

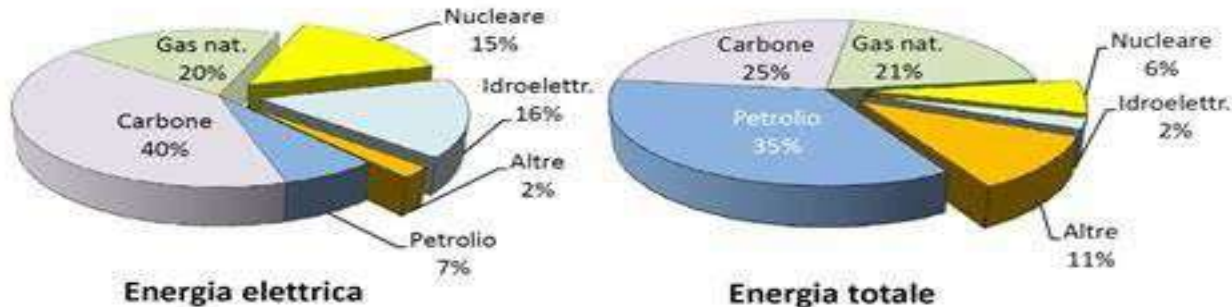
An aerial photograph of a nuclear power plant. In the foreground, there are green fields and a small town. In the middle ground, several large, grey, hourglass-shaped cooling towers are visible, with white steam rising from them. To the left, there are several white containment domes. The background shows a hazy landscape under a cloudy sky.

**FUSIONE NUCLEARE:  
“LA CHIAVE PER LA PRODUZIONE DI  
ENERGIA PULITA”**

*Senato&Ambiente 2022/23*

L'energia è indispensabile alla vita e allo sviluppo sociale ed economico dell'umanità. Per troppo tempo la sua produzione si è basata sull'uso dei combustibili fossili, ciò sta mettendo in pericolo gli equilibri dell'intero pianeta.

### La produzione di energia nel mondo



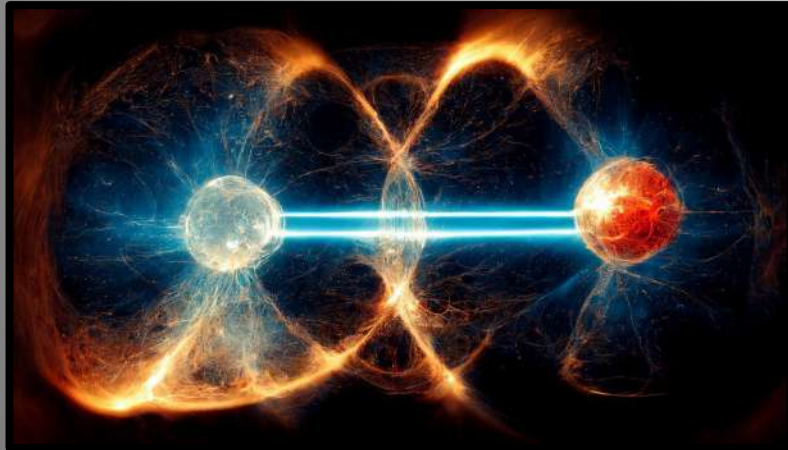
L'80 % dell'energia attualmente consumata nel mondo è prodotta da combustibili fossili

Problemi associati allo sfruttamento dei combustibili fossili:

- approvvigionamento (picco di produzione entro 2020);
- ambientali (cambiamenti climatici in genere per CO<sub>2</sub> + inquinamento atmosferico).



Nel tentativo di ridurre le emissioni, contenere l'emergenza climatica e la crisi energetica, oltre ad incentivare la produzione di energia mediante le classiche fonti rinnovabili, ci si proietta anche verso la realizzazione di una tecnologia pulita di prossima generazione.



