altre fonti](#)

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► Le radiazioni ionizzanti

## comunicare la ricerca

### Le radiazioni ionizzanti

Le radiazioni ionizzanti sono radiazioni elettromagnetiche o corpuscolari dotate di sufficiente energia per "ionizzare" la materia che attraversano, cioè per mettere in moto un gran numero di particelle elettricamente cariche. Queste, rallentando, depositano energia e creano dei danni alla struttura chimica della materia attraversata.

La maggior parte delle radiazioni ionizzanti assorbite dalla popolazione mondiale proviene da sorgenti naturali, che provengono sia dall'esterno del pianeta che dai materiali radioattivi presenti nella crosta terrestre, come riportato nella seguente tabella.<sup>1</sup>

Sorgente	Media mondiale (mSv/anno)	Intervallo di variazione /mSv/anno
Esposizione esterna: - Raggi cosmici - Radiazioni gamma terrestri	0,4 0,5	0,3-1,0 (a) 0,3-0,6 (b)
Esposizione interna: - Inalazione (principalmente da radon) - Ingestione	1,2 0,3	0,2-10,0 (c) 0,2-0,8 (d)
Totale da tutte le sorgenti naturali:	2,4	1,0-12,4

a) dipende dalla quota con incremento dal livello del mare alle altitudini più elevate

b) dipende dalla composizione del suolo

c) dipende dalla concentrazione di radon negli ambienti di vita

d) dipende dalla concentrazione in alimenti e bevande

Solo recentemente il largo impiego di sostanze radioattive artificiali e di impianti radiogeni di vario tipo contribuisce all'esposizione globale della popolazione. Nell'insieme, però, le sorgenti naturali sono responsabili della maggior parte dell'esposizione dell'uomo alle radiazioni.

Secondo le stime della *National Academy of Science* americana<sup>2</sup> l'82% delle radiazioni a cui ciascun individuo è mediamente esposto proviene da fonti naturali come ad esempio il gas Radon. Il restante 18%, derivante da attività umane, è dovuto principalmente a procedure mediche che impiegano raggi X, e solo in minore parte all'uso di prodotti di consumo, alla medicina nucleare, a motivi professionali o a fallout/fuoriuscite nucleari.

Le radiazioni ionizzanti, siano esse di origine naturale o artificiale, possono essere accuratamente misurate; attraverso tale misurazione è possibile identificare e quantificare le sorgenti di radiazione, in modo da adottare le necessarie misure radioprotezionistiche nel rispetto delle norme tecniche e di legge vigenti.

<sup>1</sup> Report of the UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) to the General Assembly: <http://www.unscear.org/docs/reports/gareport.pdf>.

<sup>2</sup> BEIR VII: Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation. The National Academies. Report in Brief: Giugno 2005.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

La misurazione delle radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [Le radiazioni ionizzanti](#) ► La misurazione delle radiazioni ionizzanti

## comunicare la ricerca

### La misurazione delle radiazioni ionizzanti

**Le radiazioni ionizzanti, siano esse di origine naturale o artificiale, possono essere accuratamente misurate, anche con livelli di sensibilità elevati, per i diversi tipi di radiazione, per differenti situazioni e condizioni, grazie alla grande varietà di strumenti e metodi di misura disponibili.**

Normalmente vengono impiegati dosimetri personali e ambientali, monitori portatili, monitori fissi con campionamento automatico, sistemi di laboratorio per analisi di campioni ambientali o biologici. Questa strumentazione utilizza principi di funzionamento ben conosciuti e impiega sistemi di analisi dei dati sottoposti a controlli molto rigidi. Inoltre viene fabbricata da industrie di livello internazionale che utilizzano i più stringenti e moderni principi di controllo di qualità del prodotto.

**Attraverso la misurazione delle radiazioni ionizzanti è possibile identificare e quantificare le sorgenti di radiazione, in modo da adottare le necessarie misure radioprotezionistiche nel rispetto delle norme tecniche e di legge vigenti.**

Come per altre tipologie di grandezze fisiche, anche quelle utilizzate per la misurazione delle radiazioni ionizzanti sono definite in base a raccomandazioni internazionali universalmente accettate. L'ICRU<sup>1</sup> si occupa della definizione e dell'applicazione delle grandezze e delle unità di misura, fondamentali per la radioprotezione dell'uomo e dell'ambiente. Le sue raccomandazioni sono aggiornate ai più recenti risultati della ricerca scientifica attraverso l'attività continua di gruppi di esperti internazionali. A livello internazionale, molti altri organismi operano su aspetti complementari e nel loro insieme consentono l'esecuzione di misure rispondenti a rigidi criteri di uniformità e di qualità. Tra gli altri, l'International Atomic Energy Agency (IAEA), la World Health Organization (WHO), la International Commission on Radiological Protection (ICRP), lo United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), l'International Organization for Standardization (ISO), l'International Bureau of Weights and Measures (BIPM), l'International Committee for Weights and Measures (CIPM) e l'International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM).

Il contributo dell'Italia, e dell'ENEA in particolare, ai lavori dei suddetti organismi è ben consolidato nel tempo ed è riconosciuto per l'elevato valore tecnico scientifico.

Le raccomandazioni internazionali sono recepite in Italia da tutti i soggetti che effettuano, a vario titolo, misurazioni di radiazioni ionizzanti nei settori ambientale, industriale, nucleare e della ricerca scientifica. Questo fa in modo che, anche a livello nazionale, sia garantita la qualità e la confrontabilità delle misure, coadiuvate oggi, in molti settori, dall'applicazione dei sistemi di gestione della qualità.

#### [Approfondimenti](#)

<sup>1</sup> ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements): <http://www.icru.org/>.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

**La misurazione delle radiazioni ionizzanti**

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► Comunicare la ricerca ► FOCUS Fissione Nucleare ► Effetti delle radiazioni sulla salute

- COMUNICARE LA RICERCA
- Per la stampa
- ENEA WEB TV
- News
- Eventi
- Eccellenze ENEA
- Focus Fissione Nucleare

## comunicare la ricerca

### Effetti delle radiazioni sulla salute

Le radiazioni ionizzanti possono interagire con la materia vivente trasferendo energia alle molecole delle strutture cellulari e sono quindi in grado di danneggiare in maniera temporanea o permanente le funzioni delle cellule stesse.

Tra i diversi componenti cellulari, gli acidi nucleici che contengono l'informazione genetica rappresentano il bersaglio più sensibile. I danni più gravi derivano pertanto dall'interazione delle radiazioni ionizzanti con il DNA dei cromosomi. I danni al DNA cellulare possono essere prodotti direttamente dalle radiazioni incidenti o indirettamente dalle aggressioni chimiche generate dall'interazione delle radiazioni con le molecole di acqua contenute nei tessuti.

A livello di organismo la gravità del danno dipende dal tipo e dalla dose di radiazione, dalla via di esposizione (irraggiamento esterno, inalazione, ingestione) e dalla sensibilità del tessuto interessato alle radiazioni.

