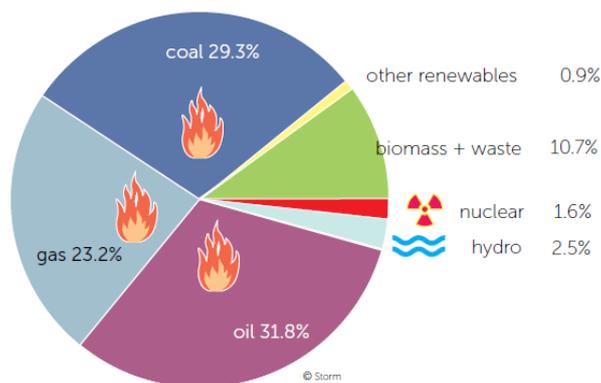




Le risposte giuste alle domande sul nucleare

**Taluni affermano che non si possa fare a meno del contributo energetico del nucleare. E' vero?
È falso!**

I numeri, infatti, ci dicono che il contributo al fabbisogno energetico mondiale fornito dal nucleare è decisamente modesto come documentava già il seguente grafico, tratto da uno dei noti lavori Storm van Leeuwen ¹, dove si vedeva chiaramente come **questa fonte copriva solo circa 1,6% dei consumi primari di energia.**

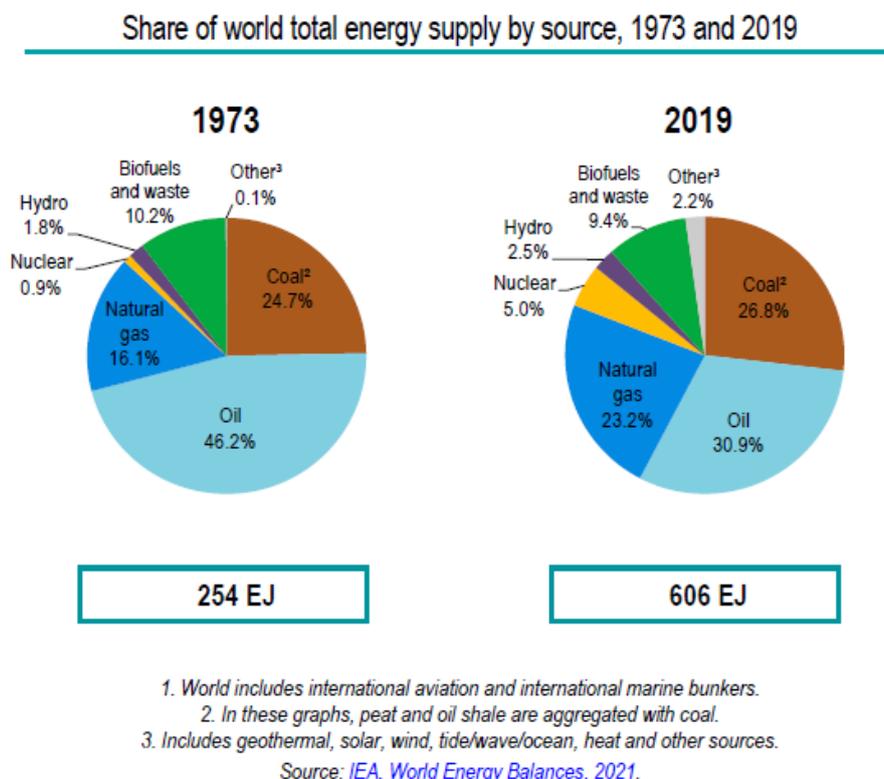


world primary energy consumption in 2014: 556 EJ
traded real energy: 497 EJ, sum fossil fuels 469 EJ

Storm van Leeuwen. Climate change and nuclear power. An analysis of nuclear greenhouse gas emissions. 2017

¹ Jan Willem Storm van Leeuwen, MSc. Climate change and nuclear power. An analysis of nuclear greenhouse gas emissions. 2017.

Se si analizzano poi i dati dell'Agencia Internazionale per l'Energia (IEA), riportati nella seguente figura, sembrerebbe che il contributo del nucleare, in termini di energia primaria, fosse del 5% ², quindi apparentemente il doppio dell'idroelettrico.



Fonte: - Statistics report - Key World Energy Statistics 2021. All rights reserved.

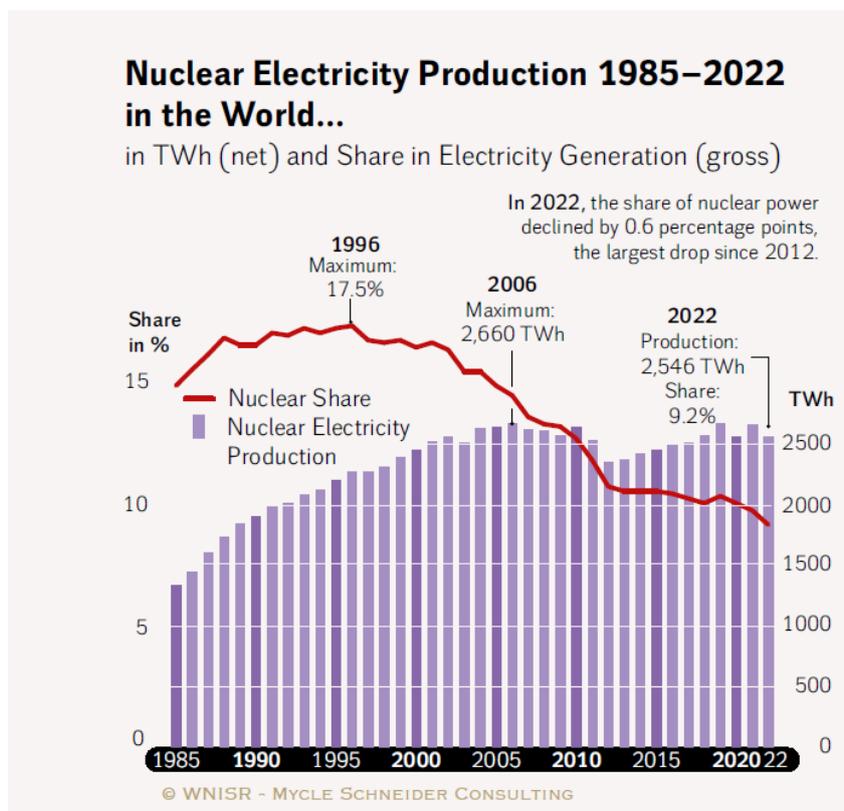
Ma in realtà questo dato relativo al nucleare è assolutamente fuorviante, dal momento che non tiene conto del fatto che solo circa un terzo del contenuto energetico del “combustibile” fissile (es. uranio) viene effettivamente sfruttato, ossia convertito in energia elettrica, che è l'unica forma di energia che le centrali nucleari sono realmente in grado di sfruttare. Se infatti si vanno a confrontare i dati sempre della IEA ³ si scopre come il nucleare concretamente abbia prodotto (anno riferimento 2022) una quantità di energia (elettrica) decisamente inferiore proprio a quella dell'idroelettrico: rispettivamente **2.682 TWh** contro **4.378 TWh**, ossia il nucleare ha contribuito appena al 9% della produzione elettrica mondiale quando l'idroelettrico ha pesato per circa il 15%. E in generale tutte le rinnovabili (a livello mondiale) oggi sono sopra il 30% del fabbisogno elettrico, quindi circa 3 volte e mezzo l'apporto del nucleare, grazie soprattutto alla recente spinta dell'eolico e del fotovoltaico.

E peraltro, da ormai molti anni, nessuno studio scientifico serio prevede che per il futuro il nucleare possa fornire un maggiore contributo anche perché è ormai consolidata la stagnazione di questa fonte energetica che non cresce da diversi lustri: sempre dal Outlook IEA 2023 vediamo infatti come nel periodo 2010-2022 la produzione di energia elettronucleare non sia assolutamente aumentata scendendo anzi da 2.756 TWh a 2.682 TWh, al contrario nello stesso periodo l'energia eolica è invece cresciuta da 342 TWh a 2.125 TWh, e praticamente si appresta a brevissimo a superare quella nucleare.

² IEA - Statistics report - Key World Energy Statistics 2021

³ IEA. World Energy Outlook 2023

E ancora, a ulteriore conferma di quanto detto, significativa è la seguente figura, tratta dall'ultimo **The World Nuclear Industry Status Report** ⁴, in cui si vede chiaramente come il contributo percentuale del nucleare sia sensibilmente diminuito negli ultimi decenni, praticamente dimezzandosi dal 1996.



Appare chiaro come l'apporto del nucleare resterà quindi inferiore a quello anche di una singola fonte rinnovabile come l'idroelettrico e, nell'immediato futuro, sarà ampiamente superato anche da rinnovabili quali eolico e fotovoltaico.

Taluni affermano che il nucleare prospera nel mondo e che l'Italia è un'eccezione. E' vero?

È falso!