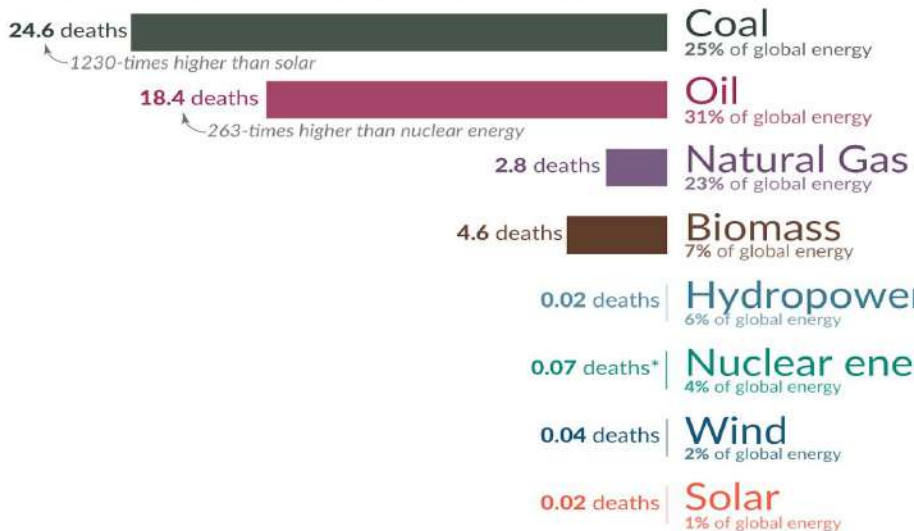
**La FUSIONE NUCLEARE** (riprodurre ciò che avviene nel nucleo delle stelle) è attualmente considerata una delle opzioni utili per garantire una fonte di energia di larga scala, sicura, rispettosa dell'ambiente e inesauribile.

# QUALI SONO LE FONTI DI ENERGIA PIU' PULITE E SICURE?

## Death rate from accidents and air pollution

Measured as deaths per terawatt-hour of energy production.

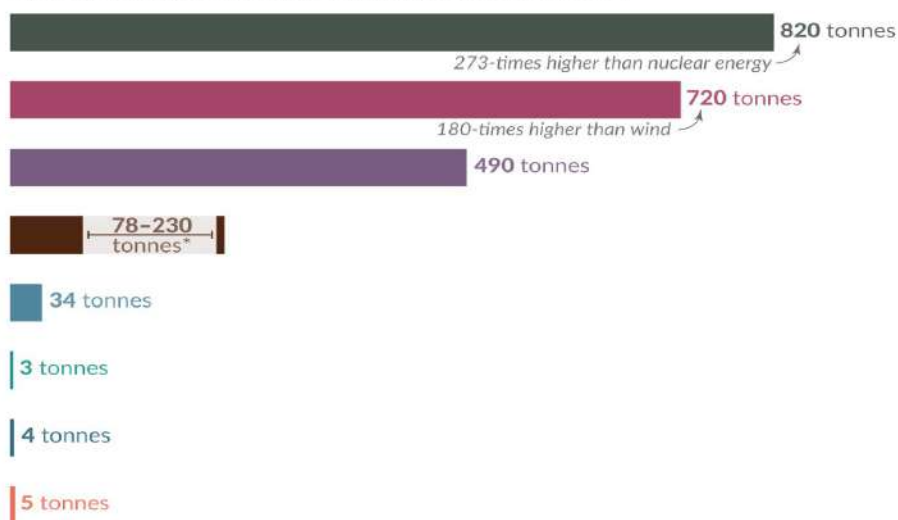
1 terawatt-hour is the annual energy consumption of 27,000 people in the EU.



## Greenhouse gas emissions

Measured in emissions of CO<sub>2</sub>-equivalents per gigawatt-hour of electricity over the lifecycle of the power plant.

1 gigawatt-hour is the annual electricity consumption of 160 people in the EU.



# QUANDO NASCE L'ENERGIA NUCLEARE

Henri Becquerel e Marie Curie nel 1896, con i loro studi, posero le basi del principio della produzione dell'energia nucleare.



Tuttavia l'energia nucleare nasce ufficialmente nel 1934 con gli esperimenti di un gruppo di scienziati italiani sotto la guida di Enrico Fermi, conosciuto con il nome di «ragazzi di via Panisperna».



La prima centrale elettrica a reattore nucleare è datata 1955 e fu realizzata in Idaho, Stati Uniti.

