

L'ITALIA VUOLE IL NUOVO NUCLEARE DI PACE

La Conversione delle Armi Nucleari in Energia e Sviluppo
Roma, 19 settembre 2022

Il fabbisogno energetico italiano e l'energia nucleare

Prof. Agostino Mathis

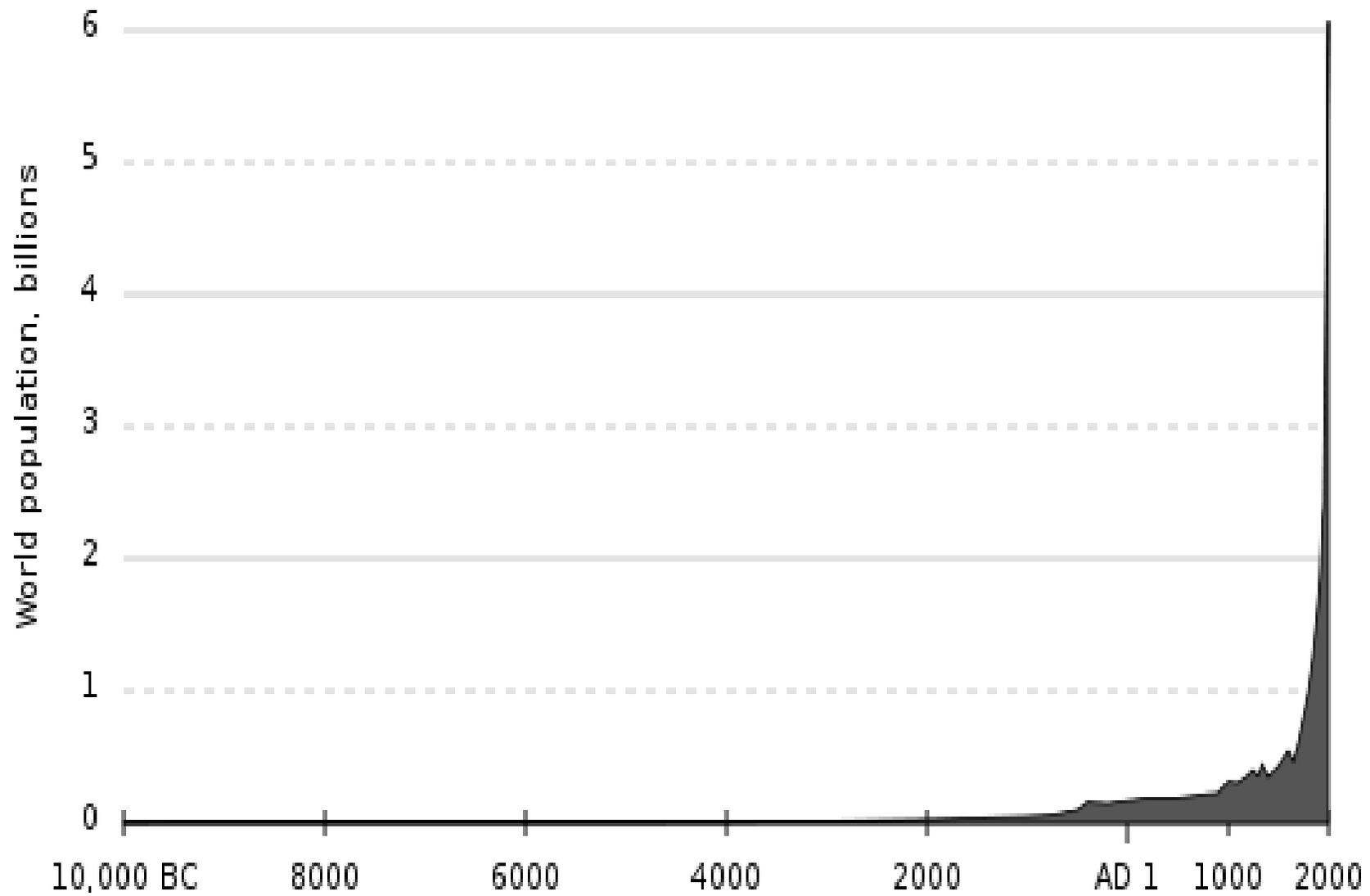
Prof. Agostino Mathis – Via Bertero, 61 – 00156 ROMA (Italy)
Cell. 338-1901198; E-mail: amathisit@yahoo.com

PARTE PRIMA

(Tavole da 2 a 22)

ENERGIA NUCLEARE PER LA SOSTENIBILITA' A LUNGO TERMINE

1. Il Pianeta Terra ed il genere *Homo*
2. Storia e prospettive delle civiltà umane
3. Opzioni energetiche a bassa emissione di carbonio
4. Decarbonizzazione dell'energia elettrica



Da: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Population_curve.svg

La storia della popolazione umana: la rivoluzione industriale

Soltanto **lo sviluppo della scienza moderna** a partire dal XVII secolo in Europa, e la conseguente **rivoluzione tecnologica ed industriale**, hanno permesso l'avvio di una **esplosione demografica** che **in tre soli secoli** ha portato la popolazione mondiale a **otto miliardi di individui** (il tasso di incremento, oggi in riduzione, aveva raggiunto un massimo del **2% all'anno**, cioè un raddoppio in 35 anni!).

Si tratta di un andamento che, per altre specie viventi, **di norma porta ad una catastrofe...**

Da: P. Pellegrini "Meno nascite: futuro a rischio" il nostro tempo – 30 Ottobre 2011.