La radiosensibilità di un tessuto, intesa come risposta acuta all'irraggiamento, è direttamente proporzionale all'attività proliferativa delle sue cellule ed è inversamente proporzionale al suo grado di differenziazione. Le popolazioni cellulari più radiosensibili sono pertanto quelle con un elevato indice di proliferazione, come quelle della cute, del midollo osseo e delle gonadi; sono invece definiti radio resistenti i tessuti con cellule che hanno scarsa capacità proliferativa, come il sistema nervoso, i muscoli, i reni ed il fegato.

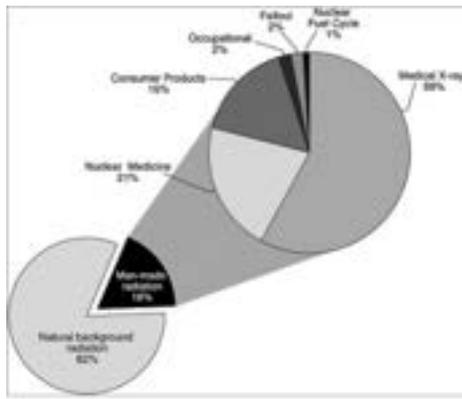
Un organismo sano è generalmente in grado di rimediare ai danni potenzialmente cancerogeni provocati dalle radiazioni ionizzanti ambientali, sia immediatamente a livello molecolare con la riparazione del DNA danneggiato, sia successivamente attraverso l'eliminazione, da parte del sistema immunitario, di cellule recanti mutazioni genetiche e potenzialmente neoplastiche. Questi meccanismi di difesa e sorveglianza funzionano continuamente nel nostro organismo in condizioni normali. L'abbassamento delle difese immunitarie, un cattivo stile di vita, e altri fattori possono compromettere queste difese naturali e diminuire il livello di sorveglianza, contribuendo allo sviluppo di effetti clinici rilevabili solo dopo anni, i cosiddetti effetti tardivi, rappresentati da un accorciamento dell'aspettativa di vita, da alterazioni quali la fibrosi tardiva da radiazioni, da danni dell'apparato cardiocircolatorio, e soprattutto dall'induzione di tumori.

L'attuale valutazione del rischio di tumori, supportata da accreditati organismi internazionali quali l'ICRP ([International Commission on Radiological Protection](#)) e l'UNSCEAR ([United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations](#)), è basata sull'assunzione di una relazione tra la dose assorbita e lo sviluppo di tumori di tipo lineare, ottenuta estrapolando i dati epidemiologici dei sopravvissuti giapponesi alle esplosioni atomiche e utilizzando fattori di correzione, per i vari tipi di radiazione, basati su studi radiobiologici.

Alle basse dosi, pertanto, le stime di rischio finora disponibili sono inevitabilmente basate su interpolazioni, approssimazioni ed assunzioni teoriche. Un eventuale approccio epidemiologico richiederebbe, infatti, decine di migliaia di soggetti esposti per documentare un rischio clinicamente significativo per dosi relativamente basse di esposizione.

Il problema del rischio alle basse dosi di radiazioni investe appieno il campo dell'utilizzo delle radiazioni ionizzanti in medicina. Se nella radioterapia per la cura dei tumori la valutazione del rapporto rischio-beneficio è quasi sempre a favore dell'utilizzo, questo non è sempre vero nel campo della diagnostica dove, secondo recenti stime, il 25% degli esami radiologici sono superflui. L'uso sempre crescente della TAC (tomografia assiale computerizzata), un esame che prevede una dose circa 50 volte più alta rispetto a una radiografia convenzionale, viene spesso riproposto e discusso. Le stime del rischio di cancro da esposizioni per motivi diagnostici vanno dallo 0,6% al 3,0% sulla base del numero annuo di esami effettuati nei Paesi sviluppati<sup>1</sup>. Da questi risultati si evince l'importanza della valutazione del rischio-beneficio delle indagini radiologiche che possono comportare effetti biologici non trascurabili e, allo stato delle conoscenze attuali, più rilevanti di quelli delle installazioni energetiche nucleari.

Se l'esposizione a fonti naturali di radiazioni (che costituisce l'82% del totale) è di fatto non evitabile, l'esposizione dei lavoratori, e in misura minore del pubblico, a bassi livelli di radiazioni provenienti da produzione di energia nucleare e altri usi industriali e medici delle radiazioni ionizzanti sono diventati parte integrante della società industrializzata. Questi usi sono, comunque, soggetti a regolamenti rigorosi, costantemente rivisti e aggiornati. Gli orientamenti nel campo della radioprotezione seguono di pari passo il progresso della ricerca scientifica in campo radiobiologico con l'obiettivo di evitare qualsiasi sovrastima o sottostima



National Academy of Sciences (NAS) Report on Radiation Risk (BEIR VII Report), 29 June 2005



- L'energia da fissione
- L'evoluzione della tecnologia
- La sicurezza
- La non proliferazione
- I rifiuti radioattivi
- Le radiazioni ionizzanti
- Effetti delle radiazioni sulla salute
- La radioprotezione
- Opportunità e vantaggi
- Costi
- Riserve e risorse
- Il ruolo della ricerca
- La necessità di formazione
- Le attività ENEA
- Approfondimenti
- Altre fonti

dei rischi da radiazioni, che potrebbero comportare la prima restrizioni non necessarie, la seconda livelli di protezione insufficienti.

[Approfondimenti](#)

<sup>1</sup>Berrington de González A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. Lancet 363: 345-51, 2004.

® ENEA - Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 ROMA - Italia

[La redazione informa](#)

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► La radioprotezione

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### La radioprotezione

La radioprotezione, intesa come studio e prevenzione degli effetti dannosi delle radiazioni sull'organismo umano, è una disciplina relativamente giovane, che ha avuto inizio alla fine del 1800 con la scoperta dei raggi X.

La conoscenza della natura delle radiazioni ionizzanti, l'applicazione della dosimetria, cioè il calcolo della dose assorbita e l'impiego di avanzati metodi di misura, consentono di rendere estremamente efficace la protezione dalle radiazioni ionizzanti.

I tre principi di carattere generale della radioprotezione sono:

- **La giustificazione**, che richiede, per ogni pratica con impiego di radiazioni, la valutazione preventiva dei rischi e dei benefici e che i secondi siano nettamente superiori ai primi.
- **L'ottimizzazione**, che consiste nell'adozione di tutte le metodiche adeguate a ridurre, quanto possibile, l'esposizione alle radiazioni, secondo alcuni parametri di protezione:
  - la distanza dalla sorgente di radiazioni, all'aumentare della quale il rischio si riduce generalmente come l'inverso del suo quadrato;
  - il tempo di esposizione, che deve essere ridotto il più possibile compatibilmente con le esigenze lavorative;
  - l'adozione di adeguate schermature, che devono essere progettate in considerazione del tipo e dell'intensità delle radiazioni da schermare;
  - Il controllo della contaminazione radioattiva, che deve essere mantenuta entro livelli molto contenuti.
- **I limiti di dose**, che sono imposti dalla normativa nazionale vigente<sup>1</sup>, per lavoratori esposti e individui della popolazione e corrispondono a quelli raccomandati in ambito internazionale dalla ICRP<sup>2</sup>.

