



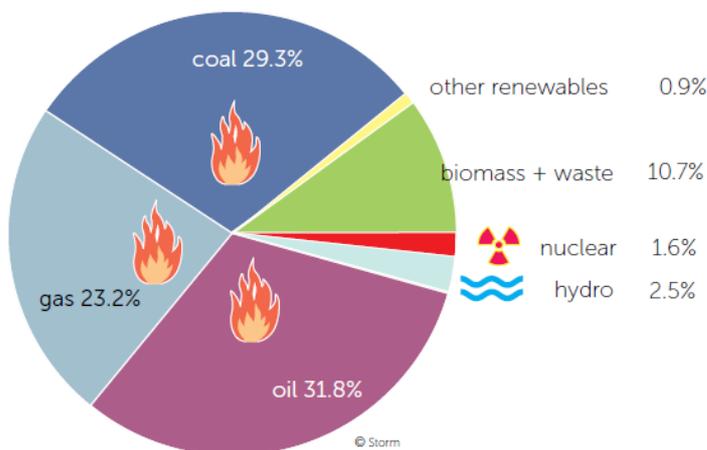
Copyright Credit © Michel Gunther / WWF

Le risposte giuste alle domande sul nucleare

Taluni affermano che non si possa fare a meno del contributo energetico del nucleare. È vero?

È falso!

I numeri, infatti, ci dicono che l'attuale contributo al fabbisogno energetico mondiale fornito dal nucleare è decisamente modesto come documenta il seguente grafico, tratta da uno dei noti lavori Storm van Leeuwen¹, dove si vede chiaramente come **questa fonte copre 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

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



FOR NATURE
FOR US

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

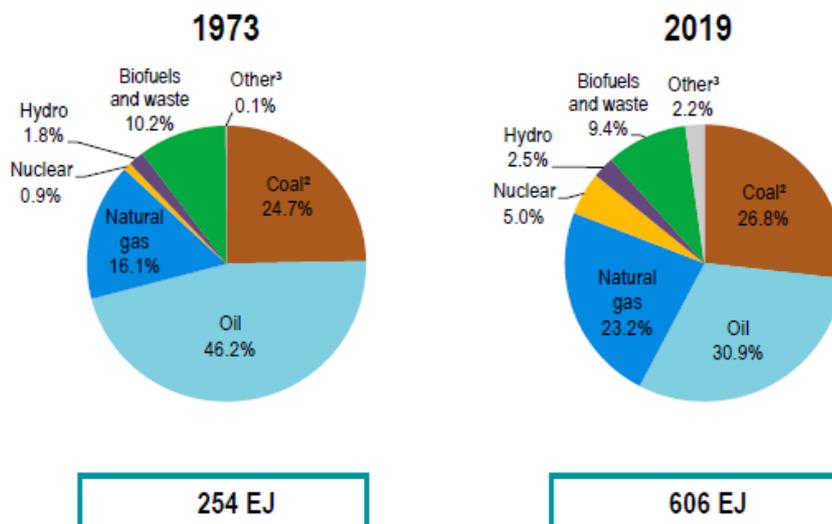
Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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

Share of world total energy supply by source, 1973 and 2019



1. World includes international aviation and international marine bunkers.
 2. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.
 3. Includes geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean, heat and other sources.
 Source: [IEA, World Energy Balances, 2021](#).

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 IEA³ si scopre come il nucleare concretamente produca una quantità di energia (elettrica) decisamente inferiore a quella dell'idroelettrico: rispettivamente 2.790 TWh contro 4.329 TWh, ossia il nucleare contribuisce al 10,4% della produzione elettrica mondiale quando l'idroelettrico pesa per il 15,7%, una differenza che si vede bene anche nella seguente figura sempre della IEA:

²⁻³ IEA - Statistics report - Key World Energy Statistics 2021



FOR NATURE
FOR US

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

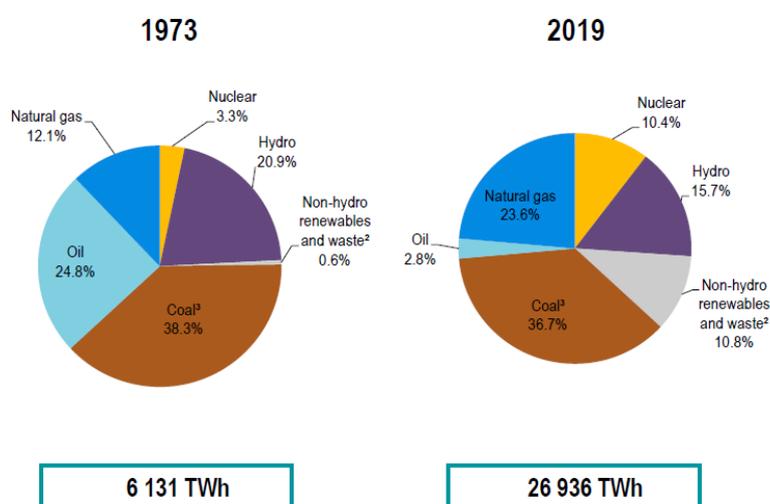
Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

Share of world electricity generation¹ by source, 1973 and 2019



1. Excludes electricity generation from pumped storage.
2. Includes geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean, biofuels, waste, heat and other.
3. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.
Sources: [IEA, World Energy Balances, 2021](#); [IEA, Electricity Information, 2021](#).

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

E peraltro, da ormai molti anni, nessuno studio scientifico serio prevede che per il futuro il nucleare possa fornire un maggiore contributo; l'apporto del nucleare resterà quindi sempre inferiore a quello anche di una singola fonte rinnovabile come l'idroelettrico.

Taluni affermano che il nucleare prospera nel mondo e che l'Italia è un'eccezione. È 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 poco sostenibili coperture assicurative per eventuali incidenti. In tutto il mondo, infatti, non è stato costruito alcun 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. 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 l'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 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 come l'ultimo impianto abbia impiegato quasi 43 anni per divenire operativo.



FOR NATURE
FOR US

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

Table 2 – Duration from Construction Start to Grid Connection 2011–2020

Construction Times of 63 Units Started-up 2011–2020				
Country	Units	Construction Time (in Years)		
		Mean Time	Minimum	Maximum
China	37	6.1	4.1	11.2
Russia	10	18.7	8.1	35.1
South Korea	5	6.4	4.2	9.6
India	3	11.5	8.7	14.2
Pakistan	3	5.4	5.2	5.6
Argentina	1	33.0	33.0	
Belarus	1	7.0	7.0	
Iran	1	36.3	36.3	
UAE	1	8.1	8.1	
USA	1	42.8	42.8	
World	63	9.9	4.1	42.8

Sources: Various, compiled by WNISR, 2021

Gli stessi oltre 8 miliardi di dollari stanziati circa un decennio fa dalla presidenza Obama per realizzare nuovi reattori non hanno sortito grandissimi effetti proprio a causa della assoluta diseconomicità di questa fonte.

Nella seguente figura tratta dal **The World Nuclear Industry Status Report 2021**⁴, ad esempio, si vede come nel corso dei due decenni 2001-2020, nel mondo, siano entrati in esercizio 95 nuovi reattori a fronte di 98 chiusure e si vede anche come le nuove aperture si siano concentrate soprattutto 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.

⁴ Mycle Schneider, Antony Froggatt. **The World Nuclear Industry Status Report 2021**