Esplosione demografica e crisi geopolitiche

I Paesi che generarono e gestirono la rivoluzione scientifica e industriale si sono oggi portati ad un **regime di popolazione stabile** (o decrescente...) **e con alti livelli di vita.**

Ma quella stessa rivoluzione ha esteso a tutto il mondo le **nuove tecniche sanitarie e farmacologiche**, che hanno **ridotto la mortalità infantile e allungato la vita media** anche nei **Paesi pre-industriali.**

Salvo catastrofi, o enormi flussi migratori, le **previsioni dei demografi** sono le seguenti:

Table I.1

Population of the world, SDG regions and selected groups of countries, 2022, 2030 and 2050 according to the medium scenario

<i>Region</i>	<i>Population (in millions)</i>		
	<i>2022</i>	<i>2030</i>	<i>2050</i>
World	7,942	8,512	9,687
Sub-Saharan Africa	1,152	1,401	2,094
Northern Africa and Western Asia	549	617	771
Central and Southern Asia	2,075	2,248	2,575
Eastern and South-Eastern Asia	2,342	2,372	2,317
Latin America and the Caribbean	658	695	749
Australia/New Zealand	31	34	38
Oceania*	14	15	20
Europe and Northern America	1,120	1,129	1,125
Least developed countries	1,112	1,328	1,914
Landlocked developing countries	557	664	947
Small island developing States	74	79	87

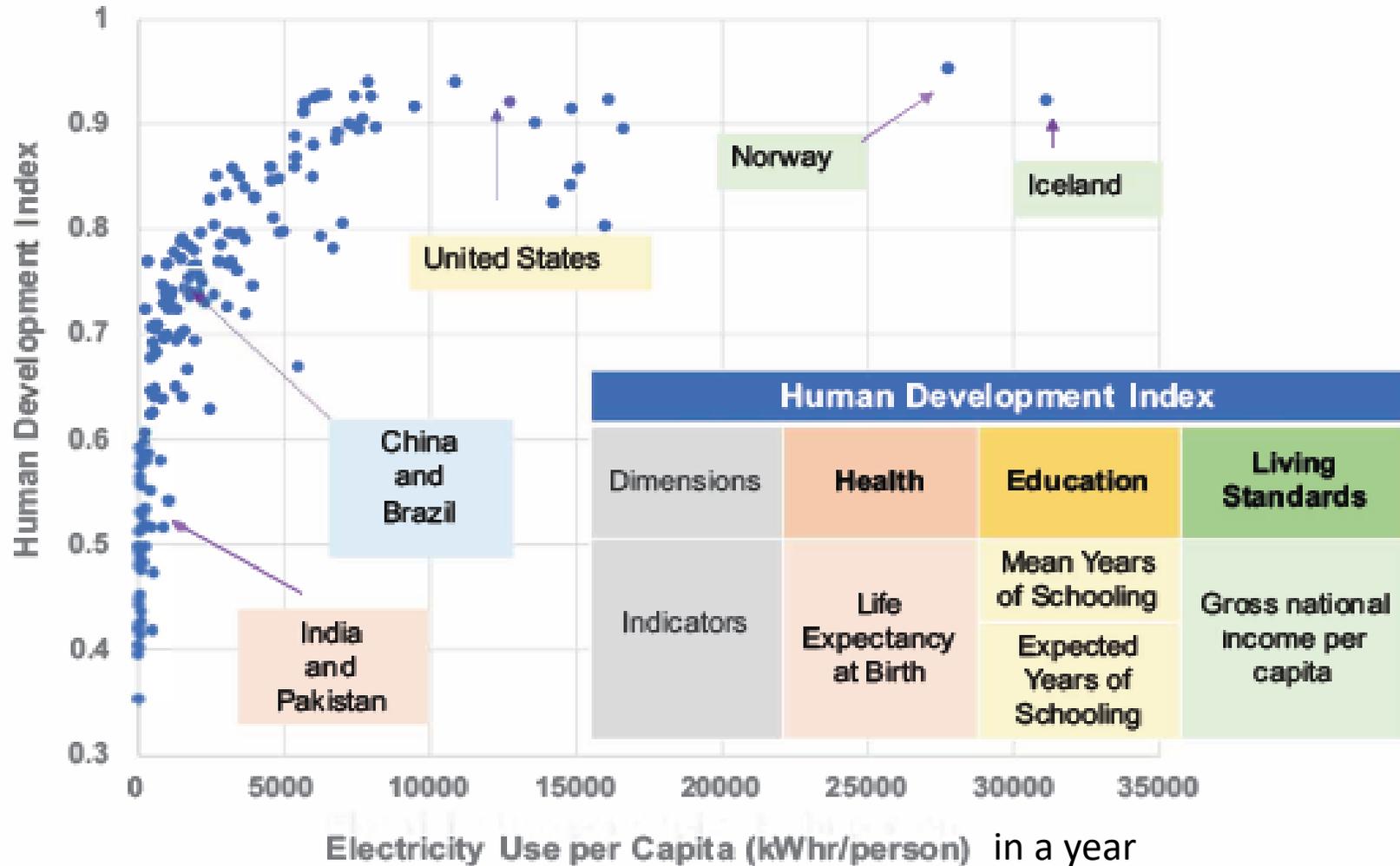
*excluding Australia and New Zealand

La storia della popolazione umana: energia e tenore di vita

Gli squilibri nello sviluppo stanno portando ad **aree fortemente sovrappopolate** rispetto alle risorse ivi generate, e a conseguenti **gravissime crisi politiche e spinte migratorie**.