In ragione del tipo di attività lavorativa normalmente svolta, e delle esposizioni potenziali conseguenti a eventi anomali e a malfunzionamenti, i lavoratori sono classificati come lavoratori esposti di categoria A (quelli che possono essere più esposti alle radiazioni) e di categoria B. I limiti di dose per i lavoratori, riportati in tabella a confronto con i limiti per le popolazioni, non devono essere superati in nessun caso durante le normali pratiche con impiego di radiazioni ionizzanti.

Grandezza	Limiti per i lavoratori esposti Cat. A (mSv/anno)	Limiti per i lavoratori esposti Cat. B (mSv/anno)	Limiti per la popolazione (mSv/anno)
<a href="#">Dose efficace</a> singolo anno Dose equivalente (a)	20	6	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cristallino dell'occhio</li> <li>• Pelle</li> <li>• Mani e piedi</li> </ul>	150	45	15
	500	150	50
	500	150	50

a) La dose equivalente misura gli effetti biologici dell'assorbimento di radiazioni su un determinato organo o tessuto e tiene conto della diversa pericolosità dei vari tipi di radiazione.

La classificazione dei lavoratori come esposti a radiazioni ionizzanti è affidata ad un professionista, "l'esperto qualificato", che deve essere in possesso di titoli di studio specifici a carattere universitario e deve superare uno o più esami abilitanti. L'esperto qualificato definisce, inoltre, la classe di rischio dei locali di lavoro ed effettua un controllo continuo per garantire il mantenimento del rischio a livelli bassi e comunque non superiori a quelli definiti e autorizzati prima dell'esercizio della pratica lavorativa.

Il controllo è svolto a salvaguardia dei lavoratori e della popolazione. Per i lavoratori esposti a radiazioni è anche obbligatoria la sorveglianza sanitaria svolta da medici dotati di opportuni titoli di specializzazione e abilitazione.

#### [Approfondimenti](#)

<sup>1</sup> D.Lgs. 230/95 e s.m.i. .



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

La dose efficace

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti



[Home](#) ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► [La radioprotezione](#) ► [La dose efficace](#)

## COMUNICARE LA RICERCA

[Per la stampa](#)[ENEA WEB TV](#)[News](#)[Eventi](#)[Eccellenze ENEA](#)[Focus Fissione Nucleare](#)

## comunicare la ricerca

## La dose efficace

L'esposizione alle radiazioni ionizzanti determina una deposizione dell'energia che le radiazioni trasportano nei tessuti biologici. Questa deposizione viene misurata in termini di "dose efficace", una grandezza che mette in relazione la quantità di radiazione ricevuta con il rischio a cui un individuo è esposto.

La dose efficace si misura in sievert (Sv). Il sievert è un'unità molto grande che corrisponde a un danno certo per l'individuo esposto. In genere le dosi ricevute sono molto più basse e per indicarle si usano i sottomultipli: il millisievert (mSv: la millesima parte del Sv) e il microsievert ( $\mu$ Sv: la milionesima parte del Sv).

[L'energia da fissione](#)[L'evoluzione della tecnologia](#)[La sicurezza](#)[La non proliferazione](#)[I rifiuti radioattivi](#)[Le radiazioni ionizzanti](#)[Effetti delle radiazioni sulla salute](#)[La radioprotezione](#)[La dose efficace](#)[Opportunità e vantaggi](#)[Costi](#)[Riserve e risorse](#)[Il ruolo della ricerca](#)[La necessità di formazione](#)[Le attività ENEA](#)[Approfondimenti](#)[Altre fonti](#)

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► Opportunità e vantaggi

## comunicare la ricerca

### Opportunità e vantaggi

Il rischio dei cambiamenti climatici, la tendenza all'aumento dei costi dei combustibili fossili e la persistente insicurezza connessa all'approvvigionamento energetico, sono elementi che fanno ritenere, a livello internazionale, l'energia nucleare utile - insieme ad una politica per l'efficienza energetica e per il ricorso alle fonti rinnovabili - per conseguire una riduzione delle emissioni di gas serra e la diversificazione delle fonti per una maggiore sicurezza energetica.

**L'opportunità di riavviare un programma nucleare in Italia**, come deciso dal Governo, è rafforzata da un tasso di dipendenza energetica particolarmente elevato (circa 85% di dipendenza dall'estero con una fattura energetica corrispondente a quasi 60 miliardi di Euro nel 2008), ma anche dalla prospettiva di sviluppare una filiera industriale nazionale in grado di rispondere alle sfide tecnologiche del futuro in campo energetico.

Nel 2008 in Italia, secondo i dati Terna, la domanda elettrica è stata soddisfatta prevalentemente con le fonti fossili (72%), con una quota da fonte rinnovabile (16%), in gran parte di origine idroelettrica e, per il resto, con importazione di energia elettrica (12%).

Il piano del Governo, all'interno di una politica di efficientamento complessivo del sistema energetico nazionale, tende a riequilibrare il mix delle fonti per la produzione di energia elettrica prevedendo l'utilizzo di fonti fossili per il 50%, di fonti rinnovabili per il 25% e di fonte nucleare per il 25%.

Il nucleare non appare dunque sostitutivo ma complementare alle fonti rinnovabili.

In termini di **vantaggi ambientali, economici e occupazionali**, partendo dagli scenari elaborati dall'ENEA che indicano per l'Italia, al 2030, una domanda di energia elettrica pari a circa 370 TWh e se si ipotizza di produrre il 25% di energia elettrica con fonte nucleare, risulta necessario disporre di una potenza pari a quella di 8 reattori da 1600 MWe ciascuno.

Con tale programma si otterrebbero i seguenti risultati:

- 7,5 milioni di tonnellate di emissioni di CO<sub>2</sub> evitate per reattore installato
- 112 milioni di euro di risparmio totale in termini di diritti di emissione
- 3,5 miliardi di m<sup>3</sup> di importazione evitata di gas naturale
- 4 milioni di tonnellate di importazione evitata di carbone
- 13.500 nuovi occupati<sup>1</sup>.

L'effetto positivo ai fini della riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> è dimostrato in Francia, il cui sistema di produzione di energia elettrica, largamente basato sull'energia nucleare, vede una produzione media di CO<sub>2</sub> pari a 50 gr/kWh, a fronte di una media europea di 400 gr/kWh.

#### [Approfondimenti](#)

<sup>1</sup> Estrapolazione dell'esperienza francese 100.000 occupati su 58 reattori nucleari installati.



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

**Opportunità e vantaggi**

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home ► Comunicare la ricerca ► FOCUS Fissione Nucleare ► Costi

- COMUNICARE LA RICERCA
- Per la stampa
- ENEA WEB TV
- News
- Eventi
- Eccellenze ENEA
- Focus Fissione Nucleare

## comunicare la ricerca

### Costi

Il costo dell'energia prodotta da fonte nucleare è formato dai costi di costruzione, dai costi di esercizio e di manutenzione e dai costi del combustibile. A questi vanno aggiunti i costi del decommissioning che vengono sostenuti a fine vita dell'impianto. In un recente studio NEA/IEA<sup>1</sup> è riportata l'analisi dei costi di produzione dell'energia elettrica del reattore francese EPR (European Pressurized Reactor), il tipo di impianto che Sviluppo Nucleare Italia, joint-venture tra ENEL ed EDF, ha espresso l'intenzione di costruire.