FOR NATURE
FOR US

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

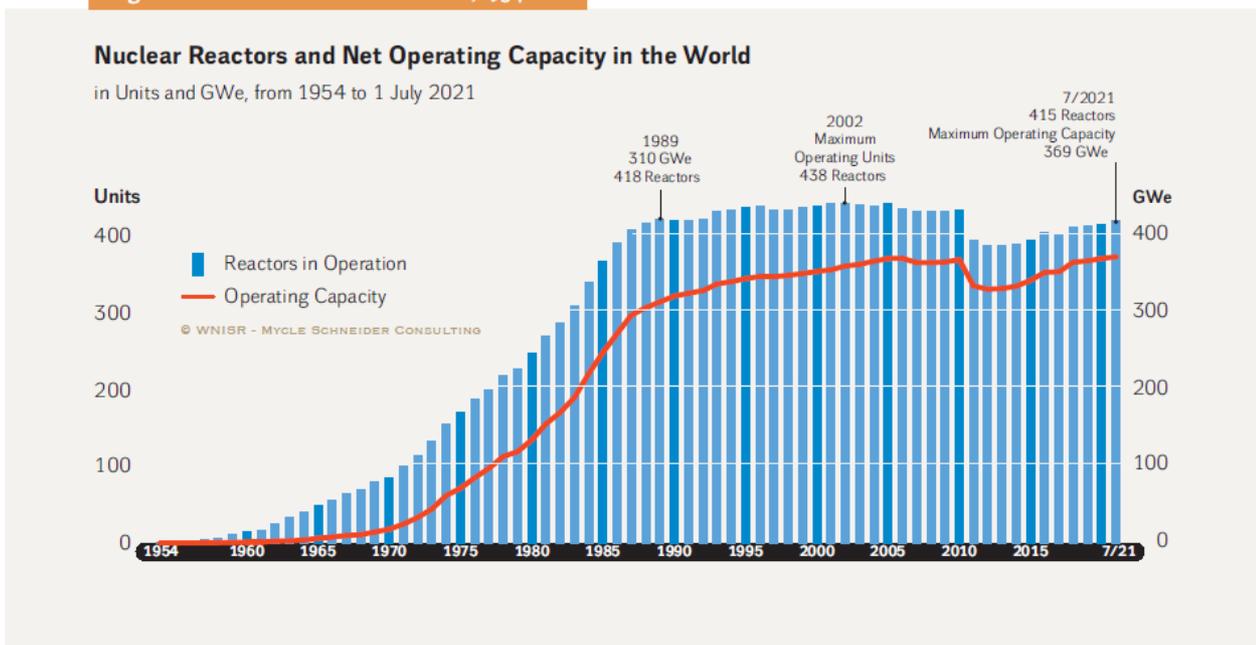
Figure 5 - Nuclear Power Reactor Grid Connections and Closures – The Continuing China Effect



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2021

In generale, come si vede dalla seguente figura, sempre tratta dal **The World Nuclear Industry Status Report 2021**, 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, 1954–2021



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2021



FOR NATURE
FOR US

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

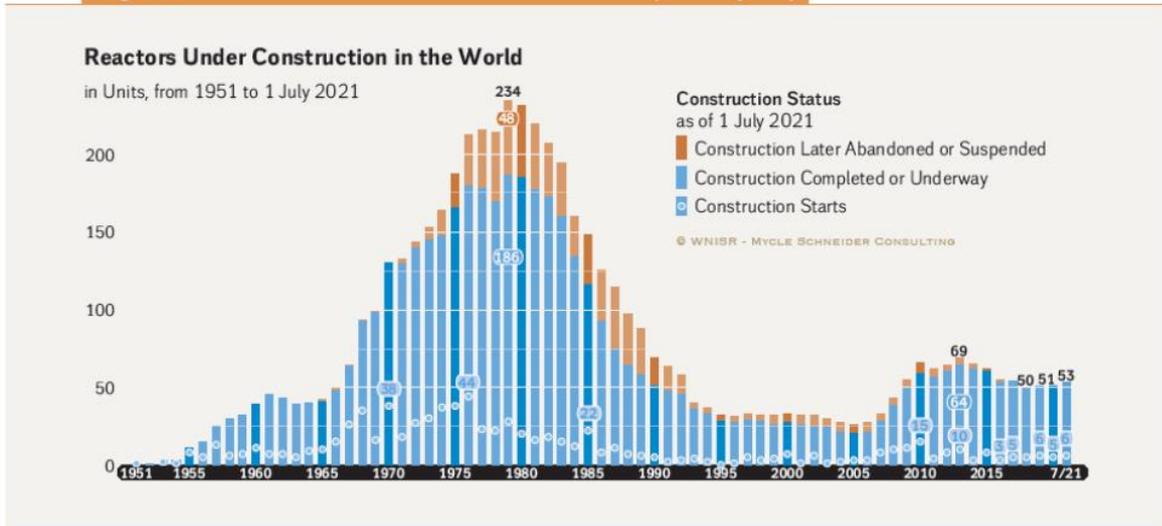
Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