Così oggi circa **un settimo della popolazione mondiale** ha conseguito un **tenore di vita (e di consumi energetici)** mai visti nella storia, **e superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto al resto dell'umanità**.

Figure 1: Human Development Index versus per capita electricity consumption for different countries



(United Nations Development Programme 2017)

From: <http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2018/09/The-Future-of-Nuclear-Energy-in-a-Carbon-Constrained-World.pdf>

Energia: la transizione in atto

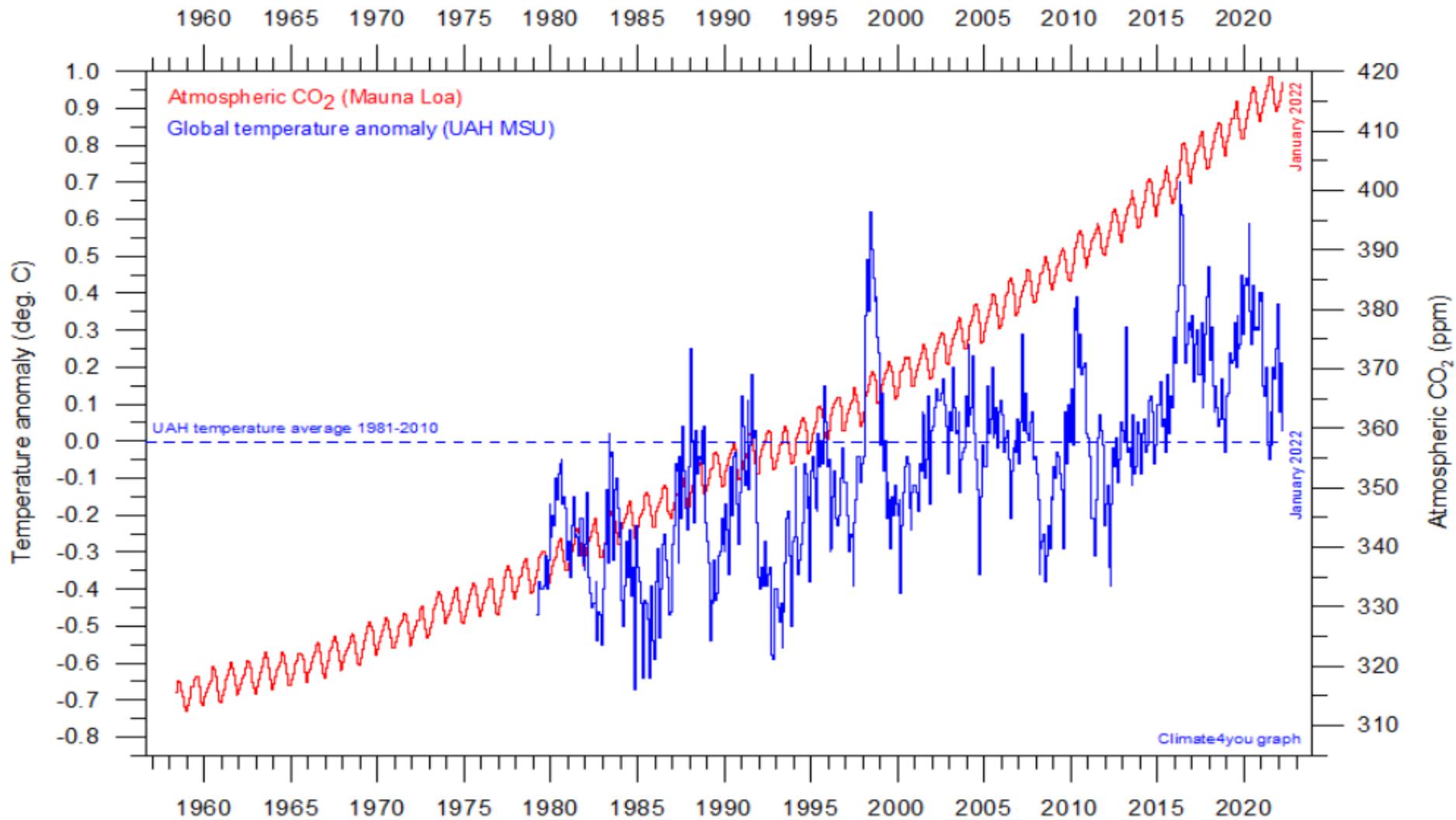
La sfida che ora si pone al Genere Umano è quella di **gestire al meglio la difficile transizione** verso una Umanità di **10-12 miliardi di individui a fine secolo**, a ciascuno dei quali non può essere negato il diritto **ad un tenore di vita, e quindi a consumi energetici, paragonabili a quelli degli attuali Paesi sviluppati** (non necessariamente quelli del cittadino degli USA, ma quelli ad esempio **dell'italiano medio di oggi**).

Anche se qualcuno dei nostri ambientalisti benestanti predica la **«decrescita felice»**, non sembra il caso di andarla ad annunciare, ad esempio, in **Africa**, dove **600 milioni di persone sono senza elettricità, e 900 milioni bruciano arbusti e sterco per cucinare...**

Le conseguenze sugli ecosistemi

Nel corso del **XX secolo** la **popolazione** mondiale è **quadruplicata** e il suo **consumo di energia si è moltiplicata per 16**. In massima parte questa energia proviene dal bruciamento di **combustibili fossili**, con la conseguente **immissione nell'atmosfera di un crescente flusso di anidride carbonica (CO₂)**.

Dall'era pre-industriale al 2022 la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera è **passata da circa 275 a oltre 400 parti per milione (ppm)**.