**Costi di costruzione** - Rappresentano la parte preponderante del costo totale e sono quelli di più difficile quantificazione. La costruzione di un impianto nucleare, infatti, richiede ingenti risorse finanziarie e queste vanno reperite sul mercato dei capitali, ricorrendo sia a forme di debito che di capitale di rischio la cui ripartizione dipende dalla disponibilità degli investitori istituzionali e del sistema bancario. Esistono in letteratura molte fonti che forniscono valori, o intervalli di valori, dei costi di investimento per la costruzione di impianti nucleari, per diverse condizioni finanziarie (tassi di interesse, tempi di ritorno dell'investimento, disponibilità del sistema bancario e degli altri investitori istituzionali ecc.). Secondo il rapporto NEA/IEA, la stima del costo del capitale del reattore francese EPR è pari a 3.860 \$/kW installato.

**Costi di esercizio e manutenzione** - Questi costi mostrano grande variabilità da Paese a Paese, in quanto dipendono, tra l'altro, dal costo del lavoro, dalla taglia dell'impianto e dalle regole sulla sicurezza. Facendo riferimento allo studio NEA/IEA, e tenendo in considerazione il fattore di utilizzazione dell'impianto, l'utilizzo di sistemi di controllo e sicurezza intrinseca e passiva, il costo del lavoro e la potenza dell'impianto, si stima che il costo di manutenzione (con riferimento all'EPR francese) possa essere di 16 \$/MWh.

**Costi del combustibile e del decommissioning** - Una delle principali ragioni di attrazione verso la produzione di energia elettrica da fonte nucleare è il basso costo del combustibile, se confrontato con quello delle fonti fossili. L'European Supply Agency - Nuclear Observatory riporta un costo 2008 dell'ossido di uranio<sup>2</sup> di circa 47 €/kg. L'uranio, per essere utilizzato, deve comunque essere processato, arricchito e assemblato in elementi di combustibile. Il costruttore dell'EPR, AREVA, dichiara che il costo del combustibile rappresenta il 17% del costo del kWh prodotto da un impianto EPR, disaggregato in 51% di costo dell'uranio naturale, 3% di costo di conversione, 32% di costo di arricchimento e 14% di costi di fabbricazione. I costi del ciclo del combustibile<sup>3</sup> del reattore EPR francese, secondo il documento NEA/IEA, sono quantificati in 9,33 \$/MWh. Per quanto riguarda i costi del decommissioning, lo studio NEA/IEA riporta valori molto bassi (0,05 \$/MWh con un tasso di sconto del 5% e 0,005 \$/MWh con un tasso di sconto del 10%) in quanto distribuiti su un periodo atteso di funzionamento pari a 60 anni.

Per valutare la **competitività rispetto ad altre fonti** bisogna tener conto che il costo dell'energia prodotta da fonte nucleare dipende da fattori tecnologici e da fattori legati al contesto socio economico e politico in cui l'impianto viene realizzato. Il confronto può essere fatto sulla base del cosiddetto costo marginale o "Levelized Unit Electricity Cost" che rappresenta il prezzo di vendita dell'energia prodotta da un impianto, che remunera il capitale investito ad un dato tasso di interesse, dopo le imposte.

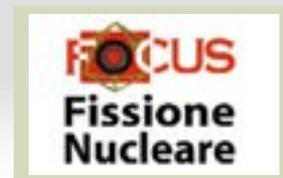
Lo studio NEA/IEA riporta i seguenti costi marginali<sup>4</sup>:

Con un tasso di sconto del 5%			Con un tasso di sconto del 10%		
Nucleare (EPR Francese)	56,42	\$/MWh	Nucleare (EPR Francese)	92,38	\$/MWh
Ciclo combinato	86,85	\$/MWh	Ciclo combinato	91,44	\$/MWh
Eolico onshore	145,5	\$/MWh	Eolico onshore	229,97	\$/MWh
Fotovoltaico	410,36	\$/MWh	Fotovoltaico	615,98	\$/MWh
Cogenerazione	75,59	\$/MWh	Cogenerazione	85,11	\$/MWh
Carbone (media Paesi OECD)	87,00	\$/MWh	Carbone (media Paesi OECD)	104,50	\$/MWh

Il costo di produzione dell'energia elettrica prodotta da centrali nucleari è dunque competitivo rispetto a quello prodotto da altre fonti. La tecnologia nucleare può, in particolare, affiancare e sostituire quelle fossili soprattutto quando si consideri il maggior costo di produzione, qualora si ricorra alla cattura e sequestro della CO<sub>2</sub>.

ù

<sup>1</sup> Projected Costs of Generating Electricity, 2010 Edition, NEA Nuclear Energy Agency, IEA International Energy Agency



- L'energia da fissione
- L'evoluzione della tecnologia
- La sicurezza
- La non proliferazione
- I rifiuti radioattivi
- Le radiazioni ionizzanti
- Effetti delle radiazioni sulla salute
- La radioprotezione
- Opportunità e vantaggi
- Costi
- Riserve e risorse
- Il ruolo della ricerca
- La necessità di formazione
- Le attività ENEA
- Approfondimenti
- Altre fonti

International Energy Agency.

<sup>2</sup> U3O8, conosciuto come "yellow cake".

<sup>3</sup> Produzione, smaltimento e stoccaggio del combustibile.

<sup>4</sup> Non esistendo una industria nucleare in Italia, si è preso come riferimento dei costi nucleari il costo marginale dell'EPR francese.

© ENEA - Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 ROMA - Italia

[La redazione informa](#)

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► Riserve e risorse

## comunicare la ricerca

### Riserve e risorse

Per tutte le fonti energetiche, esiste una distinzione<sup>1</sup>, tra:

- le **riserve**, che sono i depositi già identificati e sfruttabili in maniera economicamente competitiva con le tecnologie disponibili;
- le **risorse**, che sono i depositi indicati come probabili ma sfruttabili a costi non competitivi o che ancora non sono stati identificati con certezza.

#### Le riserve

La valutazione della disponibilità, negli anni a venire, di qualunque combustibile è legata al prezzo delle materie prime, degli investimenti e delle nuove tecnologie che possono rendersi disponibili.

Per i combustibili fossili esiste un indicatore che aiuta a superare queste incertezze: il rapporto R/P dove R indica le riserve attualmente stimate e P la produzione annua attuale.

In base a questo rapporto R/P<sup>2</sup>, la disponibilità di petrolio è stimata in 41,6 anni, quella di gas in 60,3 anni e quella di carbone in 133 anni.

Utilizzando lo stesso indicatore per la fonte nucleare, a fronte di riserve totali attuali accertate<sup>3</sup> di oltre 6 milioni di tonnellate di uranio e assumendo un consumo annuo pari a quello del 2008, necessarie ad alimentare l'attuale flotta di 439 reattori nucleari per una potenza installata di 370 GWe, si ottiene una **disponibilità di uranio per almeno 100 anni con funzionamento dei reattori in ciclo aperto**. Le riserve di uranio non sono solo abbondanti, ma sono anche disponibili in molte e diverse aree del pianeta, a differenza di quelle di petrolio e gas che sono concentrate in pochi Paesi.