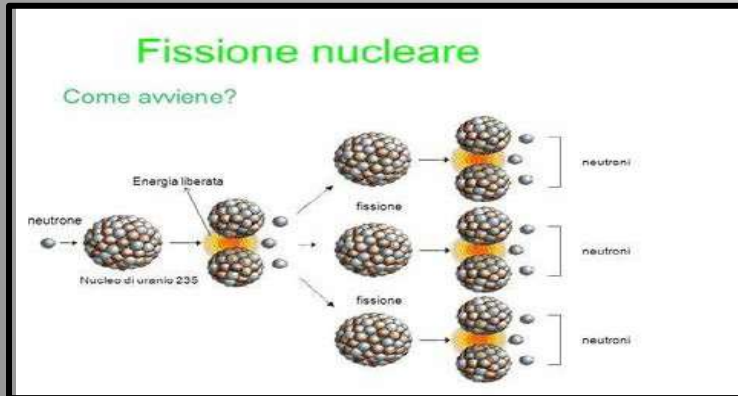


# COS'E' L'ENERGIA NUCLEARE

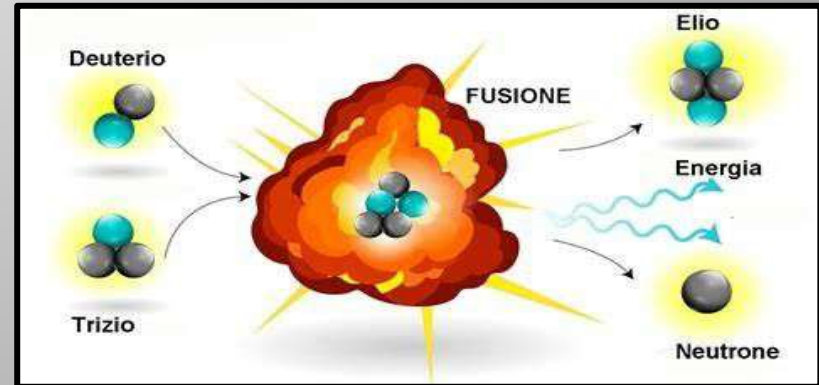
L'energia nucleare è l'energia liberata durante le trasformazioni di nuclei atomici: si tratta di una fonte di energia primaria al pari di quelle rinnovabili.



**Fissione:** è una reazione in cui il nucleo di un atomo decade in nuclei di atomi con massa inferiore, liberando grandi quantità di energia e radioattività



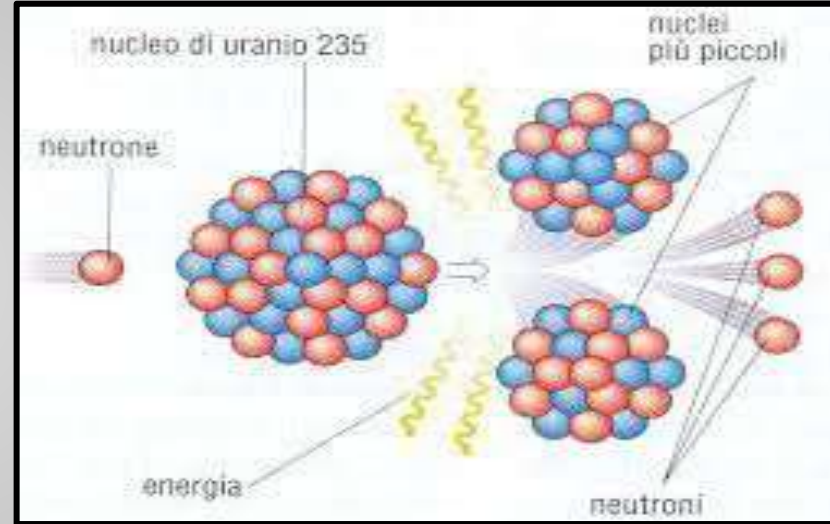
**Fusione:** è una reazione in cui nuclei di due o più atomi si uniscono formando il nucleo di un nuovo elemento chimico con massa inferiore a quella dei reagenti, con grande emissione di energia



# FISSIONE NUCLEARE

La fissione nucleare avviene quando un nucleo atomico pesante si rompe e viene diviso in due più leggeri le cui masse sommate non raggiungono mai la massa originaria.

La reazione utilizza un neutrone per colpire il nucleo di un atomo pesante, come ad esempio quello dell'Uranio 235 che, assorbendo il neutrone, diventa Uranio 236, altamente instabile. Appena formato si frantuma dando origine a un atomo di Bario 141 e di kripton 92. Non solo durante questa reazione si libera un'enorme quantità di energia ma i tre neutroni che mancano all'appello (si passa da una massa di 236uma ad una massa di 233uma) prodotti dalla fissione, vanno a colpire altri atomi di Uranio 235 che a loro volta si rompono liberando energia e dando avvio ad una reazione a catena.



per ulteriori approfondimenti:

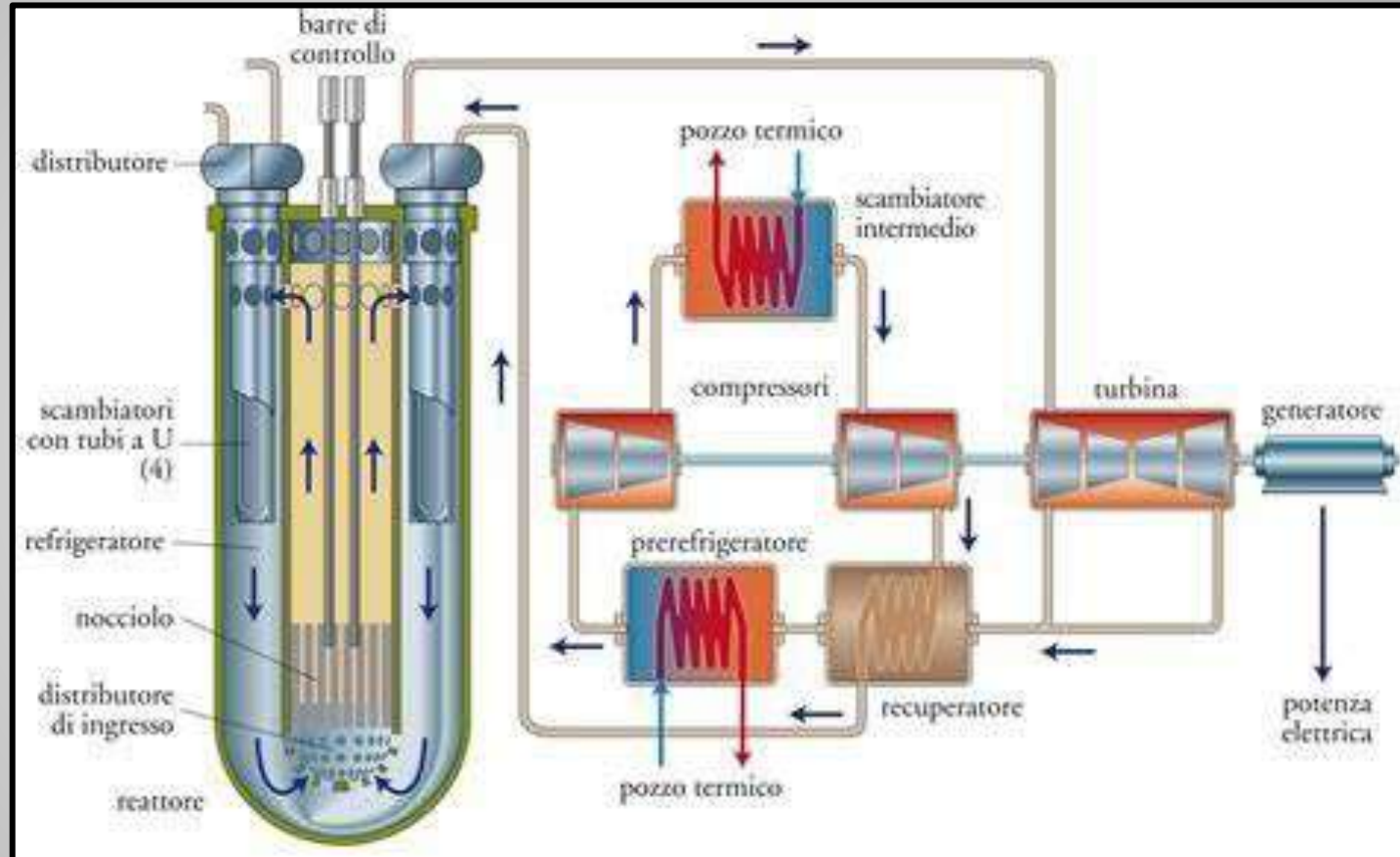
<https://youtu.be/z7LPLtpGM4w>

# FUNZIONAMENTO REATTORE NUCLEARE

La fissione di un solo atomo di Uranio 235 libera 202 milioni di ElettronVolt

Un grammo di Uranio contenente solo il 3% di Uranio 235, può sviluppare un' energia equivalente a quella prodotta bruciando da 300 a 3000 Kg di Carbone

1 kg di uranio infatti fornisce la stessa energia di 60 tonnellate di gas naturale, 80 di petrolio o 120 di carbone.