L'energia nucleare è troppo costosa e scoraggia tutti gli investitori privati, a meno che non siano i Governi nazionali a farsi carico di tutta una serie di costi, tra cui il *decommissioning* (dimissione, ossia smantellamento dell'impianto a fine vita), la gestione scorie, senza dimenticare le assai poco sostenibili coperture assicurative per eventuali incidenti come dimostrano, ad esempio, i costi relativi all'incidente verificatosi nel 2011 all'impianto di Fukushima ⁵ dove si parla già oggi di costi dell'ordine di 600 miliardi di euro. Questo è uno dei motivi per cui storicamente nessun privato si avventura nell'impiantistica nucleare senza una adeguata copertura assicurativa statale. In tutto il mondo, infatti, non è stato costruito alcun

⁴ Mycle Schneider, Antony Froggatt. **The World Nuclear Industry Status Report 2023**

⁵ [Per Fukushima costi sempre piu' astronomici - Il Sole 24 ORE](#)

reattore in cui gli investitori privati abbiano sostenuto l'intero rischio finanziario, e si che si parla di tecnologie che dopo tanti decenni avrebbero dovuto raggiungere una piena maturità tecnologica (quindi economica). Quello che qualsiasi analista energetico realmente indipendente rileva è: come mai se si opera su mercati liberi e il nucleare fosse veramente conveniente nessun investitore privato si assume tale onere?

Probabilmente anche per questo motivo nella stragrande maggioranza dei paesi occidentali il settore nucleare è sostanzialmente fermo, per non dire in profonda crisi, ormai da decenni. Uno dei casi probabilmente più emblematici è quello degli Stati Uniti dove praticamente dagli anni '80 il settore si era già fermato. Come si evince anche dalla seguente tabella, che fotografa bene le tempistiche di entrata in esercizio dei nuovi impianti, vediamo infatti come negli USA l'ultimo impianto abbia impiegato circa 43 anni per divenire operativo.

Table 3 · Duration from Construction Start to Grid Connection, 2013–2022

Construction Times of 66 Units Started-up 2013–2022				
Country	Units	Construction Time (in Years)		
		Mean Time	Minimum	Maximum
China	39	6.2	4.1	10.0
Russia	9	17.9	8.1	35.1
South Korea	4	8.3	6.4	9.9
Pakistan	4	5.6	5.5	5.8
India	3	12.0	10.1	14.2
UAE	3	8.1	8.0	8.3
Argentina	1	33.0		33
Belarus	1	7.0		7.0
Finland	1	16.6		16.6
U.S.	1	42.8		42.8
World	66	9.4	4.1	42.8

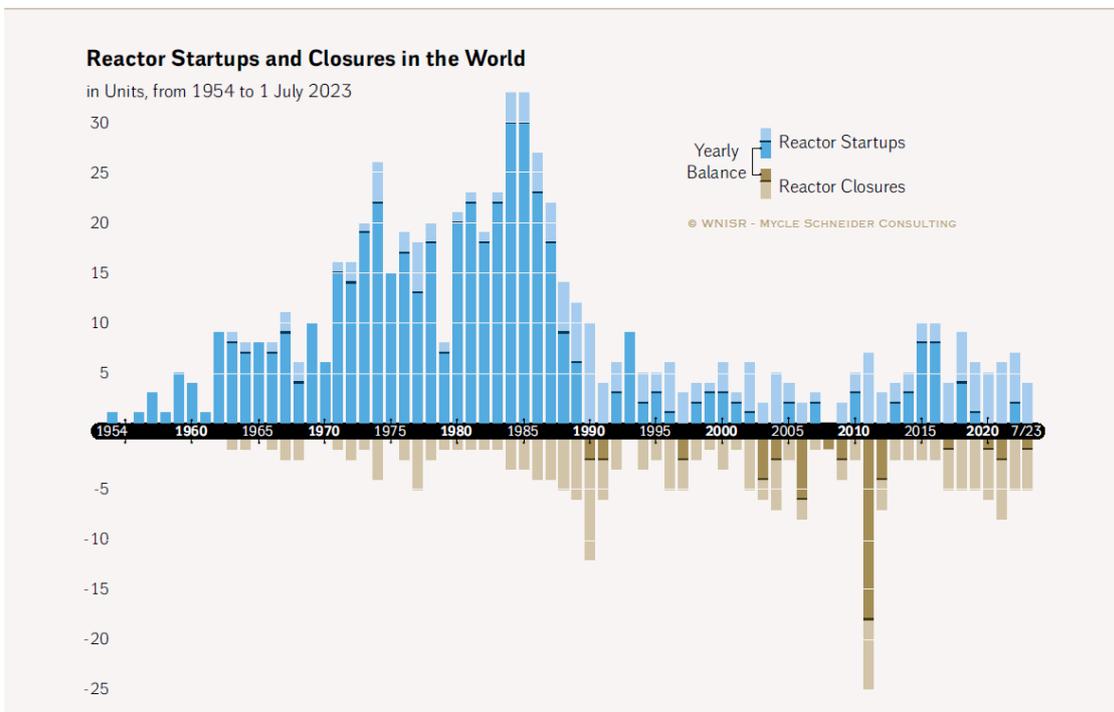
Sources: Various, compiled by WNISR, 2023

Nella seguente figura tratta dal **The World Nuclear Industry Status Report 2023**⁶, ad esempio, si vede come nel corso dei due decenni 2003-2022, nel mondo, siano entrati in esercizio 99 nuovi reattori a fronte di 105 chiusure e dalla figura successiva si vede anche come oltre la metà di tutte le nuove aperture si

⁶ Mycle Schneider, Antony Froggatt. **The World Nuclear Industry Status Report 2023**

siano concentrate in Cina. In sostanza quindi il tasso di sostituzione dei vecchi impianti nel mondo non procede spedito come quello delle chiusure e la maggior parte dei nuovi reattori si realizza in Cina, presumibilmente sotto il rigido controllo statale e non certo in un regime di libero mercato.

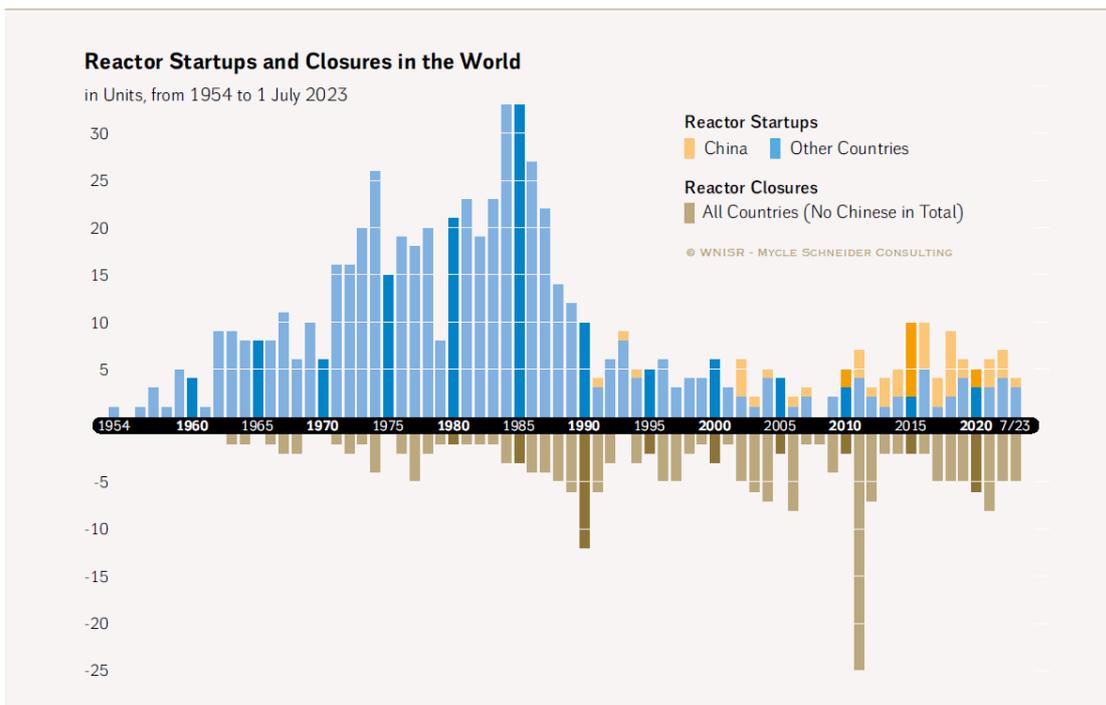
Figure 4 • Nuclear Power Reactor Grid Connections and Closures in the World



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2023

Notes: WNISR considers reactors closed as of the date of their last electricity production, and not as of their closure announcement (which can be made years after the reactor ceased production).