Il ricorso alla fonte nucleare, perciò, attenua i problemi relativi alla sicurezza degli approvvigionamenti energetici dai Paesi produttori di fonti fossili, che vede una concentrazione per il 70% nel Medio Oriente<sup>4</sup>. Inoltre, il combustibile nucleare necessario alla produzione di energia ha un volume molto più limitato rispetto a quello dei combustibili fossili, con evidenti vantaggi logistici nella costituzione di scorte strategiche.

#### Le risorse

Mentre le stime sulle riserve sono una "istantanea" delle informazioni disponibili sulle risorse, è più difficile fare un inventario della quantità totale di materie prime esistenti.



**Distribuzione globale delle risorse di uranio identificate al 2007**  
(fonte: NEA, Uranium 2007: Resources, production and demand)

Come già è avvenuto in passato, per l'uranio si attendono ulteriori scoperte, se le condizioni di mercato continueranno ad essere favorevoli e quindi a stimolare l'esplorazione dei giacimenti.

Si valuta che, in caso di forte espansione della produzione globale di energia nucleare, nell'ipotesi che si triplicino il numero di centrali e che si utilizzi un ciclo aperto del combustibile<sup>5</sup>, la disponibilità di uranio, che attualmente sarebbe in grado di sostenere questo scenario fino al 2050, potrebbe aumentare a più di 100 anni<sup>6</sup>. In quanto detto non è stato incluso l'effetto dell'avvento dei reattori veloci, funzionanti a ciclo chiuso<sup>7</sup>, una tecnologia già nota e in grado di moltiplicare la durata le risorse per circa 60 volte rispetto alla attuale, portandola all'ordine di migliaia di anni.

In aggiunta alle riserve convenzionali di uranio, ci sono anche le fonti di uranio "non convenzionali" che potrebbero essere sfruttate per aumentarne la disponibilità. Anche se ulteriori esplorazioni sono necessarie per confermare questo dato, si stima che l'uranio contenuto nelle rocce di fosfato porterebbe le riserve a 22 milioni di tonnellate.

Resterebbe comunque sempre possibile, sotto la spinta della crescita della domanda e del prezzo, l'espansione delle riserve al torio (risorse per 2,5 milioni di tonnellate) e a quelle presenti nell'acqua di mare (circa 4,5 miliardi di tonnellate).

Questa larga disponibilità di uranio, una fonte di energia a basso emissioni e suscettibile di



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Questa larga disponibilità di uranio, una fonte di energia a basse emissioni e suscettibile di espandersi grandemente attraverso prevedibili sviluppi tecnologici, va confrontata con le riserve dei combustibili fossili. Anche per queste, prevedibilmente, il prezzo delle materie prime definirà l'appetibilità di fonti non convenzionali, ma difficilmente si modificherà il problema di un livello di emissione incompatibile con uno sviluppo sostenibile.

<sup>1</sup> **Resources to Reserves** - *Oil and Gas Technologies for the Energy Markets of the Future*, IEA, 2005.

<sup>2</sup> **Rapporto British Petroleum 2008**.

<sup>3</sup> Joint NEA-IAEA Report "Uranium 2009: Resources, Production and Demand".

<sup>4</sup> National Petroleum Council (NPC), [www.npc.org](http://www.npc.org).

<sup>5</sup> Con stoccaggio del combustibile irradiato, senza recupero dell'uranio e del plutonio.

<sup>6</sup> Con stoccaggio del combustibile irradiato, senza recupero dell'uranio e del plutonio.

<sup>7</sup> Con stoccaggio del combustibile irradiato, senza recupero dell'uranio e del plutonio.

Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► Il ruolo della ricerca

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### Il ruolo della ricerca

La tecnologia nucleare, anche se è giunta a piena maturità industriale, è una tecnologia complessa; è soggetta, pertanto, al pari di tutte le tecnologie avanzate e sofisticate, a una costante evoluzione tecnica e scientifica. Le ricerche mirano a ottimizzarne l'impiego in termini di riduzione dei costi, nonché a migliorarne la sostenibilità attraverso la riduzione delle risorse naturali utilizzate per produrre una certa quantità di energia e dei rifiuti radioattivi da stoccare in maniera definitiva. In quanto tecnologia complessa richiede, in tutte le fasi del processo, personale altamente specializzato.

La ricerca e sviluppo sugli impianti del futuro richiede tempo (decine di anni), è molto costosa (centinaia di milioni di Euro) e può essere portata avanti solo attraverso la **cooperazione internazionale**. Questo è quanto avvenuto negli anni 80 e 90 per sviluppare gli impianti nucleari disponibili oggi; parimenti nel 2000 quando sono giunti a maturità industriale i reattori nucleari sviluppati nei decenni precedenti, i Paesi più avanzati con lunga e consolidata tradizione di utilizzo dell'energia nucleare hanno avviato collaborazioni internazionali per sviluppare le tecnologie che saranno disponibili fra 20-30 anni e anche oltre.

Anche **l'Italia**, che peraltro aveva partecipato negli anni 80 e 90 allo sviluppo degli impianti oggi disponibili, **ha recentemente aderito alle principali iniziative europee ed internazionali per il nucleare del futuro**. È infatti fondamentale affiancare il programma industriale con un impegno continuo rivolto sia all'evoluzione delle tecnologie di oggi, sia alla ricerca che permetterà di rendere disponibili domani sistemi rivoluzionari rispetto a quelli odierni.

La ricerca e sviluppo per i sistemi del futuro non deve precludere l'utilizzo delle migliori tecnologie attualmente disponibili, altrimenti assisteremmo ad una corsa senza fine verso "il meglio" senza mai arrivare a sfruttare industrialmente, per soddisfare i bisogni di oggi, quanto la tecnologia ha al momento prodotto. Pertanto: ricerca e sviluppo anche a lungo termine, come il caso della fusione, perché i nuovi sistemi raggiungano in tempo utile la maturità industriale e possano dunque soddisfare i bisogni energetici delle future generazioni ma, nello stesso tempo, utilizzo delle migliori tecnologie oggi disponibili per soddisfare i bisogni delle attuali generazioni. Un semplice esempio è forse più comprensibile di tante parole: se i romani avessero aspettato di poter disporre delle tecnologie attuali per costruire ponti sospesi come quello di Brooklyn non avrebbero mai costruito i loro ponti che invece resistono ancora oggi all'usura dei secoli.

Le **ricadute della R&S nucleare** non riguardano solo il settore energetico ma anche una miriade di altre applicazioni che spesso inconsapevolmente i cittadini utilizzano giornalmente. Basti pensare alle radiazioni per le cure dei tumori o alla produzione di radioisotopi e radiofarmaci insostituibili per molteplici esami diagnostici, nonché per applicazioni industriali (fonderie, impianti petroliferi ecc.). Tecnologie nucleari sono anche quelle che permettono di avanzare nella conoscenza dell'infinitamente piccolo e dell'infinitamente grande attraverso esperimenti in cui vengono prodotti grandi quantità di radiazioni e di particelle subnucleari dal cui studio, ad esempio, è possibile indagare l'origine dell'universo. La mente corre al ben noto esperimento in corso presso il CERN di Ginevra.