<https://youtu.be/GGeIVtql6uE>



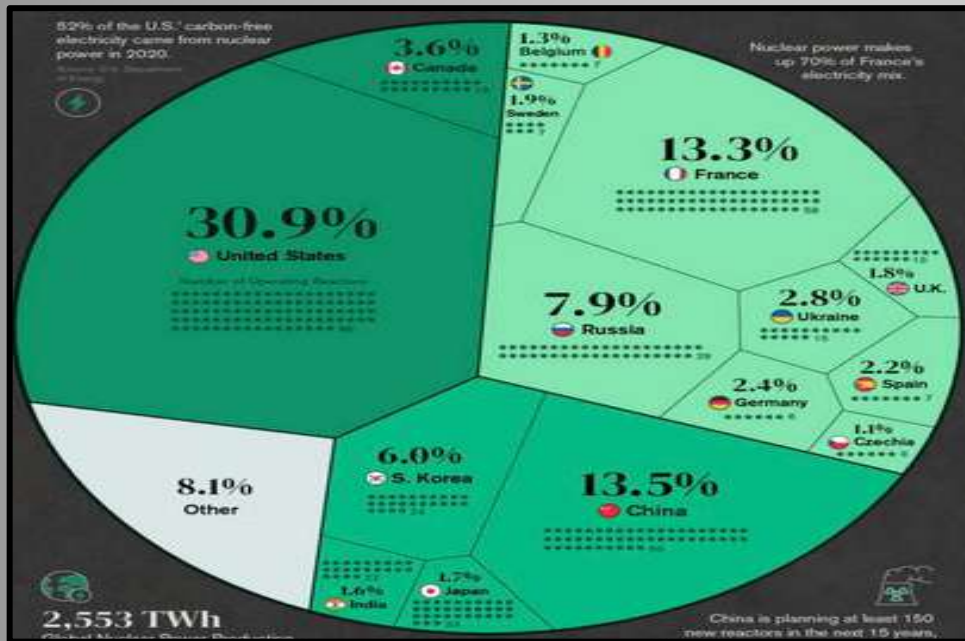
# PRO NUCLEARE

- Energia a quasi impatto zero, diminuendo l'impatto ambientale e l'effetto serra,
- Diminuisce la necessità di fonti fossili, come petrolio e gas. Questo è un importante aspetto anche economico, in quanto si riducono i costi di acquisto di energia dall'estero e aumenta la stabilità geopolitica del paese.
- Una sola centrale può produrre un'elevata quantità di energia elettrica: maggiore produttività rispetto alle fonti rinnovabili, come il fotovoltaico.
- Le spese per la produzione di energia sono ridotte, vista la poca quantità di uranio necessaria per produrre molta energia.
- Una centrale nucleare può essere operativa anche più di 50 anni

# CONTRO NUCLEARE

- Non si produce il gas, bensì solo energia elettrica.
- Le gravissime conseguenze in caso di incidenti, in seguito al rilascio di radiazioni alfa, beta e gamma, in grado di alterare il patrimonio genetico
- La gestione delle scorie richiede un particolare smaltimento, infatti il nucleare rilascia isotopi assai longevi
- Questo ultimo aspetto rende difficile la localizzazione delle centrali, che non possono essere vicine a luoghi abitati e richiedono moltissimi parametri di sicurezza, e spesso la popolazione si oppone
- L'investimento iniziale per costruire una centrale nucleare è altissimo, non solo per la costruzione ma anche per l'impiego dello staff
- È necessaria la massima sicurezza, non solo per i rifiuti atomici bensì anche per il rischio di attentati terroristici.