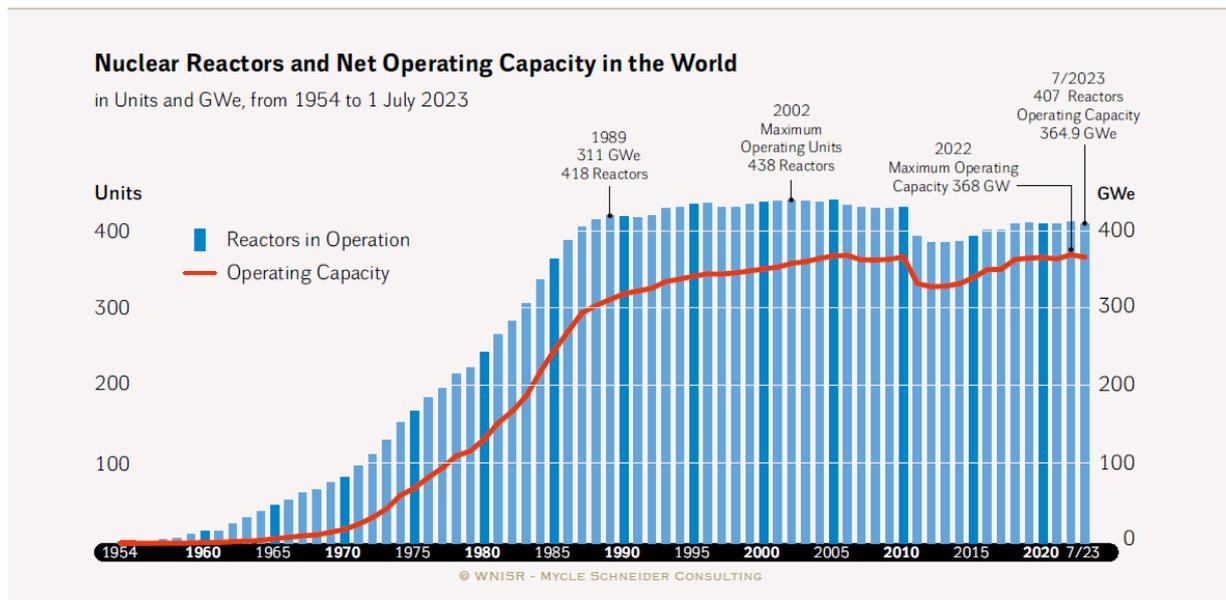
Figure 5 • Nuclear Power Reactor Grid Connections and Closures – The Continuing China Effect



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2023

In generale, come si vede dalla seguente figura, sempre tratta dal **The World Nuclear Industry Status Report 2023**, è chiaro come il nucleare da decenni viva una fortissima stagnazione, un dato che, se confrontato con la massiccia crescita delle rinnovabili, ne evidenzia ancora di più la crisi profonda.

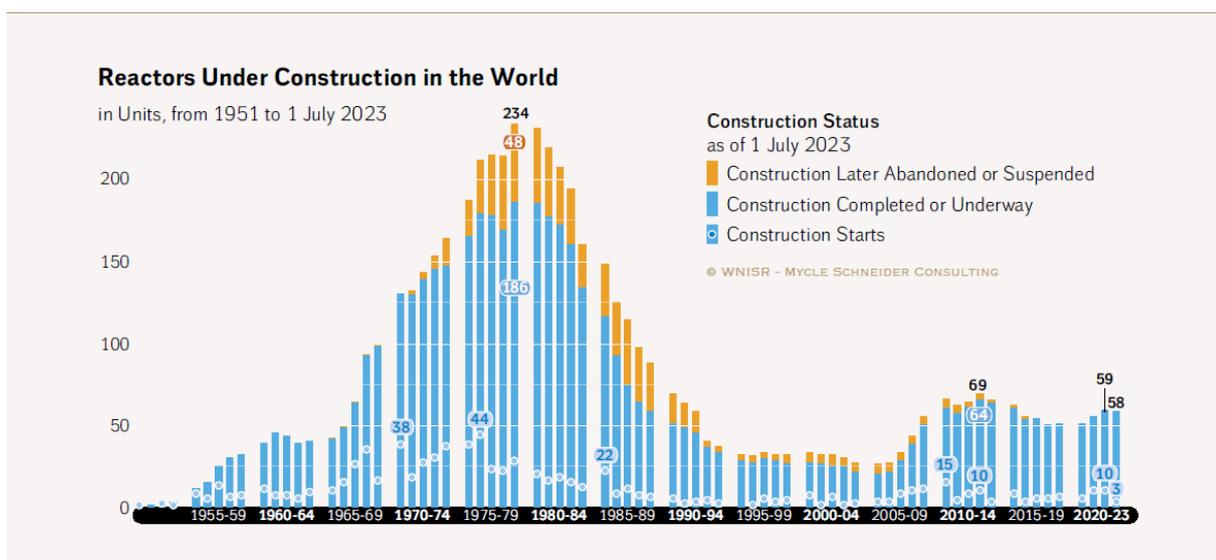
Figure 6 • World Nuclear Reactor Fleet, 1954–mid-2023



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2023

Altrettanto significativi i dati che si evincono dal seguente grafico e dalla successiva tabella che fotografano la situazione dei reattori in costruzione, anche se non dicono tutto sui reali tempi necessari per realizzarli.

Figure 10 • Nuclear Reactors “Under Construction” in the World



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2023

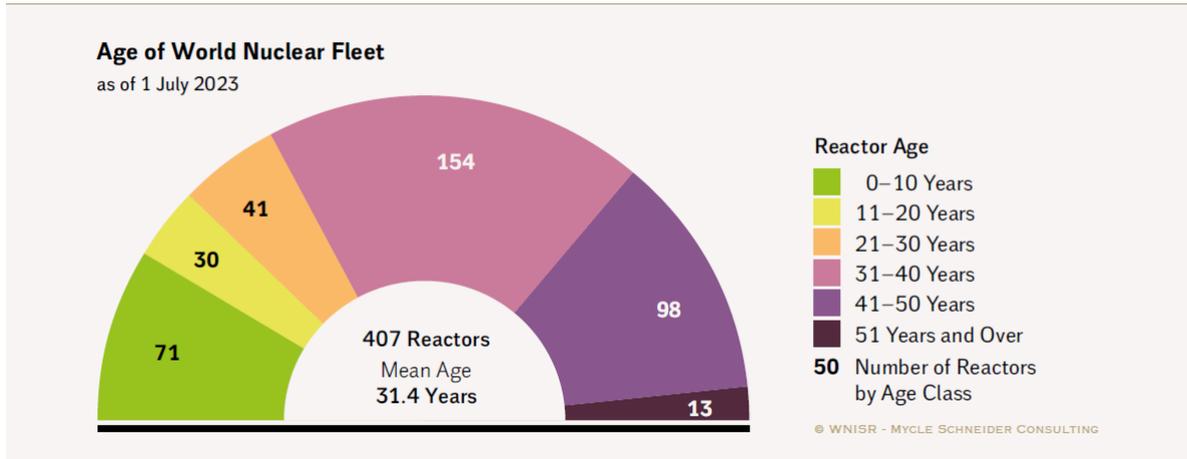
Table 2 · Nuclear Reactors “Under Construction” (as of 1 July 2023)³⁸

Country	Units (Domestic Design)	Other Vendor	Capacity (MW net)	Construction Start	Grid Connection	Units Behind Schedule
China	23 (19)	Russia: 4	24 408	2016 – 2023	2023 – 2028	1
India	8 (4)	Russia: 4	6 028	2004 – 2021	2024 – 2027	6 ^(a)
Russia	5 (5)	–	2 810	2018 – 2022	2025 – 2027	2
Turkey	4 (0)	Russia: 4	4 456	2018 – 2022	2024 – 2027	1
Egypt	3 (0)	Russia: 3	3 300	2022 – 2023	2028 – 2030	-
South Korea	3 (3)	–	4 020	2013 – 2018	2024 – 2025	3
Bangladesh	2 (0)	Russia: 2	2 160	2017 – 2018	2024	1
U.K.	2 (0)	France: 2	3 260	2018 – 2019	2027 – 2028	2
Argentina	1 (1)	–	25	2014	2027	1
Brazil	1 (0) ^(b)	–	1 340	2010	2028?	1
France	1 (1)	–	1 630	2007	2024	1
Iran	1 (0)	Russia: 1	974	1976	2024	1
Japan	1 (1)	–	1 325	2007	2025?	1
Slovakia	1 (0)	Russia: 1 ^(c)	440	1985	2024	1
UAE	1 (0)	South Korea: 1	1 310	2015	2023	1
U.S.	1 (1)	–	1 117	2013	2023	1
Total	58		58 603	1976 – 2023	2023 – 2030	24
Total per Vendor Country:						
Russia: 24 - China: 19 - India: 4 – South Korea: 4 - France: 3 - U.S.: 1 - Argentina: 1 - Japan: 1						

Sources: Various, compiled by WNISR, 2023

Osservando quindi la seguente figura (sempre tratta da **The World Nuclear Industry Status Report 2023**), si vede come l’età media degli impianti a livello mondiale sia di 31,4 anni (un’età che è andata aumentando nel tempo a fronte della stagnazione del mercato, ossia di un non adeguato ingresso di nuove unità). In pratica 265 reattori, circa due terzi del totale, hanno operato per 31 o più anni, di cui 111 (più di uno su quattro) da almeno 41 anni.