UAH: University of Alabama in Huntsville; MSU: Microwave Sounding Units (**dati da satellite**).

From: <http://www.climate4you.com/>

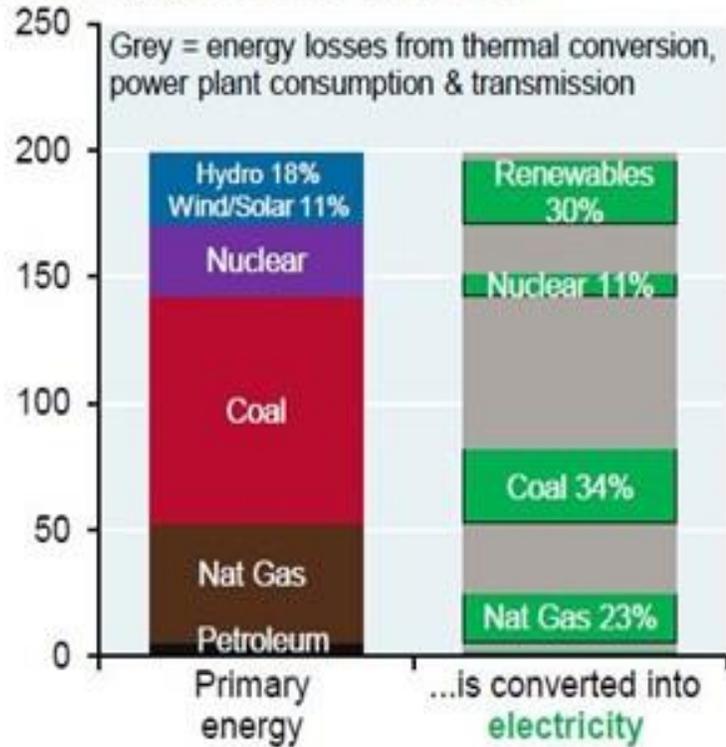
Nota: Andamento della concentrazione di anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera nell'ultimo cinquantennio; la netta ondulazione di periodo annuale è dovuta al ciclo stagionale dell'emisfero Nord, ricco di terre emerse e vegetazione, che assorbe la CO₂.

L'inutilità delle Conferenze sul clima

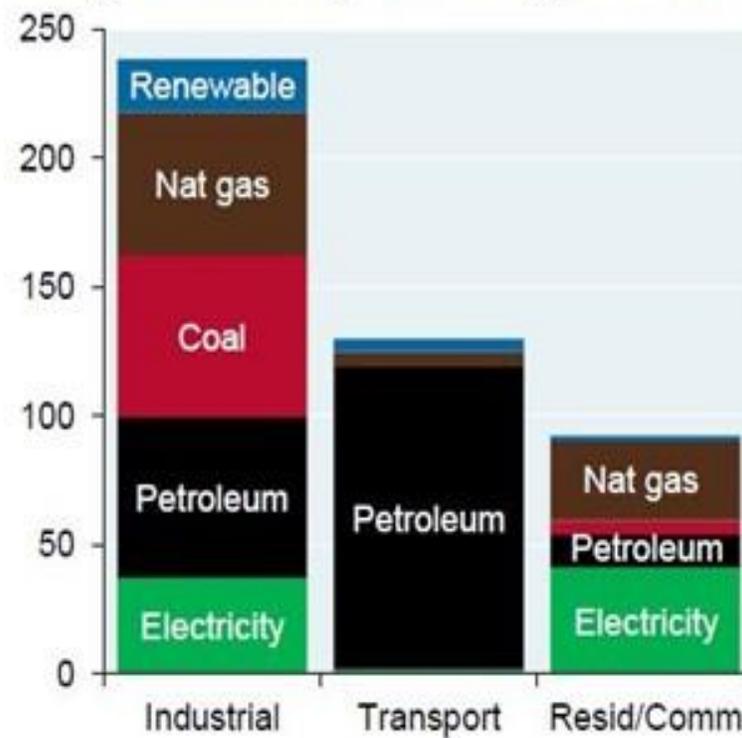
Come afferma Michele Manfroni in un suo articolo sulla rivista ENERGIA (<https://www.rivistaenergia.it/2021/03/il-tecno-ottimismo-e-il-profumo-della-transizione-ecologica/>), di fatto, da quando la questione climatica è entrata nell'agenda politica internazionale col Summit della Terra di Rio (1992), *“we are running into carbon, not away from it”*, come ha affermato il grande storico energetico Vaclav Smil. Ingenti quantità di denaro sono state spese in ricerca e sviluppo di tecnologie *low-carbon* e regolamentazione climatica (*carbon tax* e mercato delle emissioni di carbonio), ma i risultati sono rimasti scarsi, con le fonti fossili passate tra il 1991 e il 2018 dal 91% all'89% del mix energetico globale.

Global electricity generation, and its contribution to total energy consumed by end-users

Electricity generation, quad. BTU



Energy consumed by end-users, quad. BTU



Key Stats

- Electricity is just 17% of global energy consumed by end-users
- Decarbonization via renewables mostly confined to electricity, with some industrial use
- Renewables account for 30% of electricity, and 11% of total energy consumed by end-users
- Fossil fuels used in electricity generation represent 30% of all fossil fuel use
- Industrial sector is by far the greatest consumer of energy

Source: Energy Information Administration, J.P. Morgan Asset Management. 2019. As per BP/EIA convention, primary energy for nuclear power is derived by assuming 38% thermal conversion. For renewables, primary energy conversion only reflects transmission losses.