# IL NUCLEARE NEL MONDO

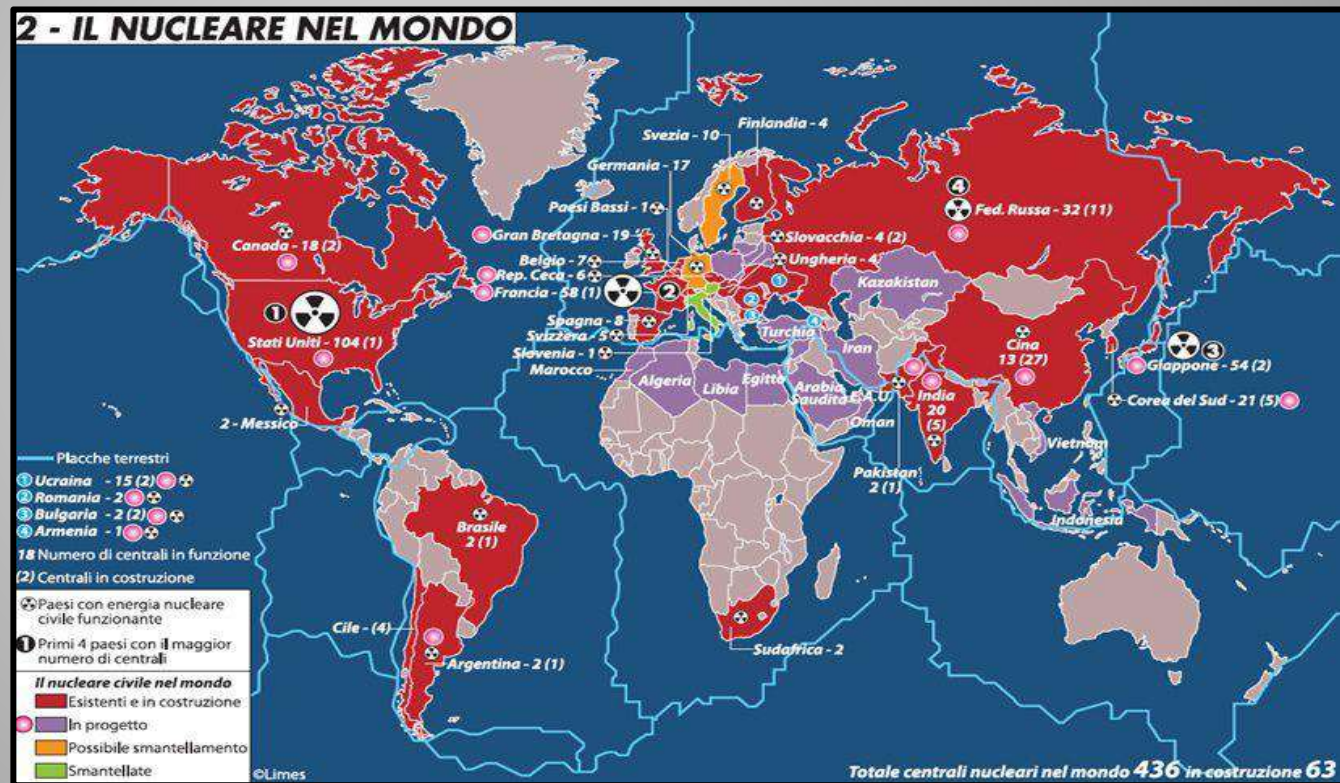


L'energia nucleare è diffusa in 32 stati che insieme ospitano 442 reattori nucleari per una capacità installata pari a circa 393 GW.

Gli Stati Uniti d'America, con 93 reattori operativi, sono i maggiori produttori di energia nucleare al mondo, segue la Francia, che con 56 reattori attivi copre con l'energia nucleare oltre il 70% del fabbisogno nazionale di energia elettrica.

La potenza nucleare installata a livello globale è in continua crescita, al 2020 sono infatti in costruzione 52 reattori nucleari e 28 paesi hanno espresso interesse o iniziato il programma per lo sviluppo dell'energia nucleare nazionale della IAEA. Il blocco occidentale (con paesi europei, Canada, Usa) assiste a una fase di stagnazione o declino nella capacità installata. Dall'altra, i paesi asiatici sono in forte crescita. Alla fine del 2019, ben 35 di 54 nuovi reattori in costruzione erano localizzati in Asia. Nel 2022 l'energia nucleare è stata inserita tra le fonti di energia promosse dalla tassonomia dell'Unione europea per la finanza sostenibile.

La IAEA ha sviluppato delle proiezioni che stimano due possibili scenari per capacità installata di nucleare: uno definito “basso”, più conservativo, l'altro “elevato”, più ambizioso. Nel primo si stima una iniziale riduzione della capacità installata fino al 2040, seguita da una ripresa. Nel secondo, invece, una forte crescita, fino all'80% in più nel 2050 rispetto al 2018.



# IL NUCLEARE IN EUROPA

## Centrali Nucleari

Francia	58
Svizzera	5
Slovenia	1
Spagna	8
Belgio	7
Olanda	1
Germania	17
Gran Bretagna	19
Russia	32
Ucraina	15
Svezia	10
Finlandia	4
Rep. Ceca	6
Slovacchia	4
Ungheria	4
Romania	2
Bulgaria	2



## LEGENDA

-  Città italiane a rischio contaminazione
-  Nazioni con centrali nucleari
-  Incidenti nucleari
-  Centrali entro 200 Km dall'Italia
-  Contaminazioni Nucleari

# IL NUCLEARE IN ITALIA

L'Italia è l'unico membro del G7 a non utilizzare l'energia nucleare, che nel nostro Paese è stata sfruttata dal 1963 al 1990. Dopodiché le centrali nucleari presenti nel nostro Paese sono state chiuse in parte perché ormai troppo vecchie e in parte dopo il referendum del 1987. Infatti il nucleare non ha mai trovato il supporto della classe politica e dell'opinione pubblica, preoccupata per questioni di sicurezza