[Approfondimenti](#)



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Home > [Comunicare la ricerca](#) > [FOCUS Fissione Nucleare](#) > La necessità di formazione

- COMUNICARE LA RICERCA
- Per la stampa
- ENEA WEB TV
- News
- Eventi
- Eccellenze ENEA
- Focus Fissione Nucleare



- L'energia da fissione
- L'evoluzione della tecnologia
- La sicurezza
- La non proliferazione
- I rifiuti radioattivi
- Le radiazioni ionizzanti
- Effetti delle radiazioni sulla salute
- La radioprotezione
- Opportunità e vantaggi
- Costi
- Riserve e risorse
- Il ruolo della ricerca
- La necessità di formazione**
- Le attività ENEA
- Approfondimenti
- Altre fonti

## comunicare la ricerca

### La necessità di formazione

La necessità di migliaia di figure professionali da impiegare sia nel programma industriale che nell'innovazione di prodotto e processo, oltre che nella ricerca e sviluppo, rischia di diventare il vero collo di bottiglia per la ripresa nucleare in tutto il mondo.

Da oggi al 2050 si prevede che saranno ordinati e costruiti nel mondo fino a 1000 nuovi impianti nucleari di potenza. Ad essi si aggiungono gli impianti e le attrezzature relativi al ciclo del combustibile: dall'estrazione del minerale dalla miniera ai processi di produzione del combustibile a quelli per il trattamento, condizionamento, trasporto e stoccaggio dei rifiuti radioattivi e al loro eventuale riciclo per recuperarne il potenziale energetico, fino allo smantellamento degli impianti che hanno raggiunto il fine vita.

Si tratta dunque di poter disporre di personale altamente qualificato per ogni fase del processo, decine di migliaia di posti di lavoro in tutto il mondo. Di questo si cominciano già a vedere i primi effetti, con la corsa da parte delle maggiori industrie nucleari mondiali ad assicurarsi i giovani più preparati e promettenti.

Si tratta di un processo competitivo sia fra i Paesi che già fanno ricorso da tempo all'energia nucleare e che intendono mantenere in sicurezza gli impianti o sostituire e potenziare il

proprio parco reattori, e i Paesi sviluppati, emergenti o in via di sviluppo che si affacciano per la prima volta a questa fonte energetica. Paesi emergenti come la Cina e l'India hanno programmi nucleari molto ampi, per soddisfare i bisogni energetici di una popolazione che si conta a miliardi di persone. E ad essi occorre aggiungere una cinquantina di Paesi in via di sviluppo, anche africani, che hanno già espresso all'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica di Vienna la propria volontà di dotarsi di impianti nucleari adatti ai loro fabbisogni energetici sempre crescenti.

In Italia esistono ancora competenze disponibili per gestire il nuovo programma nucleare, e ciò è dovuto da un lato all'impegno dei maggiori atenei italiani nel mantenere in vita corsi di ingegneria nucleare e, dall'altro, di un certo numero di organizzazioni di ricerca e industrie italiane in progetti e programmi europei ed internazionali sul nucleare innovativo. Questo è avvenuto anche nel periodo post-Chernobyl, in cui l'Italia ha ritenuto di non ricorrere più a questa fonte energetica. In particolare, lo sforzo, anche industriale, degli scorsi anni sull'innovazione e sulla ricerca e sviluppo, ha consentito al sistema produttivo italiano di acquisire commesse, e quindi posti di lavoro altamente qualificati nel mercato internazionale e, oggi, di essere pronto a competere nel momento in cui si riaprono le prospettive di un rilancio del nucleare anche nel nostro Paese.

È necessario, comunque, dati gli obiettivi che il Governo si è posto, potenziare da subito, nel Paese, la capacità formativa in questo campo per arrivare, a regime, a circa 300 ingegneri nucleari da offrire al mercato del lavoro ogni anno. Peraltro, un analogo numero di ingegneri nucleari usciva dalle università italiane all'inizio degli anni 80, quando l'Italia aveva un ambizioso programma nucleare. Parallelamente è necessario uno sforzo straordinario per assicurare il turn-over e il potenziamento del corpo docente.

I tempi lunghi per la formazione delle figure professionali più critiche richiedono una specifica programmazione già all'inizio del programma nucleare. Infatti la formazione di un ingegnere da inserire nel mercato nucleare richiede attualmente 5 anni di preparazione iniziale, meglio se seguita e completata da un Dottorato di ricerca di 3 anni, in particolare necessario per coloro che saranno poi impiegati nel settore della ricerca e sviluppo presso enti di ricerca, università ed industrie.

Oltre agli ingegneri nucleari, che rivestono un ruolo centrale che investe tutte le fasi del processo produttivo, le necessità professionali si estendono anche al campo dell'ingegneria civile, della meccanica, della chimica, dell'elettronica, dell'informatica ecc. e, non da ultimo, della comunicazione, per migliorare la comprensibilità e quindi l'accettabilità da parte di un pubblico sempre più vasto e desideroso di avere coscienza delle implicazioni delle scelte energetiche del Paese. Formazione, infatti, significa non solo sviluppo delle competenze universitarie e post-universitarie per formare gli scienziati e i tecnici che opereranno sulle centrali, ma anche educazione sui problemi energetici e sui vantaggi e limiti di ogni fonte energetica, incluso quella nucleare, fin dalle scuole elementari e medie.

#### Alcuni dati sulle Università italiane con indirizzi nucleari

Sede	Università	Laurea di I livello	Laurea II livello	Master	Dottorato	Dipartimento
Milano	Politecnico di Milano	Ing. Energetica Ing. Fisica Ing. Elettrica	Ing. Nucleare		Scienza e Tecnologia delle Radiazioni	Energia
Torino	Politecnico di Torino	Ing. Energetica	Ing. Energetica		Energetica	Energetica
Palermo	Università di Palermo	Ing. Energetica	Ing. Energetica e Nucleare		Tecnologie Nucleari, Chimiche e della Sicurezza	Ing. Nucleare
Pisa	Università di Pisa	Ing. Nucleare e della sicurezza e Protezione	Ing. Nucleare e della Sicurezza Industriale		Sicurezza Industriale e Nucleare	Ing. Meccanica, Nucleare e della Produzione
Roma	Università di Roma "La Sapienza"	Ing. Energetica	Ing. Energetica		Energetica	Ing. Elettrica
Bologna	Università di Bologna	Ing. Energetica	Ing. Energetica	Progettazione e Gestione Sistemi Nucleari Avanzati	Ing. Energetica, Nucleare e del Controllo Ambientale	Ing. Energetica, Nucleare e del Controllo Ambientale Ing. delle Costruzioni Meccaniche, Nucleari, Aeronautiche e di Metallurgia



Home ► [Comunicare la ricerca](#) ► [FOCUS Fissione Nucleare](#) ► Le attività ENEA

## comunicare la ricerca

### COMUNICARE LA RICERCA

Per la stampa

ENEA WEB TV

News

Eventi

Eccellenze ENEA

Focus Fissione Nucleare

### Le attività ENEA

L'ENEA ha assunto sin dai primi passi del nucleare in Italia un ruolo preminente nelle attività di ricerca e sviluppo e, grazie alla partecipazione a programmi internazionali, ha mantenuto nel tempo qualificate competenze e infrastrutture che permettono oggi di rendere possibile il ritorno dell'opzione nucleare in Italia.