Un dato rafforzato anche dal seguente grafico e dalla successiva tabella che fotografano perfettamente la situazione dei reattori in costruzione.

Figure 7 - Nuclear Reactors “Under Construction” in the World (as of 1 July 2021)



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2021

Table 1 - Nuclear Reactors “Under Construction” (as of 1 July 2021)⁴⁴

Country	Units	Capacity (MW net)	Construction Start	Grid Connection	Units Behind Schedule
China	18	17 062	2012 - 2021	2021 - 2027	4
India	7	5 194	2004 - 2021	2022 - 2026	6
South Korea	4	5 360	2012 - 2018	2022 - 2025	4
Russia	3	2 650	2018 - 2021	2022 - 2026	0
Turkey	3	3 342	2018 - 2021	2024 - 2026	1
UAE	3	4 035	2013 - 2015	2021 - 2023	3
Bangladesh	2	2 160	2017 - 2018	2023 - 2024	0
Slovakia	2	880	1985 - 1985	2021 - 2023	2
UK	2	3 260	2018 - 2019	2026 - 2027	2
USA	2	2 234	2013	2022-2023	2
Argentina	1	25	2014	2024	1
Belarus	1	1 110	2014	2022	1
Finland	1	1 600	2005	2022	1
France	1	1 600	2007	2023	1
Iran	1	1 196	1976	2024	1
Japan	1	1 325	2007	2025	1
Pakistan	1	1 014	2016	2022	1
Total	53	54 047	1976 - 2021	2021 - 2027	31

Sources: Various, compiled by WNISR, 2021



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale
Via Po, 25/c
00198 Roma

Tel: 06844971

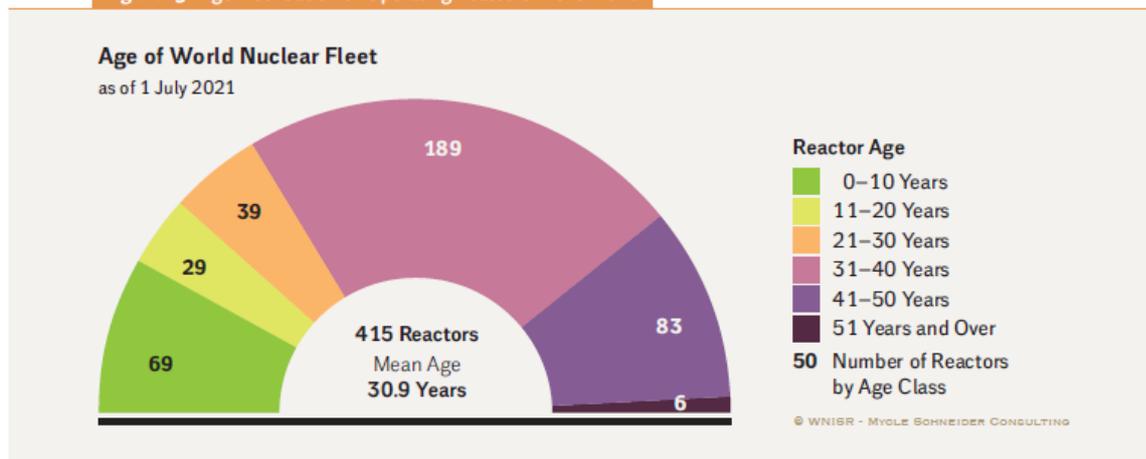
Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

Osservando poi la seguente figura (sempre tratta da **The World Nuclear Industry Status Report 2021**), si vede come l'età media degli impianti a livello mondiale sia di 30,9 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 278 reattori, due terzi del totale, hanno operato per 31 o più anni, di cui 89 (più di uno su cinque) per 41 anni o più.