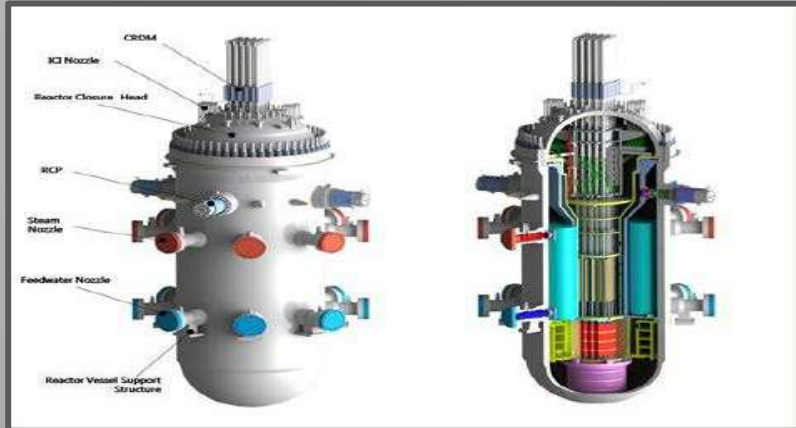
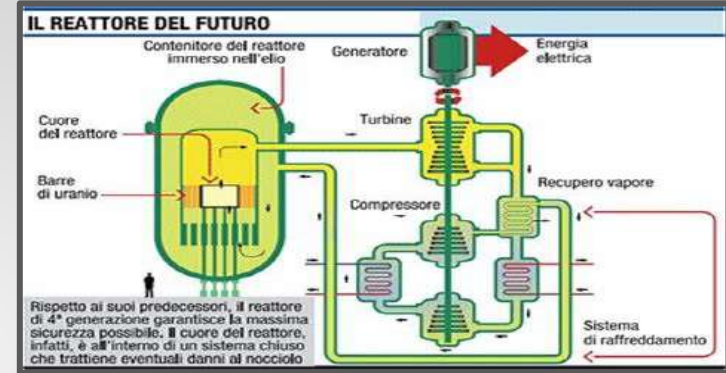


centrali nucleari in disuso o in fase di smaltimento

# IL NUCLEARE DEL FUTURO

## I REATTORI DI QUARTA GENERAZIONE

Negli ultimi anni, nella realizzazione dei reattori di ultima generazione, si sono posti quali obiettivi sia il miglioramento della sicurezza degli impianti che la minimizzazione degli scarti radioattivi. A tal proposito sono in fase di sviluppo i reattori di IV generazione, che potrebbero entrare in commercio dal 2030.



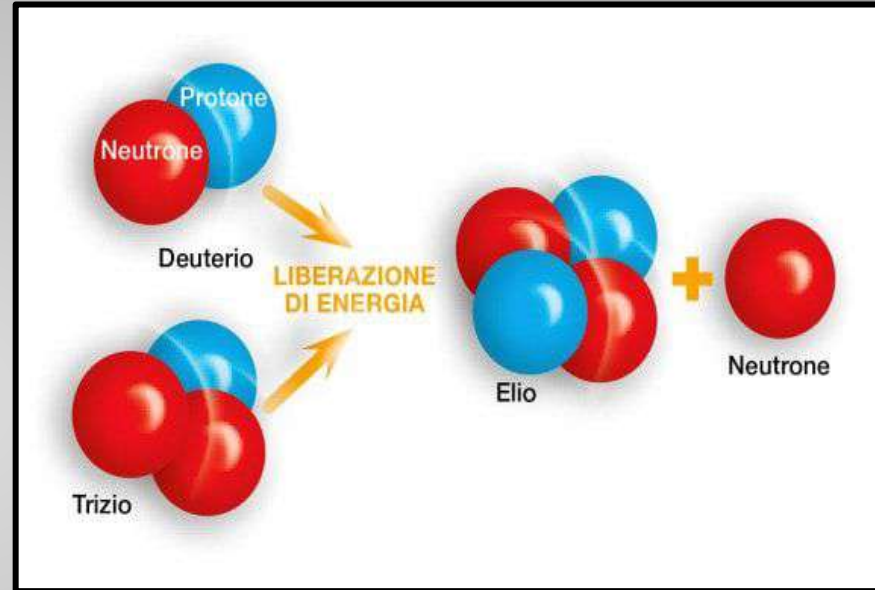
## SMALL MODULAR REACTORS

Gli SMRs sono reattori di piccola taglia con una capacità uguale o inferiore a 300MW progettualmente più sicuri, anche se richiedono un supporto finanziario ancora troppo elevato per la loro realizzazione.