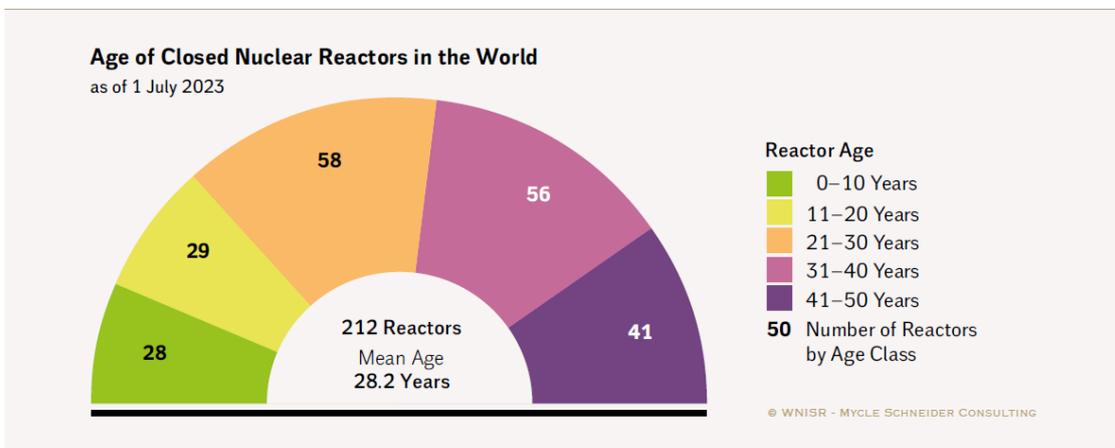
Figure 18 • Age Distribution of Operating Reactors in the World



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2023

Questo dato se incrociato con la vita media storica degli impianti nucleari dismessi (grafico sotto, tratto sempre da **The World Nuclear Industry Status Report 2023**) fotografa una realtà piuttosto inquietante: seppur allungatasi negli anni, per mere ragioni economiche (ossia per rimandare gli elevatissimi costi di *decommissioning*), la vita operativa è stata comunque di 28,2 anni. Questo significa che la vita operativa dell'attuale parco reattori viene ulteriormente prolungata con gravi potenziali rischi visto che all'avanzare della loro età aumenta anche il rischio di possibili incidenti.

Figure 21 • Age Distribution of Closed Nuclear Power Reactors



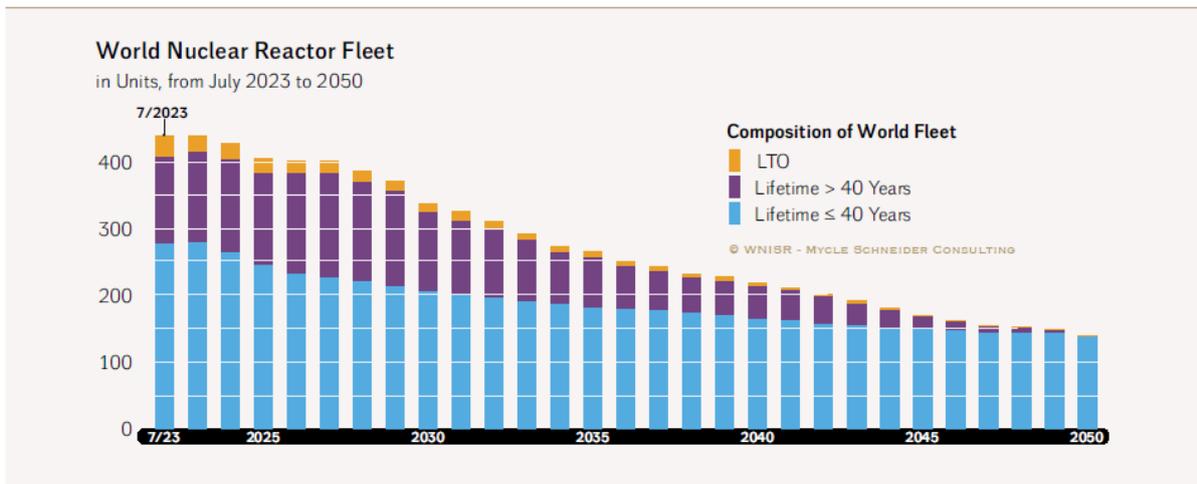
Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2023

Così ci ritroviamo con gli impianti negli Stati Uniti che nel 2023 avevano superato l'età media di 42 anni o che il parco impianti francesi aveva superato l'età media di 38 anni. Il punto che non si vuole dire è che si tratta di impianti vecchi la cui dismissione avrebbe costi catastrofici, quindi si ritiene utile tenerli ancora in vita, anche se si sa come questo aumenti i rischi.

Al riguardo ormai diversi paesi dotati di impianti elettronucleari, proprio per far fronte all'insostenibile costo del *decommissioning*, stanno prolungando la loro vita operativa estendendola anche a 60 anni (qualcuno sta proponendo anche oltre).

In ogni modo anche prolungando rischiosamente la vita degli impianti le prospettive del settore non sembrano esaltanti, come si evince anche dal seguente grafico.

Figure 25 • Forty-Year Lifetime Projection versus PLEX Projection



Sources: Various, compiled by WNISR, 2023

In pratica tutte le stime evidenziano come i nuovi reattori in costruzione (posto che vengano tutti completati, considerati gli storici tassi di abbandono dei progetti) non saranno neanche lontanamente in grado di compensare quelli che dovranno essere dismessi per superati limiti di età.

Taluni affermano che il nucleare consentirebbe all'Italia di migliorare la propria sicurezza energetica e ridurre la propria dipendenza dalle fonti fossili. E' Vero? È falso!

Il nostro Paese, infatti, non possiede riserve di uranio (o di altri elementi fissili) e quindi sarebbe comunque costretto ad importarlo da altri paesi.

Le principali riserve di uranio sono in Australia, Kazakistan, Canada, Russia e Namibia. Altri paesi con riserve importanti sono Sud Africa, Brasile, Niger e Cina (fonte World Nuclear Association).

Quindi se decidessimo di puntare sul nucleare per produrre l'energia elettrica sostituiremo la dipendenza dai combustibili fossili con quella dall'uranio (o da altra fonte, come il torio).

E anche l'uranio è una risorsa decisamente limitata, contrariamente a quanto afferma qualcuno, che necessita anche di una complessa filiera (che va dall'inquinante estrazione del minerale al suo arricchimento) tutta in mano di pochi paesi (Francia, USA, Russia, Cina), ma non l'Italia, a meno di non parlare di tecnologie futuristiche e che non si sa se e quando vedranno la luce. Quindi, oltre alla dipendenza energetica, col nucleare, rischieremmo oggi di aggiungere anche una pesante dipendenza tecnologica.

L'energia nucleare, a fronte di tutti i problemi citati, non potrebbe dare alcun contributo significativo al fabbisogno energetico italiano, del resto la sempre citata Francia, malgrado nel 2021 copriva a caro prezzo quasi un 70% del proprio fabbisogno elettrico con il nucleare, aveva una dipendenza dalle fonti fossili elevatissima, in quel caso non tanto per alimentare il sistema elettrico, ma soprattutto per il resto: si dimentica spesso che l'elettricità in un paese occidentale rappresenta ancora meno di un terzo dell'energia complessivamente consumata, il resto è energia termica, energia per i trasporti, ecc., ambiti in cui petrolio e gas continuano a essere le fonti maggiormente usate.

Esiste poi anche un problema di tempistiche: per realizzare un impianto nucleare ci vorrebbero oltre 15 anni, come ci insegnano i casi dell'espertissima Francia che ha iniziato il cantiere dell'EPR (European pressurized reactor) a Flamanville nel 2007 e che sarebbe dovuto terminare in 5 anni, ossia nel 2012, invece di rinvio in rinvio per problemi tecnici che si sono sommati ad altri problemi tecnici, ad oggi non è ancora realmente operativo ⁷ e il caricamento del combustibile nucleare sarebbe stato rimandato al 2024 ⁸, il tutto con una lievitazione dei costi che sarebbero arrivati già a 13,2 miliardi di euro, ossia quasi quattro volte quelli preventivati in fase di progetto stimati in circa 3,5 miliardi. Oppure si potrebbe citare l'EPR gemello in realizzazione a Olkiluoto in Finlandia (sempre su progetto francese) che aveva avviato il cantiere nel 2005 e invece di concludere, come previsto nel 2009, i tempi di costruzione si sono dilatati di oltre tre volte, così nel 2022 si parlava già di 17 anni contro i 5 previsti ^{9 10 11}, ma in realtà si è andati ancora oltre arrivando alla reale operatività solo nel 2023 ¹² e parallelamente i costi sono lievitati nello stesso modo.

Peraltro, se anche oggi in Italia si ripartisse con il nucleare a fissione con attuale costosa e poco sicura tecnologia e, come aveva ipotizzato qualche politico, si realizzassero 4 impianti, impiegando i tempi dei più esperti francesi (ad esempio il già citato caso Flamanville), ci metteremmo almeno 15 anni e ci ritroveremmo intorno al 2040 forse con 6.400 MW: il nulla assoluto rispetto alle esigenze del paese.

Taluni affermano che il nucleare è economico e permetterebbe di ridurre le nostre bollette? È falso!