How Large is a Quadrillion BTU (10¹⁵ BTU)?

It's about equal to the amount of energy in 45 million tons of coal, or 1 trillion cubic feet of natural gas, or 170 million barrels of crude oil. In terms of electricity, **the energy content of 1 quad is equal to about 293 terawatt-hours** or 33 gigawatt-years. However, a typical steam-turbine power plant burning fossil fuels is only able to capture about a third of the energy in the fuel, so 1 quad of fuel actually produces about 11 gigawatt-years of electricity.

E molta energia elettrica si fa sempre col carbone!

Per produrre **energia elettrica**, che da molti viene ritenuta agevolmente “decarbonizzabile”, ed **estensibile fino a coprire una gran parte dei consumi finali**, oggi nel mondo sono operanti **2000 GWe di centrali elettriche alimentate a carbone** (mille volte il nostro più grande impianto a carbone, il Torvaldaliga Nord, a Civitavecchia). Una gran parte di esse è stata costruita **nei grandi paesi in via di sviluppo**, come **Cina e India**, ed ha oggi **una vita media di soli 14 anni**, ed ha quindi **una vita utile di altri 30 o 40 anni**. Il **carbone** quindi produce oggi nel mondo **il 37% dell’energia elettrica**, emettendo ben **10 miliardi di tonnellate di CO₂ all’anno**. Le emissioni fino a fine vita delle sole centrali a carbone oggi esistenti, quindi, **supera già il “budget” ammissibile per non superare i 2 °C** di aumento di temperatura rispetto ai tempi pre-industriali (che, secondo le valutazioni del Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici, lo IPCC, comporterebbero rischi inammissibili per il clima).

I limiti delle «nuove energie rinnovabili»

Dalla figura precedente risulta che le fonti rinnovabili oggi nel mondo forniscono il 29% dell'energia elettrica, di cui il 18% da idroelettrico, e **soltanto l'11% da sole e vento. Sole e vento, quindi, rappresentano oggi l'11% del 17%, cioè meno del 2% dell'energia primaria utilizzata dall'Umanità.**

Ma **negli ultimi vent'anni** i Paesi "politicamente corretti" (tra cui l'Italia) hanno investito **oltre un trilione di dollari** in queste nuove fonti rinnovabili (sole e vento): si tratta evidentemente di una delle peggiori "misallocation" di investimenti nella storia delle civiltà industriali.

In particolare, **non appare realistico puntare prevalentemente su queste fonti per decarbonizzare entro il 2050 tutta l'energia utilizzata dall'Umanità**, riportata nei **tre istogrammi di destra** della figura precedente.

I 4 pilastri delle società moderne:
cemento, acciaio, plastica, ammoniacca

E qui risiede il problema maggiore, quello dei cosiddetti settori *hard-to-abate* ("**difficili da abbattere**", in termini di carbonio). Industria e trasporti su tutti. Attualmente, **non esistono alternative su larga scala per sostituire il petrolio nella mobilità.** E il **potente sviluppo economico** dei Paesi emergenti, sempre con **Cina e India in testa**, spinge in alto la domanda dei "4 pilastri delle società moderne": **cemento, acciaio, plastica, ammoniacca.**

oooOOOooo

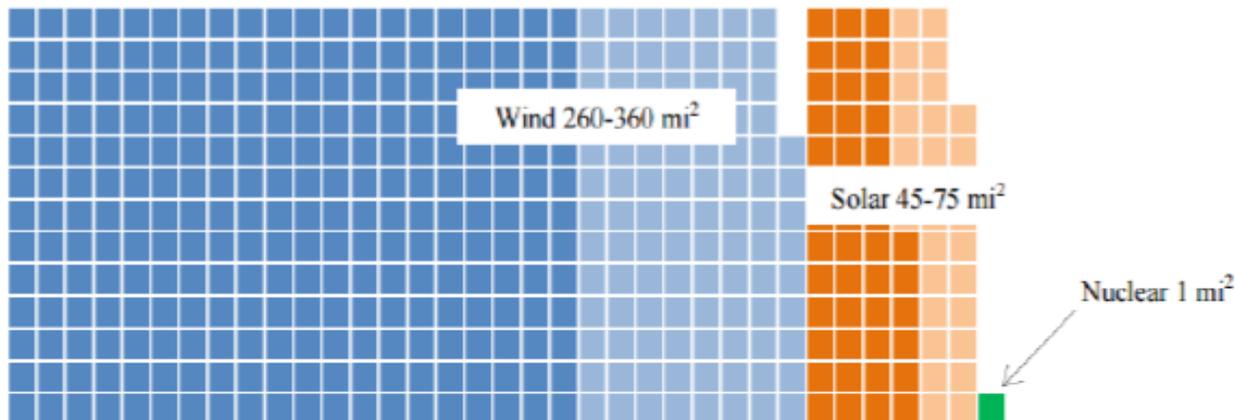
Occorre quindi rivolgersi a fonti «carbon free» in grado di fornire non solo elettricità, ma anche e soprattutto calore, a bassa ed alta temperatura!

Conseguenze operative (1/2)

Se si vuole veramente **trasformare a fondo l'infrastruttura energetica mondiale in pochi decenni**, occorre fare assegnamento su **opzioni tecnologiche comprovate e, soprattutto, sostenibili a lungo termine** per quanto riguarda:

- occupazione del **territorio**,
- consumo di **materie prime e di energia**,
- gestione dei **rifiuti**.