# FUSIONE NUCLEARE

La fusione nucleare è la reazione nucleare che naturalmente avviene nel sole e nelle altre stelle, con produzione di una enorme quantità di energia: due nuclei di elementi leggeri, quali deuterio e trizio, a temperature e pressioni elevate, si fondono formando nuclei di elementi con massa inferiore, con emissione di grandi quantità di energia.

I due nuclei possono fondersi solo a distanze molto brevi, affinché questo accada è necessario che la velocità con cui si urtano sia molto alta. Per ottenere in laboratorio reazioni di fusione è necessario portare una miscela di deuterio e trizio a temperature elevatissime (100 milioni di gradi) per tempi sufficientemente lunghi.

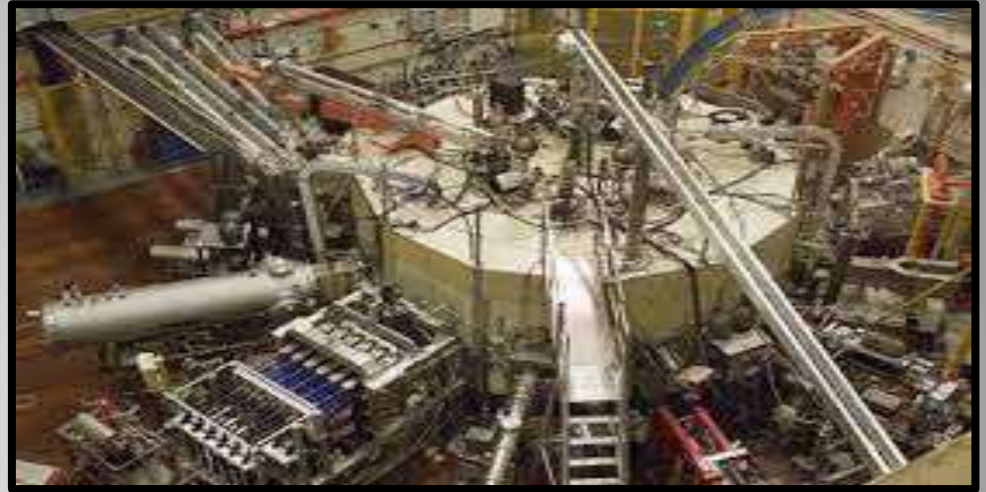


[https://youtu.be/S\\_Vt681gXQ](https://youtu.be/S_Vt681gXQ)

[https://youtu.be/MFSwkFK7\\_ws](https://youtu.be/MFSwkFK7_ws)

# IL GRANDE IMPEGNO DELL'ITALIA CIRCA LA FUSIONE NUCLEARE

L'Italia è tra i pionieri della ricerca sulla fusione. Le attività, avviate già alla fine degli anni 50 nel Centro di Frascati vedono l'ENEA come protagonista e come coordinatore del programma nazionale. Nell'ambito della sperimentazione di fisica per il confinamento magnetico, ENEA conduce esperimenti con il Frascati Tokamak Upgrade (FTU), un tokamak che consente di studiare plasmi a campi magnetici elevati e ad alta densità ed è la macchina per la fusione operante al più alto campo magnetico (8 T)



[https://www.youtube.com/watch?v=w4uHfrtbG\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=w4uHfrtbG_A)

I Paesi tecnologicamente più avanzati hanno deciso, nell'ambito di una collaborazione internazionale, di concentrare il loro impegno in un programma comune orientato alla realizzazione del reattore a fusione sperimentale ITER, nel Sud della Francia, che produrrà 500 MW di potenza di fusione per 400 s, con un guadagno di potenza di un fattore 10. L'industria italiana si è già aggiudicata le maggiori commesse per la costruzione dei componenti che costituiscono il cuore di ITER, per un investimento totale di 500 milioni di euro. I primi test di ITER sono previsti per il 2025 e la fusione con trizio e deuterio non arriverà prima del 2035



# CONCLUSIONE

**Vantaggi della fusione nucleare:**

- poco combustibile
- produce molta energia
- non lascia scorie
- non emette gas serra.

**Svantaggi della fusione:**

- tecnologia complessa
- tempi lunghi
- consistenti investimenti



**La fusione nucleare rappresenta quindi una soluzione auspicabile nel supportare una transizione energetica efficace, in un contesto di crisi climatica, il peggiore dei problemi del nostro tempo**