Quella nucleare è da sempre stata la più costosa delle fonti energetiche, e questo non sono le associazioni ambientaliste a sostenerlo ma enti governativi, istituti e università, peraltro generalmente anche piuttosto favorevoli a questa forma di energia. Negli anni, infatti, report del Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti

⁷ <https://www.edf.fr/centrale-nucleaire-flamanville3>

⁸ <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/update-on-the-flamanville-epr-0>

⁹ <https://www.worldnuclearreport.org/Europe-s-First-EPR-13-Years-Behind-Schedule-Olkiluoto-3-in-Finland-Starts-Up.html>

¹⁰ [Olkiluoto 3 postpones full energy production again | News | Yle Uutiset](#)

¹¹ [Full electricity generation at Olkiluoto 3 delayed yet again | News | Yle Uutiset](#)

¹² <https://www.tvonen.fi/en/index/production/plantunits/ol3.html>

(DOE), studi di università importanti come la Chicago University o il MIT ¹³, stime di agenzie di rating come Moody's (solo per citarne alcune) avevano evidenziato i maggiori costi di questa fonte energetica. Fanno eccezione, per ovvi motivi, le associazioni di categoria che promuovono il nucleare, come nel caso della World Nuclear Association, che però dimentica di spiegare come mai, se questa fonte energetica fosse realmente competitiva, i privati sono tanto restii ad investirci a meno di non avere pesanti coperture statali. Del resto nella storia del nucleare i reali costi sono sempre stati almeno doppi, tripli o, addirittura, quadrupli rispetto ai preventivi di partenza, questo a prescindere dal paese considerato. Negli Stati Uniti è stato ben documentato come i costi effettivi di costruzione abbiano superato quelli di progetto dal 214 al 381%. In tempi relativamente recenti in Europa abbiamo poi avuto due esempi che dovrebbero fare scuola. Uno è il caso di Flamanville in Francia dove abbiamo già visto come l'EPR aveva iniziato i lavori nel 2007 e non li ha ancora del tutto completati, ossia l'impianto non è ancora pienamente operativo, il tutto con costi che sono praticamente quadruplicati, arrivando già a superare i 13,2 miliardi di euro ¹⁴. Una situazione simile ha riguardato l'impianto analogo costruito a Olkiluoto in Finlandia dove tempi e costi sono lievitati di pari passo.

E tutte queste valutazioni economiche, già assai negative sull'energia nucleare, potrebbero essere addirittura fortemente sottostimate in particolare per quanto concerne i costi del *decommissioning* degli impianti e il trattamento delle scorie di lungo e lunghissimo periodo. Aspetti che nella maggior parte dei casi non sono considerati nei modelli economici adottati.

Per quanto attiene appunto al *decommissioning* occorre precisare che non esistono cifre precise ma variano sensibilmente in relazione a molteplici fattori (tecnologia adottata, dimensioni dei reattori, paese, ecc.). In ogni modo, solo per fare un esempio, si richiamano i costi che erano stati stimati nel Regno Unito per lo smantellamento delle sue 8 centrali di seconda generazione per cui (rivedendo al rialzo precedenti stime) sarebbero servite almeno 23,5 miliardi di sterline ¹⁵, e questo senza tenere conto dei molto più alti costi della dimissione e bonifica dell'impianto di Sellafield che pesavano per circa i 3/4 dell'intero costo di gestione di tutto il comparto nucleare inglese già quantificato in oltre 124 miliardi di sterline ¹⁶.

Del resto, non è un mistero che se negli scorsi decenni la tecnologia nucleare si è sviluppata è stato solo grazie ai massicci finanziamenti governativi direttamente o indirettamente correlati alla corsa agli armamenti nucleari. Gli elevati capitali di rischio e i tempi troppo lunghi di costruzione e di rientro sull'investimento hanno rappresentato uno dei più forti deterrenti per gli investitori privati. Sono questi alcuni dei motivi per cui la stessa Banca Mondiale ha evitato per molto tempo di promuovere investimenti nel settore nucleare.

¹³ Update of the MIT 2003 Future of Nuclear Power, 2009

¹⁴ <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/update-on-the-flamanville-epr-0>

¹⁵ <https://committees.parliament.uk/publications/28479/documents/171641/default/>

¹⁶ <https://www.gov.uk/government/publications/nuclear-provision-explaining-the-cost-of-cleaning-up-britains-nuclear-legacy/nuclear-provision-explaining-the-cost-of-cleaning-up-britains-nuclear-legacy#latest-estimate>

Ed è per le stesse ragioni che negli USA, di fatto, il settore nucleare si è sostanzialmente fermato dai primi anni '80, e questo anche a fronte di importanti piani di sostegno pubblico.

Ai già citati costi economici bisognerebbe poi aggiungere quelli umani e sociali legati al problema della sicurezza, non solo per l'impianto nucleare ma anche per il deposito di stoccaggio delle scorie, per il trasporto del combustibile esausto, ecc. Si tratta di costi fortemente sottovalutati e che nessuna compagnia di assicurazione copre: il tutto ricade sulle finanze dello stato e quindi sulla collettività.

Il costo dell'uranio, poi, è destinato a crescere poiché nei prossimi anni andranno riducendosi sempre più le miniere ad alta concentrazione di minerale e si dovrà quindi ricorrere all'estrazione di uranio da graniti (*hard ore*) con una concentrazione decine di volte inferiore.

Anche per quanto riguarda quindi il costo del MWh prodotto possiamo vedere come, stando ad una fonte autorevole come Lazard ¹⁷, le energie rinnovabili in impianti *utility scale* generalmente mostrano i costi (LCOE - *levelized cost of energy*) più bassi rispetto al nucleare e anche alle fossili. L'LCOE tiene conto dei prezzi includendo non solo il costo del combustibile, ma anche le spese di gestione e manutenzione dell'impianto, ecc., ma nel caso del nucleare non considera gli interi costi del *decommissioning* dell'impianto, della gestione delle scorie nucleari, di eventuali incidenti, ecc.

Malgrado il non conteggio di questi importanti fattori, i dati di Lazard ¹⁸ ci mostravano che un MWh da nucleare costa tra 141 e 221 dollari mentre, ad esempio, il fotovoltaico con annessi sistemi di accumulo *utility scale* è compreso tra 46 e 102 dollari al MWh. E le recenti forti fluttuazioni al rialzo dei costi energetici dovute a molteplici fattori (aumento della richiesta di energia a livello mondiale dopo crisi Covid, speculazioni finanziarie su mercati come quello europeo, conflitto tra Russia e Ucraina, ecc.) non hanno affatto intaccato la maggior competitività delle rinnovabili.

E, guardando ai dati francesi, che sono il paese più fortemente legato al nucleare, non avremmo molto da invidiare loro visti i prezzi che l'energia elettrica aveva raggiunto oltralpe, anche malgrado la minore dipendenza dal gas russo: ad esempio il 4 aprile 2022 il prezzo medio del MWh era stato scambiato a 551 euro con punte che avevano sfiorato i 3.000 € e questo proprio per problemi connessi alla gestione degli impianti nucleari. Più in generale nel corso del 2022 il prezzo spot medio è stato di 276 €/MWh e la Francia per la prima volta da diversi decenni ha dovuto importare energia elettrica ¹⁹.

Taluni affermano che la gestione delle scorie sarebbe un problema ormai risolto. E' vero? È falso!

¹⁷ <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-levelized-cost-of-storage-and-levelized-cost-of-hydrogen/>

¹⁸ <https://www.lazard.com/research-insights/2023-levelized-cost-of-energyplus/>

¹⁹ <https://euractiv.it/section/energia/news/dopo-42-anni-anche-la-francia-nel-2022-ha-dovuto-importare-lenergia/>

I sostenitori del nucleare affermano che si tratta di una fonte pulita e sicura ma, tra le altre cose, dimenticano sempre il problema della gestione delle scorie.

L'energia nucleare, nel suo ciclo di produzione inevitabilmente origina scorie radioattive la cui gestione costituisce, probabilmente, il più grave dei problemi non risolti connessi a tale tecnologia. Il fatto che la ricerca della soluzione a tale problema abbia goduto, per 70 anni, degli investimenti più massicci rispetto a qualsiasi altra tecnologia ci fa temere che il problema resterà irrisolto ancora per molto tempo, anche perché non esiste la possibilità scientifica di dimostrare il mantenimento delle condizioni di sicurezza necessarie per alcune decine di migliaia di anni, richieste dai rifiuti radioattivi di III categoria (ossia le scorie a più alto livello di radioattività derivate direttamente dai processi di "combustione" e dagli elementi che con questa direttamente vengono a contatto). Nessuna opera dell'uomo può ragionevolmente pensare di sfidare tempi così lunghi e non si sa nemmeno come gli stessi cambiamenti climatici potranno influire. Non esiste in nessuna parte del mondo un'esperienza concreta in grado di assicurare sicurezza e affidabilità, sul lungo o, meglio, lunghissimo periodo, di uno stoccaggio delle scorie a più alta radioattività. Senza considerare quali sarebbero i costi per mantenere in sicurezza un simile sito per tempi tanto lunghi, difendendolo anche da possibili attacchi terroristici, un rischio quest'ultimo che è andato aumentando cui possono essere sottoposti non solo gli impianti ma anche le stesse operazioni di trasporto del combustibile esausto. Minacce destinate solo ad accentuarsi qualora ci fosse un incremento di produzione di energia nucleare.