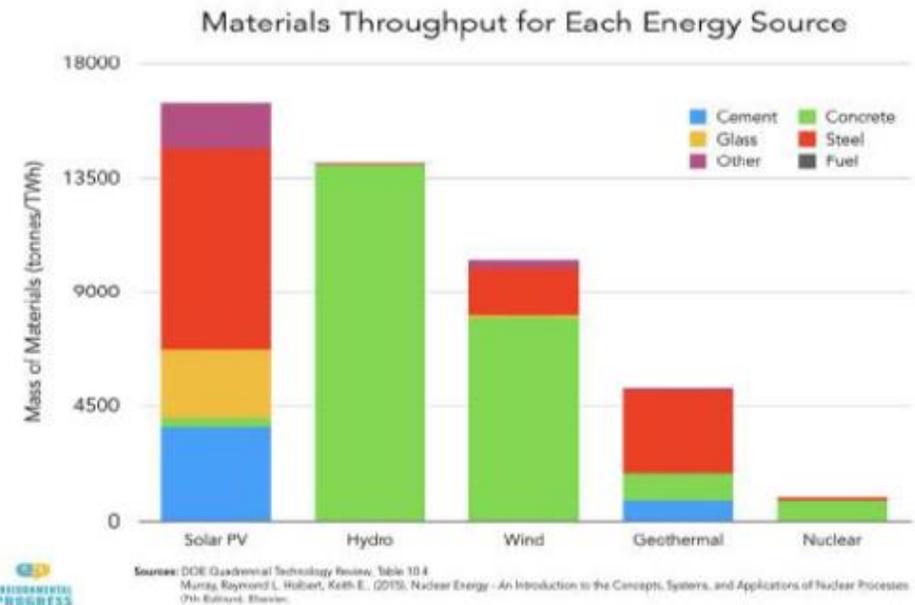
Aree occupate da diverse opzioni energetiche per produrre la stessa energia nell'anno



mi²: square mile.

From: <https://images.angelpub.com/2017/08/42485/battery221.png>

Confronto tra le opzioni energetiche: il fabbisogno globale di materiali per impiantistica e combustibili



From: <https://www.energycentral.com/c/ec/are-we-headed-solar-waste-crisis>

Conseguenze operative (2/2)

Le «**nuove rinnovabili**» (sole, vento, biomasse) soffrono all'origine di **ridottissime densità di potenza** per unità di superficie, e quindi richiedono la «**ingegnerizzazione**» di **vasti territori**, con il consumo di **immense quantità di materie prime** (talune tossiche, «rare» e costose), **superiori anche alla disponibilità sul nostro Pianeta, e spesso controllate al 90% dalla Cina.**

Sole e vento, poi, **producono soltanto energia elettrica e non termica**, sono **intermittenti e non programmabili**, e richiedono **backup costosi e inquinanti.**

Le **Negative Emissions Technologies (NET)**, come la **Carbon Capture and Storage (CCS)**, **non sono comprovate**, e comportano comunque **vaste infrastrutture e danni ambientali.**

Energia nucleare: quali obiettivi a fine secolo?

Why We Need Innovative Nuclear Power

Our future will depend on finding every possible source of reliable, carbon-free energy

By Nathan Myhrvold on November 7, 2018



<https://blogs.scientificamerican.com/observations/why-we-need-innovative-nuclear-power/>

...continua...

...continua...

If I'm right, then humanity's energy challenge is far larger than most people understand. Raising **the global average energy use from 2.4 kW, where it stood in 2017, to the current U.S. level of 9.2 kW per capita** means nearly **quadrupling energy production**. And if all that new energy isn't made with near-zero carbon emissions, the climate will be a wreck.

omissis

The challenge is probably even greater than this. Humanity is now around 7.5 billion people. **The U.N. Population Division forecasts that our species will number 10 to 13 billion by century's end.** Ten billion of us using energy at current U.S. rates works out to a **fivefold increase** (*) in global energy production over what we make today. Ironically, one of the strongest factors in reducing population growth rates is prosperity, which is highly correlated with energy use.

omissis

As you read this, for example, millions of computers are humming along in vast data farms built by **Facebook, Amazon, Google, and Microsoft** just waiting for you or someone else to access them over the internet. A generation ago, nobody would have forecast server centers as major energy users. But today **Google consumes as much energy as all of San Francisco**, and energy consumption by data centers in Virginia is huge and **growing at 18 percent a year**.

(*) dagli attuali 20 TW a circa 100 TW !

“Fissione nucleare” vs. “Combustione chimica”

Fissione nucleare (di un solo nucleo) → **202 MeV**

Combustione chimica: $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 4 \text{ eV}$

Il rapporto tra le energie prodotte è **50 milioni !!!**

In pratica, ciò significa che **la fissione di 1 kg di ^{235}U** produce una quantità di energia paragonabile a quella prodotta **dalla combustione di 3000 tonnellate di carbone**, e con una **densità di potenza** limitata soltanto dalla **capacità ingegneristica di estrarre il calore** dalla struttura moltiplicante:

1 kg di ^{235}U o ^{239}Pu $\leftarrow\equiv\equiv\rightarrow$ 3000 tonnellate di carbone

Energia da fissione: aspetti strategici

Un **impianto da 1000 MWe**, con fattore di carico 80%, produce:

$1000 \times 8760 \times 0,8 = 7.008.000 \text{ MWh/anno} = \mathbf{7,008 \text{ TWh/anno}}$

(**1/50** del consumo annuale dell'Italia).