#### Attività di ricerca



Attualmente, molte delle attività di ricerca sulla fissione nucleare vengono svolte nell'ambito dell'Accordo di Programma con Ministero dello Sviluppo Economico relativa alla Ricerca di Sistema, finalizzata all'innovazione del Sistema Elettrico nazionale per migliorarne l'economicità, la sicurezza e la compatibilità ambientale, assicurando al Paese le condizioni per uno sviluppo sostenibile.

Le attività della Ricerca di Sistema sono finanziate attraverso un fondo alimentato dalla componente A5 della tariffa di fornitura dell'energia elettrica, il cui ammontare viene stabilito dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

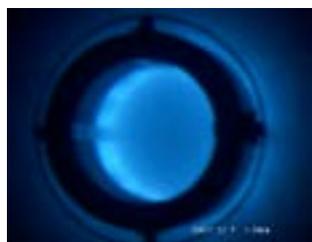
Le attività sulla fissione nucleare riguardano:

1. [Studi sul nuovo nucleare e partecipazioni e accordi internazionali/bilaterali](#)
2. [Reattori evolutivi \(Generazione III+\)](#)
3. [Reattori innovativi \(Generazione IV\)](#)
4. [Attività correlate al deposito dei rifiuti radioattivi.](#)

Le attività sono gestite e coordinate dall'ENEA, ma vi partecipano anche il Consorzio Interuniversitario CIRTEN e l'Università di Bologna. Sono coinvolte, in qualità di soggetti terzi, le società SIET S.p.A (partecipata di ENEA, ENEL, Ansaldo e Politecnico di Milano) e Del Fungo Giera Energia.

#### Qualificazione componenti e sistemi

Il processo di qualificazione è uno dei principi cardine di progettazione e realizzazione di impianti e, in particolare, delle centrali nucleari. Consiste nel sottoporre i sistemi, i componenti e le strutture rilevanti ai fini della sicurezza nucleare ad un complesso sistema di prove sperimentali, alle specifiche condizioni ambientali dovute ad un incidente o ad un rischio esterno, per verificare che essi continuino a svolgere le funzioni per le quali sono stati progettati con la massima affidabilità, consentendo di mantenere sotto controllo il reattore in qualunque situazione.



Impianto di irraggiamento γ CALLIOPE, che può essere utilizzato per irraggiamenti gamma di rilevanza scientifica e industriale. Rastrelliera dell'impianto con sorgenti di  $^{60}\text{Co}$  e visione dell'effetto Cherenkov

L'ENEA è dotata di laboratori e infrastrutture sperimentali in cui è possibile condurre l'intero processo di qualificazione di componenti, dispositivi e sistemi inerenti la sicurezza nucleare nonché molteplici competenze tecnico-scientifiche e una serie di laboratori in grado di offrire un ampio ventaglio di ricerche, misure e prove a supporto dell'attività di qualificazione, dallo stadio di studio preliminare, alla fase di pre-qualifica fino al supporto alle verifiche funzionali durante il processo di qualifica vero e proprio.

#### Radioprotezione



Istituto di Radioprotezione ENEA: Whole Body Counter - Misure in vivo di contaminazione interna

In tema di radioprotezione l'ENEA e, in particolare, l'Istituto di Radioprotezione ENEA, detiene competenza e capacità di intervento uniche e può rispondere a esigenze derivanti dall'utilizzo delle radiazioni ionizzanti nelle varie attività di ricerca ed applicazioni tecnologiche dell'Agenzia, delle PA e di utenti privati, non solo necessariamente alle attività "nucleari".

Prima fra tutti è l'applicazione delle radiazioni ionizzanti in ambito sanitario dove si registrano i maggiori valori di dose individuali ed il maggiore contributo alla dose collettiva media mondiale. Il



L'energia da fissione

L'evoluzione della tecnologia

La sicurezza

La non proliferazione

I rifiuti radioattivi

Le radiazioni ionizzanti

Effetti delle radiazioni sulla salute

La radioprotezione

Opportunità e vantaggi

Costi

Riserve e risorse

Il ruolo della ricerca

La necessità di formazione

Le attività ENEA

Approfondimenti

Altre fonti

Internazionale, nonché l'attività di sorveglianza fisica di radioprotezione, svolta per legge dall'ENEA, costituiscono uno stimolo al mantenimento, all'ottimizzazione delle tecniche dosimetriche adottate nonché allo sviluppo di nuove tecniche di misura e procedure di valutazioni di dose.

Le attività di "service" fornite all'interno dell'ENEA sono di alto livello qualitativo e in alcuni casi uniche a livello nazionale; anche per questo, le tecniche di dosimetria e la taratura di strumentazione per radioprotezione sono richieste da oltre 400 utenti fra aziende private e PA.

#### **Metrologia delle radiazioni ionizzanti**

L'attività di metrologia delle radiazioni ionizzanti è un compito assegnato all'[Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti](#) dell'ENEA (INMRI-ENEA) dalla Legge 11 agosto 1991 n. 273.

L'Istituto deve assicurare le condizioni per l'affidabilità della misura delle radiazioni ionizzanti in tutti i settori di interesse: radioterapia, radiodiagnostica medica, radioprotezione in campo ambientale e ospedaliero e nella ricerca scientifica; si deve occupare di procedure e prove per omologazione e taratura di strumenti di misura; partecipa alla Commissione tecnico-consultiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria.



*Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni ionizzanti: Impianto d'irraggiamento per la dosimetria in atmosfere di riferimento di radon*

#### **Approfondimenti**

#### **UNITÀ DI RIFERIMENTO**

##### **Unità Tecnica Metodi per la Sicurezza dei Reattori e del Ciclo del Combustibile**

Responsabile: Ing. Stefano Monti  
e-mail: [stefano.monti@enea.it](mailto:stefano.monti@enea.it)

##### **Unità Tecnica Tecnologie e Impianti per la Fissione e la Gestione del Materiale Nucleare**

Responsabile: Ing. Massimo Sepielli  
e-mail: [massimo.sepielli@enea.it](mailto:massimo.sepielli@enea.it)

##### **Unità Tecnica Tecnologie dei Materiali**

Responsabile: Dott. Marco Vittori Antisari  
e-mail: [marco.vittori@enea.it](mailto:marco.vittori@enea.it)

##### **Unità Tecnica Ingegneria Sperimentale Brasimone**

Responsabile: Ing. Pietro Agostini  
e-mail: [pietro.agostini@enea.it](mailto:pietro.agostini@enea.it)

##### **Istituto di Radioprotezione**

Responsabile: Dott.ssa Elena Fantuzzi  
e-mail: [elena.fantuzzi@enea.it](mailto:elena.fantuzzi@enea.it)

##### **Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti**

Responsabile: Dott. Pierino De Felice  
e-mail: [pierino.defelice@enea.it](mailto:pierino.defelice@enea.it)

Home > [Comunicare la ricerca](#) > [FOCUS Fissione Nucleare](#) > Approfondimenti

- COMUNICARE LA RICERCA**
- Per la stampa
- ENEA WEB TV
- News
- Eventi
- Eccellenze ENEA
- Focus Fissione Nucleare