Negli Stati Uniti è dagli anni '70 che si stava studiando un deposito definitivo per le scorie radioattive a più alta intensità. Nel 1978 furono avviati i primi studi nel sito di Yucca Mountain, nel deserto del Nevada e malgrado i moltissimi miliardi di dollari investiti nella costruzione del sito il progetto è sostanzialmente fallito, anche perché lo stesso DOE aveva dovuto ammettere omissioni e irregolarità negli studi geologici che compromettevano la sicurezza stessa del sito. Nel 2009 l'amministrazione Obama aveva tagliato ingenti fondi a questo progetto, dando un forte segnale di non ritenerlo adeguatamente idoneo come deposito geologico per le scorie. Successivamente Trump sembrava intenzionato a ridare linfa al fallimentare progetto. Peraltro, come avevano già fatto notare diversi anni fa Balzani e Armaroli²⁰, quel sito avrebbe potuto contenere solo 70.000 tonnellate di rifiuti radioattivi, quindi molti meno di quelli che gli USA aveva già accumulato nel corso degli anni. I due scienziati italiani evidenziavano poi come: *"agli attuali ritmi di produzione complessiva di elettricità e armamenti nucleari, il mondo avrebbe bisogno di un deposito con capacità di Yucca Mountain ogni due anni."*

Le cose non sono andate molto meglio negli altri paesi: il caso delle miniere di sale di Asse in Germania sono un altro triste esempio di quanto sia difficile pensare di conservare in sicurezza i materiali più rischiosi presenti sulla terra. In quelle miniere, erroneamente considerate idonee come deposito geologico permanente, non si era considerato il rischio, poi verificatosi, di infiltrazioni d'acqua, questo ha comportato l'inizio della corrosione dei contenitori contenenti le scorie e la necessità, con costi esorbitanti, di dover rimuovere tutto e trovare un nuovo sito di stoccaggio.

²⁰ *"Energia per l'astronave Terra"*. Nicola Armaroli e Vincenzo Balzani, Zanichelli

La Finlandia sembrerebbe il paese più avanti nella realizzazione di un sito geologico, ma occorrerebbe chiedersi se questo sarà veramente sicuro per molte migliaia di anni (non esistono opere umane che possano dimostrarlo) e se il principio di reversibilità dell'intervento, in caso in futuro vi fossero problemi, sia possibile visto che si tratta quasi di un tombamento definitivo.

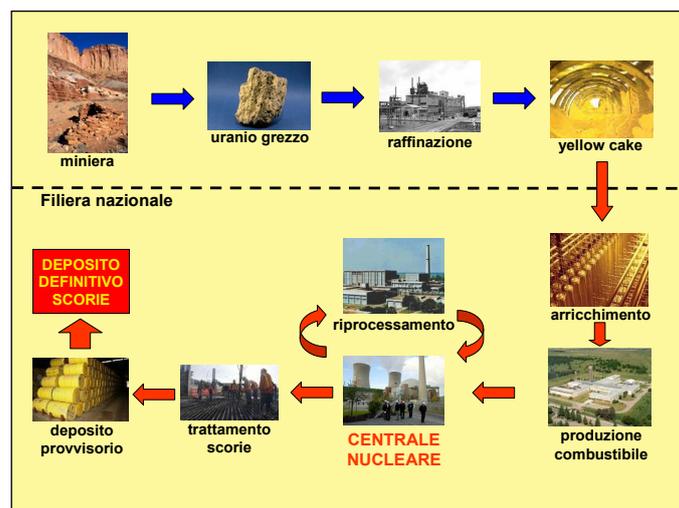
Quando si parla di rifiuti radioattivi spesso si dimentica quelli che si creano a monte dei reattori, vale a dire quelli connessi alle attività estrattive e di arricchimento del minerale. Come riportavano sempre Armaroli e Balzani: *“Per ottenere le 160 tonnellate di uranio necessarie per far funzionare una centrale standard per un anno, se si parte da un granito ricco in uranio (1000 ppm), occorre processare 160.000 tonnellate di materiale e i lavori in miniera implicano lo sbancamento di quantità ancora maggiori di roccia”*. I materiali di scarto che restano a valle del processo di estrazione sono, oltre che radioattivi, fortemente contaminati da una serie di sostanze chimiche impiegate. Si tratta quindi di materiali inquinati e inquinanti che spesso non vengono gestiti in modo adeguato, ma abbandonati sul posto con gravissimi danni per l'ambiente e la salute delle persone stesse. Il problema delle estrazioni minerarie è forse quello che noi meno notiamo perché si colloca in paesi generalmente lontani.

I pur modesti programmi nucleari che l'Italia aveva sviluppato nel passato e che furono chiusi con il referendum del 1987, a seguito del disastro di Chernobyl, ci hanno lasciato la pesante eredità dello smantellamento delle centrali e della gestione delle scorie per cui formalmente ancora non si è individuato un sito idoneo per la realizzazione di un impianto destinato ad accogliere solo provvisoriamente le scorie ma per cui continuiamo a pagare ingenti costi con le nostre bollette elettriche. Si tratta di aspetti che dovrebbero far riflettere attentamente prima di pensare di riproporre il ritorno al nucleare nel nostro paese, peraltro già bocciato da due diversi referendum (1987 e 2011).

Taluni affermano che l'energia nucleare non provocherebbe emissioni di gas serra e rappresenterebbe quindi una soluzione per contrastare il cambiamento climatico. E' vero? È falso!

Questa è una delle argomentazioni maggiormente sostenute da chi promuove il nucleare considerandola una tecnologia indispensabile per fronteggiare la minaccia del cambiamento climatico.

In effetti, se ci si ferma erroneamente a considerare la sola fase di fissione del combustibile nel reattore nucleare, questa effettivamente non libera CO₂, peccato che a monte e a valle vi siano una lunga serie di operazioni fortemente energivore. Se, appunto, si considera l'intera filiera nucleare, ci si rende presto conto che sono richieste grandi quantità di energia fossile.



Si va, infatti, dall'attività di estrazione del minerale, al suo arricchimento, alla costruzione della centrale (che richiede enormi quantità di cemento e acciaio di elevate qualità) fino alle fasi di *decommissioning* dell'impianto a fine vita e alla complessa e lunga gestione delle scorie (stoccaggio temporaneo del combustibile, ritrattamento, costruzione e gestione del sito di stoccaggio finale, posto che esista). A queste andrebbero anche aggiunte le operazioni di bonifica e ripristino ambientale delle miniere di uranio, un aspetto sempre dimenticato.

Ognuno di questi passaggi richiede, appunto, l'uso di energia fossile che provoca emissioni di gas serra. Nel corso degli anni vi sono stati diversi lavori che hanno cercato di quantificare quali fossero le emissioni complessive nel ciclo di vita (metodologia LCA) dell'energia nucleare, i risultati sono stati spesso variegati²¹ ma quello che sovente emerge dall'analisi dei diversi lavori è la sottostima o la difficoltà di quantizzare tutte le emissioni lungo una filiera oltremodo complessa e con tempi di vita molto lunghi (si pensi alla gestione delle scorie).

Ad esempio Jean Willem Storm van Leeuwen e Philip Smith nel 2007²², considerando l'intero ciclo di vita, avevano stimato 112-165 g CO₂ kWh. Risultati paragonabili a quelli di altri lavori anche successivi. Un valore però destinato a salire a mano a mano che si dovrà ricorrere a giacimenti con minori concentrazioni d'uranio: minore è la concentrazione maggiore è la quantità di energia che occorre spendere per estrarlo e, quindi, maggiori saranno le emissioni associate come ad esempio riportato nel rapporto **Energy Balance of Nuclear Power Generation**²³ dove si evidenziava come quando la concentrazione del minerale scende intorno allo 0,01% le emissioni salgono a 210 g CO₂/kWh. Si tratta sicuramente di performance migliori di quelle delle centrali a carbone ma non si può parlare di emissioni nulle.

Peraltro, occorre avere presente anche come in caso di proliferazione di nuovi impianti nucleari proprio nelle lunghe ed energivore fasi di cantiere si avrebbe un ingente aumento delle emissioni di CO₂, proprio

²¹ Benjamin K. Sovacool. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. Energy Policy, 2008

²² "Nuclear power – the Energy balance", Joe Willem Storm van Leeuwen & Philip Smith, October 2007

²³ Austrian Institute of Ecology, Austrian Energy Agency. Energy Balance of Nuclear Power Generation. Life Cycle Analysis of Nuclear Power: Energy Balance and CO₂ Emissions. Vienna 2011

negli anni ritenuti cruciali, dalla comunità scientifica internazionale, per invertire il riscaldamento globale. In pratica immetteremmo in atmosfera più CO₂ proprio quando dovremmo massimamente ridurla. Un impatto secondario di cui non si parla mai è quello connesso alla grande quantità di calore generato dalle centrali nucleari che contribuisce direttamente al riscaldamento globale aumentando la temperatura sia dei corpi idrici sia dell'aria localizzata intorno a ciascun impianto ²⁴.