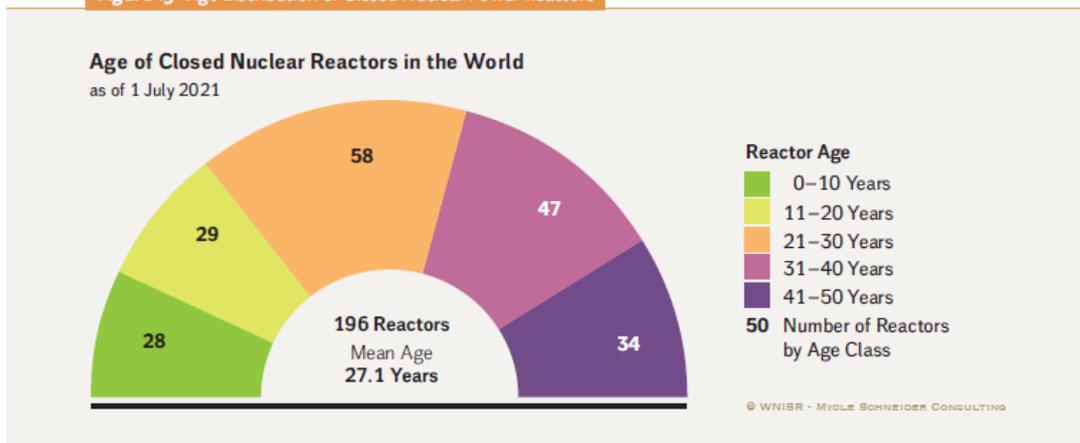
Figure 13 - Age Distribution of Operating Reactors in the World



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2021

Questo dato se incrociato con la vita media storica degli impianti nucleari dismessi (grafico sotto, tratto sempre da **The World Nuclear Industry Status Report 2021**) fotografa una realtà piuttosto inquietante: seppur allungatasi negli anni, per mere ragioni economiche, la vita operativa è stata comunque di 27 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 potenziali incidenti.

Figure 15 - Age Distribution of Closed Nuclear Power Reactors



Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2021

Così ci ritroviamo con gli impianti negli Stati Uniti che nel 2020 avevano superato l'età media di 40 anni o che il parco impianti francesi aveva superato i 35 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.



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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 la vita degli impianti le prospettive non sembrano esaltanti, come si evince anche dal seguente grafico.

Figure 19 - Forty-Year Lifetime Projection versus PLEX Projection



Sources: Various sources, compiled by WNISR, 2021

Taluni affermano che il nucleare consentirebbe all'Italia di migliorare la propria sicurezza energetica e ridurre la propria dipendenza dalle fonti fossili. È 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 una 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 dai fossili elevatissima, in quel caso non tanto per alimentare il sistema elettrico, ma per tutto il resto: si dimentica



FOR NATURE
FOR US

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

spesso che l'elettricità in un paese occidentale rappresenta ben meno di un terzo dell'energia complessivamente consumata, il resto è energia termica, energia per i trasporti, ecc.

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 a Flamanville nel 2007, che sarebbe dovuto terminare in 5 anni, invece di rinvio in rinvio, per problemi che si sono sommati ad altri problemi, sono già arrivati al 2022, e l'impianto ancora non è operativo. Oppure si potrebbe citare l'EPR gemello di Olkiluoto in Finlandia (sempre su progetto francese) che aveva avviato il cantiere nel 2005 e invece di concludere, come previsto, nel 2009, sarebbe entrato in esercizio solo a marzo 2022, ma la piena capacità produttiva è stata rimandata ancora e si è parlato prima di settembre⁵ e poi di dicembre⁶.