Se **a carbone**, ne richiede circa **1,5 milioni di tonnellate/anno**, che producono **5,5 milioni di tonnellate/anno di CO₂**, oltre a **polveri sottili e ceneri** (anche **radioattive per Uranio e Torio**).

Se **nucleare**, richiede $1.500.000/3.000 = \mathbf{500 \text{ kg di } ^{235}\text{U/anno}}$, che producono solo quasi altrettanti **prodotti di fissione, radioattivi, ma mantenibili sotto stretto controllo**.

Le quantità di **materie prime nucleari** da acquisire, trasportare ed eventualmente da porre in **riserva strategica**, sono **ordini di grandezza inferiori rispetto alle fonti fossili**.

PARTE SECONDA

(Tavole da 23 a 61)

ENERGIA NUCLEARE PER IL SISTEMA ENERGETICO ITALIANO

1. Italia e energia: un rapporto difficile
2. La «bolla» delle nuove rinnovabili in Italia
3. Solo energie rinnovabili per soddisfare il fabbisogno di energia elettrica? Insostenibile...
4. Decarbonizzazione della produzione di energia elettrica sfruttando l'energia nucleare affiancata dalle fonti rinnovabili
5. E poi abbiamo da alimentare i settori *hard to abate*
6. Per la produzione di massa dell'idrogeno l'opzione più realistica, a medio-lungo termine, appare quella nucleare

Il caso dell'Italia (1/2)

Con grande soddisfazione degli ambientalisti, recenti sondaggi ci dicono che **in Italia il 90% degli intervistati preferisce l'energia solare, circa la metà ammettono anche l'eolica, pochi accetterebbero anche il gas e il carbone, quasi nessuno il nucleare.**

Come noto, da molto tempo **la classe politica italiana non è più in grado di stabilire, e mantenere negli anni, linee di sviluppo basate su elementi oggettivamente sostenibili dal punto di vista tecnico-economico:** essa preferisce adeguarsi alla pubblica opinione del momento, in vista della prossima tornata elettorale o del prossimo **referendum** (che **l'ordinamento costituzionale**, come constatato, permette **anche su temi del tutto specialistici e complessi**).

Il caso dell'Italia (2/2)

Il risultato è stato che, mediante **ben due referendum**, l'Italia si è chiamata **fuori dall'uso dell'energia nucleare, pur essendo stata negli anni 1960 e 1970 all'avanguardia tra i Paesi senza armi nucleari**. Ora è un **Paese** che deve sostenere **tutti gli oneri conseguenti ai vecchi impianti nucleari**, senza averne alcun vantaggio, e **affidarsi per gran parte del suo fabbisogno energetica alle importazioni** (altro che Paese "sovrano"!).

Da quarant'anni, quindi, l'Italia si è ridotta, temo a tempo indeterminato, ad essere **un Paese "declassato"** da tanti punti di vista: **tecnologico, energetico, industriale, economico, demografico**; da quarant'anni si trova in condizioni di **"stagnazione secolare"**, che la rendono particolarmente **fragile di fronte a fattori esogeni** come la **crisi finanziaria degli anni 2008-2011**, la **pandemia**, ed ora la **guerra**.

Italia e energia: un rapporto difficile (1/2)

Anni 1960-1970 – Italia all'avanguardia nella produzione di **energia elettronucleare** tra i Paesi senza armi nucleari.

1987 – Referendum post-Chernobyl dice «no» **al nucleare**: «stranded assets» per **100.000 miliardi di Lire**, a carico non di ENEL o industrie, ma degli utenti elettrici (supplemento termico). **Esplosione del debito pubblico.**

Anni 1990 – Privatizzazione dell'energia elettrica. ENEL diversifica nelle TLC. **Sussidi a rinnovabili e assimilate**, e quindi anche a gas naturale e bunker.

Settembre 2003 - Black-out nazionale, fino a 48 ore al Sud.

2005-2010 – Decreto «sblocca centrali»: decine di nuove **centrali a gas** per **decine di miliardi di Euro.**

Italia e energia: un rapporto difficile (2/2)

2008-2022 – Impatto delle «nuove rinnovabili elettriche», non-programmabili: sussidi, a carico degli utenti elettrici, per **200 miliardi di Euro su vent'anni**. Prezzo del kWh doppio che in Francia. Delocalizzazione o crisi delle industrie energivore (ALCOA, ecc.). **Il PIL scende del 10% e l'industria del 25%.**

2011 – Nuovo referendum, che si svolge poco dopo Fukushima: **nuovo «no» al nucleare, che annulla** il programma per la costruzione di **4 impianti nucleari per un totale di 6000 MWe.**

2015 e anni seguenti – L'Italia importa circa l'80% del suo fabbisogno energetico: dalla **Russia** anche il **50% del gas naturale**, da **Francia e Svizzera fino al 15% dell'energia elettrica** (di origine **nucleare!**).