Taluni affermano che le centrali nucleari sarebbero sicure e non inquinerebbero. E' vero? È falso!

Gli impianti nucleari sono sempre stati accompagnati da una lunga lista di incidenti, generalmente sottaciuti, essendo la loro gestione di tipo strategico (per non dire militare) e, in ogni caso, non certo improntata a principi di massima trasparenza, come la stessa Corte dei Conti di differenti paesi ha più volte denunciato.

In merito alla sicurezza delle centrali nucleari si è ormai accumulato un certo numero di studi e rapporti che dimostrano come questi impianti possano presentare elementi di rischio e questo non solo nei casi di incidenti più o meno gravi. Esiste infatti un ampio dibattito scientifico ^{25 26 27 28} in merito all'aumento di leucemie infantili o di altre patologie in quelle popolazioni che risiedono nei pressi delle centrali. Gli studi, seppur non sempre pienamente concordi, convergono sulla necessità di approfondire le ricerche sul tema. Va anche detto che addirittura per quanto concerne il disastroso incidente avvenuto nel 1986 all'impianto di Chernobyl (in Ucraina), i dati ufficiali sulla mortalità e sulle patologie connesse all'esposizione alle radiazioni sono stati pesantemente sottostimati e hanno subito forti critiche da parte di studi indipendenti (ad esempio ad opera dell'Accademia di Scienze Russa) oltre che da quelli delle associazioni ambientaliste. Ad esempio, Greenpeace nel 2006 avvalendosi del contributo di decine di scienziati e ricercatori, ha prodotto un ricco rapporto ²⁹ teso a comprendere tutte le conseguenze sulla salute

²⁴ Nordell B, Gervet B Global warming is global energy storage. Proceedings of the Global Conference on Global Warming-2008 (GCGW-08); 6–10 July 2008, Istanbul, Turkey, Paper No. 454.

²⁵ Ian Fairlie. Commentary: childhood cancer near nuclear power stations. BioMed Central Ltd. 2009 <http://www.chjournal.net/content/pdf/1476-069X-8-43.pdf>

²⁶ Benjamin K. Sovacool. Critically weighing the costs and benefits of a nuclear renaissance. Journal of Integrative Environmental Sciences Vol. 7, No. 2, June 2010, 105–122

²⁷ Bithell, J., Murphy, M., Stiller, C. *et al.* Leukaemia in young children in the vicinity of British nuclear power plants: a case-control study. *Br J Cancer* **109**, 2880–2885 (2013). <https://doi.org/10.1038/bjc.2013.560>

²⁸ Ian Fairlie. Hypothesis to Explain Childhood Cancer near Nuclear Power Plants Article in International Journal of Occupational and Environmental Health · September 2013 DOI: 10.1016/j.jenvrad.2013.07.024 · Source: PubMed

²⁹ “The Chernobyl Catastrophe. Consequences on Human Health”, Greenpeace 2006

dell'incidente di Chernobyl. L'Accademia delle Scienze Russa ha dichiarato troppo cauti i così detti studi ufficiali poiché i dati possono variare sensibilmente sulla base dei parametri presi in considerazione.

Anche per i reattori di terza generazione o i III+ come gli EPR (European Pressurized Reactor), attualmente in costruzione, e che dovrebbero rappresentare quanto di meglio ancora oggi offre la tecnologia nucleare, sono emersi gravi problemi di sicurezza come avevano denunciato, il 2 novembre 2009, con una nota congiunta le Autorità per la Sicurezza nucleare di Francia, Inghilterra e Finlandia ³⁰. Secondo questa nota, il sistema d'emergenza dell'impianto non era indipendente dai normali sistemi di controllo. Questo voleva dire che, nel caso di avaria dei sistemi di controllo, anche il sistema di emergenza sarebbe andato fuori uso con conseguente perdita del controllo del reattore, un aspetto che potrebbe portare a conseguenze disastrose.

Peraltro, per l'impianto di Olkiluoto in Finlandia, l'Authority all'epoca aveva già riscontrato oltre 2.000 difformità che avevano spinto a fermare temporaneamente i lavori di costruzione (uno dei diversi motivi per cui l'impianto ha impiegato il triplo del tempo per essere realizzato).

Sempre per quanto riguarda gli EPR, occorre aggiungere che questi impianti prevedono l'impiego di un combustibile maggiormente arricchito che comporta sia una leggera minore produzione di scorie ma di pericolosità maggiore sia per la più elevata presenza dei prodotti di fissione (fortemente radioattivi), sia per le maggiori quantità di calore che queste scorie libereranno e che ne renderà ancora più problematica la gestione.

I fatti dimostrano che il nucleare sicuro non esiste perché parliamo di una tecnologia intrinsecamente pericolosa. Tutti gli interventi che si possono operare (a caro prezzo) per cercare di ridurre i rischi non saranno mai sufficienti a evitarli completamente anche perché esiste sempre l'errore umano, le guerre, ecc. La stessa IV generazione nucleare, nell'ipotesi che un domani sia realizzata (si parla forse tra 15-20 anni, ma la data viene continuamente spostata in avanti), non sarà affatto esente da rischi.

E poi vi sarebbe il sempre dimenticato problema dell'estrazione mineraria di uranio i cui impatti sono altissimi sia sull'ambiente sia sulla salute delle persone che vivono in quelle zone ^{31 32}, ma si tratta sempre di aspetti che tendiamo a non vedere.

Taluni affermano che i piccoli reattori modulari (SMR) permetterebbero di abbattere i costi e risolvere i problemi connessi al nucleare tradizionale. E' vero?

³⁰ "Joint Regulatory Position Statement on the EPR Pressurised Water Reactor" <http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Actualites/2009/Systeme-de-controle-commande-du-reacteur-EPR>

³¹ Rosa Luxemburg Stiftung. **Uranium Mining Impact on Health & Environment**. Legal and Human Rights Centre. Dar es Salaam, April 2014

³² Angelo Baracca. University of Florence. **The unsustainable legacy of the Nuclear Age**. October 2018 https://www.academia.edu/65364882/The_unsustainable_legacy_of_the_Nuclear_Age

È falso!

Per quanto riguarda gli **SMR (Small Modular Reactor)**, che secondo la definizione dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA) sono quelli sotto i 300 MW di potenza, le problematiche non sono tanto diverse da quelle degli impianti nucleari tradizionali. Occorre innanzitutto ricordare che da decenni si parla di piccoli reattori modulari come evidenza non solo una certa letteratura tecnica ³³ ma anche la stessa storia dei reattori nucleari, non si tratta cioè necessariamente di una qualche tecnologia rivoluzionaria. Gli SMR, secondo alcuni operatori del settore nucleare e diversi sostenitori (non si sa quanto realmente qualificati), vengono spacciati come una grande promessa per l'espansione dell'energia nucleare su tutti i mercati e in svariati ambiti. Ma finora, malgrado ingenti investimenti, ad esempio di paesi come Stati Uniti, Canada e Regno Unito (ma anche Cina, Russia, ecc.), i risultati non sono stati molto soddisfacenti.

Nel mondo esistono infatti decine di progetti ma ancora siamo molto lontani dal raggiungimento della scala commerciale. La cosa forse più importante da evidenziare è come, dal punto di vista tecnico, nessuno dei progetti in questione abbia ancora mai risolto i problemi che affliggono il nucleare tradizionale, un aspetto che era stato evidenziato già diversi anni fa, come testimoniava ad esempio un articolo tecnico del 2010 ³⁴ in cui si affermava come questi impianti non sarebbero stati in grado di risolvere problemi di sicurezza, di gestione delle scorie, economici o di contrasto al cambiamento climatico. Ma anche altri lavori, forse anche più robusti, negli anni hanno confermato come gli SMR non fossero la soluzione dei problemi ma potessero finire addirittura con aggravarli ³⁵ o anche di come non sia possibile risolvere contemporaneamente tutti i problemi che affliggono il nucleare ³⁶. Dal punto di vista economico poi quello che emerge è che i costi saranno anche superiori rispetto a quelli già troppo alti del nucleare tradizionale per il problema noto come economia di scala ³⁷, occorre infatti non tanto considerare il costo dell'impianto ma quello del MWh prodotto: si stima che un SMR da 200 MW costerà il 40% di un impianto tradizionale da 1.000 MW ma genererà solo il 20% dell'elettricità, pertanto avrebbe un costo per unità di energia circa doppio.

Che i costi degli SMR siano alti, o meglio più alti di quanto stimato in precedenza, lo attestano anche recenti dati ricordati dal Institute for Energy Economics and Financial Analysis ³⁸ che ha richiamato le pur

³³ Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities. NEA, OECD 2021

³⁴ Arjun Makhijani and Michele Boyd. *Small Modular Reactors: No Solution for the Cost, Safety, and Waste Problems of Nuclear Power*. September 2010

³⁵ The economic failure of nuclear power and the development of a low carbon electricity future: why small modular reactors are part of the problem, not the solution. Mark Cooper, Ph.D. Senior Fellow for Economic Analysis Institute for Energy and the Environment Vermont Law School, May 2014

³⁶ M.V. Ramana, Zia Mian. One size doesn't fit all: Social priorities and technical conflicts for small modular reactors. 2014

³⁷ M. V. Ramana. "Small Modular and Advanced Nuclear Reactors: A Reality Check," in IEEE Access, vol. 9, pp. 42090-42099, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3064948.