Peraltro, se anche oggi in Italia si ripartisse con il nucleare a fissione con attuale costosa e poco sicura tecnologia e, come ipotizza qualche politico, si realizzassero 4 impianti, impiegando i tempi dei più esperti francesi (già citato caso Flamanville), ci metteremmo almeno 15 anni e ci ritroveremmo 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 (DOE), studi di università importanti come la Chicago University o il MIT⁷, stime di agenzie di rating come Moody's (solo per citarne alcune) hanno evidenziato i maggiori costi di questa fonte energetica. Fanno eccezione, per ovvi motivi, le associazioni di categoria che promuovono il nucleare, come nel caso dalla 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 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 l'EPR aveva iniziato i lavori nel 2007 e doveva forse completarli nel 2022 con un ritardo sulla consegna di almeno dieci anni e con prezzi ben più che triplicati passando dai 3,5 miliardi di euro preventivati ai già circa 12,7 miliardi, e secondo alcune fonti la cifra finale potrebbe essere ancora maggiore. Una situazione simile ha riguardato l'impianto analogo costruito a Olkiluoto in Finlandia dove tempi e costi sono lievitati di pari passo.

⁵ [Olkiluoto 3 postpones full energy production again | News | Yle Uutiset](#)

⁶ [Full electricity generation at Olkiluoto 3 delayed yet again | News | Yle Uutiset](#)

⁷ Update of the MIT 2003 Future of Nuclear Power, 2009



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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.

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.

Ed è per le stesse ragioni che negli USA, di fatto, non si costruiscono più reattori nucleari dai primi anni '80, 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 delle fonti più autorevoli (Lazard)⁸, le fonti energetiche rinnovabili 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 i 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 ci mostravano che un MWh da nucleare costava tra 131 e 204 dollari contro i 30-41 del solare PV cristallino in impianti utility scale o i 26-50 dollari dell'eolico. 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 i recenti dati francesi, che sono il paese più fortemente legato al nucleare, non avremmo molto da invidiare loro visti i prezzi che l'energia elettrica ha raggiunto oltralpe: ad esempio il 4 aprile 2022 il prezzo medio è stato scambiato a 551 euro a MWh con punte che hanno sfiorato i 3.000 €/MWh e questo proprio per problemi connessi alla gestione degli impianti nucleari.

⁸ <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-levelized-cost-of-storage-and-levelized-cost-of-hydrogen/>



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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

È falso!

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 Armaroli⁹, 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.

⁹ "Energia per l'astronave Terra". Nicola Armaroli e Vincenzo Balzani, Zanichelli



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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. È 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.



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

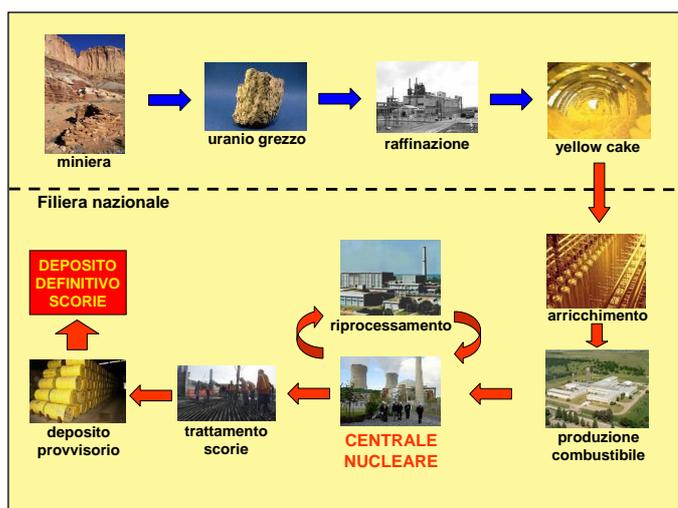
00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it



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 (smantellamento) 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 variegati¹⁰ 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 2007¹¹, 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**¹² dove si evidenzia 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 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.

¹⁰ Benjamin K. Sovacool. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. Energy Policy, 2008

¹¹ "Nuclear power – the Energy balance", Joe Willem Storm van Leeuwen & Philip Smith, October 2007

² 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



FOR NATURE
FOR US

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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 impianto¹³.