## comunicare la ricerca

### Approfondimenti

- ▶ L'evoluzione della tecnologia
- ▶ Le radiazioni ionizzanti
- ▶ Il ruolo della ricerca
- ▶ La sicurezza
- ▶ La non proliferazione
- ▶ La radioprotezione
- ▶ Le attività ENEA
- ▶ Gli incidenti
- ▶ I rifiuti radioattivi
- ▶ Opportunità e vantaggi
- ▶ Effetti delle radiazioni sulla salute

#### L'EVOLUZIONE DELLA TECNOLOGIA ▲



**NUCLEARE DA FISSIONE**  
**Stato e prospettive**

A cura di: P. Agostini, F. De Rosa, G. Gualdrini, A. Lantieri, A. Luce, S. Migliori, S. Monti, F. Padoani, R. Tinti, F. Troiani, F. Vettrano

Editore: ENEA

pp. 236, 2009

ISBN: 88-8286-189-9

Prezzo: 15,00 euro

[Abstract](#)

**IN DISTRIBUZIONE**

[MODULO D'ORDINE](#)

[CONDIZIONI DI VENDITA](#)

[Appunti di "Il nucleare di quarta generazione"](#)   
A cura di *Emilio Santoro*, "Energia, Ambiente e Innovazione", 2-2007

[Produzione di idrogeno ed energia elettrica con reattori nucleari di IV generazione](#)   
*Pier Paolo Prosinì*, "Energia, Ambiente e Innovazione", 1-2010



**ENRICO FERMI - SIGNIFICATO DI UNA SCOPERTA**

Autori: Vari

Editore: ENEA

p. 186, 2002

ISBN: 88-8286-022-1

Prezzo: 5,00 euro

[Abstract](#)

**IN DISTRIBUZIONE**

[MODULO D'ORDINE](#)

[CONDIZIONI DI VENDITA](#)

#### LA SICUREZZA ▲

[Metodologia della sicurezza nucleare](#)   
*Pasquale Avino, Piero Quercia, Giuseppe Quartieri*, "Energia, Ambiente e Innovazione", 6-2009

[La sicurezza degli impianti nucleari attuali e di nuova generazione e le attività dell'ENEA](#)   
*Felice de Rosa*, "Energia, Ambiente e Innovazione", 6-2009

#### Gli incidenti ▲

[Il Rapporto del Chernobyl Forum](#)



- L'energia da fissione
- L'evoluzione della tecnologia
- La sicurezza
- La non proliferazione
- I rifiuti radioattivi
- Le radiazioni ionizzanti
- Effetti delle radiazioni sulla salute
- La radioprotezione
- Opportunità e vantaggi
- Costi
- Riserve e risorse
- Il ruolo della ricerca
- La necessità di formazione
- Le attività ENEA
- Approfondimenti**
- Altre fonti

## LA NON PROLIFERAZIONE ▲

[Controllo della proliferazione nucleare e nuovi approcci multilaterali alla gestione del ciclo del combustibile](#)

Carlo Mancini, Raffaele Di Sapia, "Energia, Ambiente e Innovazione", 2-2007

## I RIFIUTI RADIOATTIVI ▲

[Ciclo del combustibile nucleare e rifiuti radioattivi](#)

Francesco Troiani "Energia, Ambiente e Innovazione", 6-2009

[I rifiuti radioattivi: da un approccio emotivo ad una valutazione razionale](#)

Alberto Taglioni "Energia, Ambiente e Innovazione", 2-2010

## LE RADIAZIONI IONIZZANTI ▲

La misurazione delle radiazioni ionizzanti

[La metrologia nello sviluppo delle attività umane](#)

Raffaele Fedele Laitano, "Energia, Ambiente e Innovazione", 4-2006

## LA RADIOPROTEZIONE ▲

[Appunti di Radioprotezione](#)

A cura di Emilio Santoro, "Energia, Ambiente e Innovazione", 4-2006



### ELEMENTI DI RADIOPROTEZIONE

Autore: Carlo Polvani

Editore: ENEA

p. 820, 1993

Prezzo: 5,00 euro

[Abstract](#)

### IN DISTRIBUZIONE

[MODULO D'ORDINE](#)

[CONDIZIONI DI VENDITA](#)

## OPPORTUNITÀ E VANTAGGI ▲

[La scelta nucleare](#)

Ugo Spezia, "Energia, Ambiente e Innovazione", 2-2010

[Intervista a Giovanni Lelli, Commissario dell'ENEA](#)

A cura di Diana Savelli, "Energia, Ambiente e Innovazione", 6-2009

[Possibili evoluzioni del sistema elettrico nazionale](#)

Maurizio Cumo, "Energia, Ambiente e Innovazione", 4-2008

[Il nucleare da fissione: quadro internazionale e prospettive per l'Italia](#)

Stefano Monti, "Energia, Ambiente e Innovazione", 4-2008

## IL RUOLO DELLA RICERCA ▲

[I reattori di IV generazione e le iniziative internazionali ed europee per il loro sviluppo](#)

Stefano Monti, "Energia, Ambiente e Innovazione", 6-2009

## LE ATTIVITÀ ENEA ▲

[Le attività di ricerca e sviluppo dell'ENEA sul nucleare da fissione nell'ambito dell'Accordo di Programma con il Ministero dello Sviluppo Economico](#)

Stefano Monti, "Energia, Ambiente e Innovazione", 6-2009

[La sicurezza degli impianti nucleari attuali e di nuova generazione e le attività dell'ENEA](#)

Felice De Rosa, "Energia, Ambiente e Innovazione", 6-2009

[LWR avanzati: la sperimentazione condotta dalla SIFT](#)

Gustavo Cattadori, Alfredo Luce, Stefano Monti, "Energia, Ambiente e Innovazione", 6-2009



### QUALIFICAZIONE DI SISTEMI E COMPONENTI IN AMBITO NUCLEARE. COMPETENZE E STRUTTURE ENEA

A cura di: Stefania Baccaro e Paolo D'Atanasio

pp. 122, 2010

[Abstract](#)

[SCARICABILE IN RETE](#)



### FILMATO: Nucleare: Impianti e competenze ENEA

Nel Centro Ricerche ENEA della Casaccia sono concentrati importanti laboratori e infrastrutture sperimentali di prova in cui è possibile condurre l'intero processo di qualificazione nucleare di componenti, dispositivi e sistemi per la sicurezza nucleare.



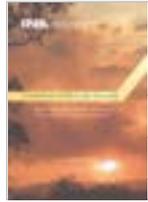
### ENEA E LA RICERCA SUL NUCLEARE

A cura di: Aldo Pizzuto, Stefano Monti e Francesco Troiani

pp. 48, 2008

[Abstract](#)

[SCARICABILE IN RETE](#)



### CONTRIBUTO ENEA ALLA SECURITY

A cura di: R. Fantoni, G. Gherardi, C. Moriconi, F. Padoani, A. Palucci, F. Troiani

pp. 30, 2009

[Abstract](#)

[SCARICABILE IN RETE](#)

Premio



[Metodologie probabilistiche per l'analisi di affidabilità dei sistemi di sicurezza passivi di impianti nucleari](#)

*Luciano Burgazzi*

### EFFETTI DELLE RADIAZIONI SULLA SALUTE ▲

Menzione speciale



[Dimostrazione in vivo del danno genetico da radiazioni ionizzanti su organi non direttamente esposti - "Effetto bystander"](#)