³⁸ <https://ieefa.org/resources/eye-popping-new-cost-estimates-released-nuscale-small-modular-reactor>

molto ottimistiche stime aggiornate da un produttore. E in realtà l'ottimismo dei produttori è messo molto bene in risalto in un dettagliato lavoro scientifico ³⁹ che ha effettuato un ampio ventaglio di stime dei possibili costi dei differenti SMR e quello che ne emerge, oltre ad un'incertezza generale legata a molteplici variabili, è che comunque i costi saranno piuttosto alti con LCOE (Levelized Cost of Energy) mediani che partono da 116 USD/MWh per gli HTR e da 218 USD/MWh per i PWR.

Anche la produzione di scorie (che poi dovranno essere gestite) sarà maggiore sempre per unità di energia generata. È quanto emerge ad esempio da una recente ricerca condotta dalle Università di Stanford e della British Columbia ⁴⁰. In questo lavoro si evidenzia come differenti progetti di SMR (raffreddati ad acqua, sali fusi e sodio) aumenteranno il volume delle scorie nucleari che necessitano di gestione e smaltimento di fattori da 2 a 30.

A tutto questo si aggiungerebbero ovviamente anche maggiori problemi connessi alla moltiplicazione dei siti in cui localizzare gli impianti (per produrre la stessa quantità di energia di un EPR da 1.600 MW occorrerebbe infatti realizzare 5 o 6 SMR), e questo avrebbe anche evidenti ripercussioni in termini di sicurezza visto che occorrerebbe presidiare militarmente un ben più alto numero di siti. E aumenta anche la movimentazione del "combustibile" radioattivo che a questi deve essere conferito e dei rifiuti (sempre radioattivi) che da questi devono essere allontanati, anche se non si sa dove visto che l'individuazione dei siti di stoccaggio definitivi sono qualcosa di molto complesso, come insegnano ad esempio i fallimentari casi degli USA e della Germania, e anche la stessa situazione italiana dove non si è ancora riusciti a realizzare il sito nazionale per lo stoccaggio delle scorie derivanti dalla vecchie centrali ormai chiuse da diversi decenni.

Del resto che lo stato di avanzamento dei progetti di SMR in diversi paesi del mondo proceda con notevole difficoltà è testimoniato da molti dati, come riporta anche una accurata panoramica esposta nel World Nuclear Industry Status Report 2021 ⁴¹, e ancora più di recente un altro evidente caso di fallimento che ha portato alla chiusura di un decantato progetto negli Stati Uniti ⁴² dovrebbe suonare come campanello d'allarme anche perché qui non si stava nemmeno cercando di andare su una ipotetica IV generazione ma si faceva ricorso a tecnologie teoricamente consolidate.

Il problema è che tutti i dati ci dimostrano come anche nei paesi che sono più avanti su questi progetti (es. Russia e Cina) il problema costi non è stato realmente abbattuto e quindi siamo sempre in presenza di impianti che, anche se dovessero divenire un giorno commerciali, resterebbero assolutamente diseconomici, come i loro "fratelli" maggiori e, soprattutto, non terrebbero neanche lontanamente il passo con le fonti rinnovabili divenute negli anni molto competitive e neanche rispetto all'accoppiata FER più sistemi di accumulo. L'altro aspetto che emerge è che anche per gli SMR i programmi di costruzione e le

³⁹ Björn Steigerwald et al. Uncertainties in estimating production costs of future nuclear technologies: A model-based analysis of small modular reactors. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128204>

⁴⁰ Krall L.M. et al. Nuclear waste from small modular reactors. PNAS 2022 Vol. 119 No. 23. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2111833119>

⁴¹ Mycle Schneider, Antony Froggatt. **The World Nuclear Industry** Status Report 2021

⁴² <https://www.ucsusa.org/about/news/small-nuclear-reactor-contract-fails-signaling-larger-issues-nuclear-energy-development>

date di commercializzazione continuano a essere posticipati, e questo ovviamente influisce anche sui costi finali degli impianti e, in ultima analisi, della stessa energia prodotta. Peraltro, non è assolutamente dimostrabile che si arriverà mai a una produzione di scala di questi impianti capace di abbatte realmente i costi.

Taluni affermano che il nucleare di nuova generazione sarebbe sicuro, non produrrebbe scorie, sarebbe economico, ecc. E' vero?

Non proprio, o meglio va prima chiarito cosa si vuole intendere per nucleare di nuova generazione.

Molto spesso si sente parlare di **IV generazione** come della soluzione a tutti i problemi del nucleare da fissione. A dire il vero quello che le persone non sanno è che di **IV generazione si parla da oltre venti anni**, il programma di ricerca è infatti formalmente nato nel 2001⁴³ e ne fanno parte moltissimi paesi (Italia inclusa), ma fino a **oggi di risultati reali se ne sono visti piuttosto pochi**, peraltro gli impianti prototipali fin qui realizzati non sono neanche lontanamente in grado di garantire che ci permetteranno di risolvere i problemi che affliggono questa fonte di energia:

- l'aumento della sicurezza intrinseca ("sicurezza passiva") degli impianti non è stato ancora pienamente dimostrato e i tecnici sanno bene che non potrà esserlo seriamente se prima non vi saranno diversi impianti operativi, insomma un cane che si morde la coda, e poi occorre anche ricordare come sia magari possibile predisporre i migliori sistemi di sicurezza ma non saranno mai totalmente a prova di un errore umano e neanche di eventi bellici;
- la riduzione della produzione di scorie radioattive dei sistemi cosiddetti autofertilizzanti, che non è però un azzeramento, non è ancora automaticamente garantita e, in ogni caso, non significa che le scorie comunque prodotte magicamente scompariranno, e sappiamo bene come la loro gestione costituisca un problema non risolto in nessuna parte del mondo (non solo in Italia), soprattutto quando si parla di quelle a più alta attività che andrebbero gestite e presidiate per migliaia di anni;
- i costi non saranno necessariamente più contenuti di quelli degli impianti attuali e abbiamo visto come nel caso degli impianti di generazione III+ di Flamanville in Francia e Olkiluoto in Finlandia siano lievitati a livelli insostenibili, ma anche i dati citati ad esempio da Lazard (per impianti già commerciali) ci mostrano come il nucleare sia la meno economica delle fonti energetiche.

Occorre poi anche essere onesti sui tempi di realizzazione che sono del tutto incerti perché parliamo di tecnologie molto lontane dall'essere a scala commerciale, siamo ancora infatti su sistemi puramente sperimentali. Comunque, se i già citati impianti di generazione III+ in Europa hanno impiegato oltre 15 anni e hanno mostrato tanti gravi problemi tecnici (oltre che economici) non si vede perché quelli di IV (che ancora non esistono) dovrebbero arrivare prima. Del resto è proprio il Forum internazionale (GIF)

⁴³ https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9492/members

nato per promuovere la IV generazione che attualmente stima che i primi impianti commerciali potrebbero essere immessi sul mercato nel periodo 2030-2040 ⁴⁴, ma in termini di previsioni su nuove tecnologie nucleari non sarebbe la prima volta che una data venga spostata di molto in avanti, anzi è la storia del nucleare che ci dice come questi slittamenti (spesso *sine die*) rappresentino la norma.

Taluni affermano che la fusione sarebbe dietro l'angolo e potrebbe risolvere tutti i problemi energetici. E' vero?

È falso!

La fusione nucleare è senza dubbio la più avveniristica delle tecnologie. Sono oltre 50 anni che se ne parla, che si studia e ci si investono grandi somme di denaro a livello mondiale, ma si continua a spostare in avanti nel tempo la data di quando sarà realmente operativa: ricordiamo infatti come negli anni 70 si parlava del 2000, nel 2000 si parlava del 2030, oggi si parla del 2050, o dopo... Evidentemente ci deve essere una specie di "fattore 30" come il numero degli anni di cui si sposta continuamente in avanti la lancetta dell'orologio.

Sono noti i molti problemi tecnologici e scientifici che riguardano questo ambito di ricerca, oggi si parla tanto del confinamento magnetico come se fosse una cosa dietro l'angolo, ma la sensazione degli esperti (quelli con un ruolo maggiormente indipendente) è che di strada se ne debba fare ancora veramente tanta e il tempo invece della transizione energetica per contrastare il cambiamento climatico è ora.

La ricerca è giusto faccia il suo percorso e del resto anche l'Italia è in prima linea con enti (es. ENEA), università e grandi aziende (es. Leonardo, ENI) ad esempio nel progetto internazionale ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), ma mentre la ricerca è legittimo che prosegua, non possiamo permetterci di aspettare decenni qualcosa che non si sa se e quando arriverà ad essere operativa su scala commerciale. Non abbiamo questo tempo perché il cambiamento climatico ci impone agire subito e non possiamo attendere.

⁴⁴ https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_40962/home