Taluni affermano che le centrali nucleari sarebbero sicure e non inquinerebbero. È 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^{14 15 16 17} 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 rapporto¹⁸ teso a comprendere tutte le conseguenze sulla salute 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 Finlandia¹⁹.

³ 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.

¹⁴ Ian Fairlie. Commentary: childhood cancer near nuclear power stations. BioMed Central Ltd. 2009 <http://www.ehjournal.net/content/pdf/1476-069X-8-43.pdf>

¹⁵ 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

¹⁶ 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>

¹⁷ 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

¹⁸ “*The Chernobyl Catastrophe. Consequences on Human Health*”, Greenpeace 2006

¹⁹ “Joint Regulatory Position Statement on the EPR Pressurised Water Reactor” <http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Actualites/2009/Systeme-de-contrôle-commande-du-reacteur-EPR>



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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 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^{20 21}, 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. È vero?

È falso!

Per quanto riguarda gli **SMR (Small Modular Reactor)** le problematiche non sono tanto diverse da quelle degli impianti nucleari tradizionali. Occorre ricordare che da decenni si parla di piccoli reattori modulari considerandoli (dagli operatori del settore e da diversi sostenitori) come una grande promessa per l'espansione dell'energia nucleare su tutti i mercati. Ma finora, malgrado ingenti investimenti, ad esempio di paesi come Stati Uniti, Canada e Regno Unito, i risultati non sono stati molto soddisfacenti.

²⁰ Rosa Luxemburg Stiftung. **Uranium Mining Impact on Health & Environment**. Legal and Human Rights Centre. Dar es Salaam, April 2014

²¹ 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



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

Nel mondo esistono infatti decine di progetti ma ancora non siamo sul piano commerciale e, soprattutto, non risolvono i problemi del nucleare come diversi studi testimoniano²², se non li aggravano addirittura, e del resto tutto questo è anche piuttosto intuibile: avere più impianti di più contenute dimensioni non risolve il problema di produzione delle scorie radioattive perché la quantità complessiva dei rifiuti radioattivi prodotti va rapportata alla capacità di generazione elettrica, ossia per sostituire ad esempio un EPR da 1.600 MW con gli SMR occorrerebbe realizzarne oltre 5.

Questa proliferazione di impianti finisce quindi con aumentare anche i rischi di gestione, non solo perché occorre presidiare (a causa della pericolosità del materiale trattato) un numero nettamente maggiore di impianti, ma anche perché ad esempio si aumenta di n. volte la movimentazione del "combustibile" radioattivo che a questi deve essere trasportato o dei rifiuti (sempre radioattivi) che da questi devono essere allontanati. I costi poi dai primi studi sembrano essere ancora maggiori rispetto agli impianti tradizionali perché è sì vero che un impianto da 300 MW costa molto meno di uno da 1.600 ma il singolo MWh prodotto dal primo finisce con il costare decisamente di più.

Circa la non convenienza del puntare sugli SMR sono stati pubblicati molti lavori interessanti²³ e anche sul difficile stato di avanzamento dei progetti in diversi paesi del mondo i dati parlano chiaro come fotografa una accurata panoramica esposta in **The World Nuclear Industry Status Report 2021**²⁴.

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 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 i costi.

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

Non proprio,

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

²² 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.

²³ 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

²⁴ Mycle Schneider, Antony Froggatt. **The World Nuclear Industry Status Report 2021**



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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 2001²⁵ 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 sperimentali**. Comunque, se i già citati impianti di generazione III+ in Europa hanno impiegato oltre 15 anni, non si vede perché quelli di IV dovrebbero arrivare prima.

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

²⁵ https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9492/members



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it

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.



**FOR NATURE
FOR US**

wwf.it

WWF Italia

Sede Nazionale

Via Po, 25/c

00198 Roma

Tel: 06844971

Fax: 0684497352

Sito: www.wwf.it

e-mail: wwf@wwf.it