La «bolla» delle rinnovabili in Italia (1/3)

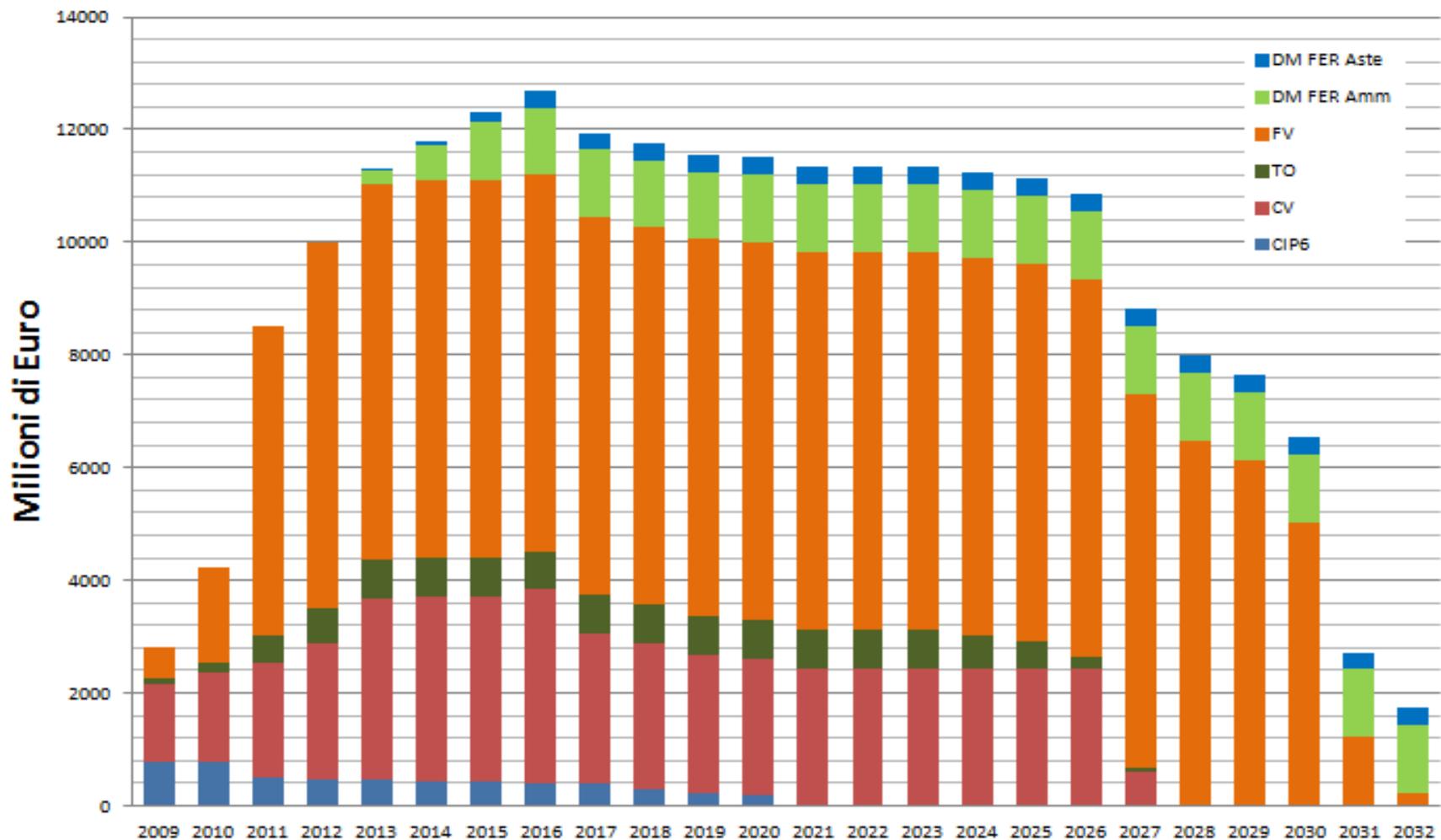
Nel **2019**, i **sussidi alle fonti rinnovabili e gli oneri di rete** hanno raggiunto i **14 miliardi di Euro, a carico degli utenti** (salvo le industrie energivore, privilegiate per non perdere del tutto la competitività verso l'estero).

Ciò significa oltre **200 Euro pro capite** a carico degli Italiani, indipendentemente dal reddito (una **famiglia di quattro** persone, anche povera, paga **un migliaio di Euro all'anno** per le rinnovabili!). **La gente non si lamenta**, come avveniva per l'IMU, perché quest'onere non viene pagato a parte, ma viene **spalmato sulle bollette**.

La «bolla» delle rinnovabili in Italia (2/3)

Questi sussidi, per le sole installazioni finora in essere, resteranno di quell'ordine di grandezza **per altri dieci anni**, e ad essi a breve sarà necessario aggiungere i cosiddetti **“capacity payments”**, dell'ordine di miliardi di Euro all'anno, alle **società elettriche**, convincendole a mantenere in **“riserva calda” almeno 20.000 MWe** di generatori convenzionali (in Italia, a gas) necessari per evitare disastrosi black-out **quando tramonta il sole o cade il vento...**

Costo incentivazione fonti rinnovabili



Elaborazioni Assoelettrica su dati AEEG e GSE

Da: Rinnovabili. Il conto, per ora, è di 200 miliardi nei prossimi 20 anni
 Assoelettrica – <http://www.assoelettrica.it/blog/?p=2214> – 14 febbraio 2013.

La «bolla» delle rinnovabili in Italia (3/3)

In conclusione, la “bolla” delle nuove rinnovabili in Italia appare come **la più grave “misallocation” di risorse nella storia della Repubblica**: con gli oltre **200 miliardi di Euro in vent’anni** si sarebbero potuti **riqualificare su standard antisismici gran parte degli abitati a rischio del Paese**, o portare su **standard da alta velocità tutta la rete ferroviaria del Paese**, oppure, ovviamente, **costruire un parco di una trentina di impianti nucleari con cui decarbonizzare tutta la produzione elettrica**, e buona parte della produzione termica per il **teleriscaldamento degli edifici e per i processi industriali**.

Ma allora che si vuol fare, oggi, in Italia? (1/5)

Dopo qualche cenno alla opzione nucleare, l'attuale **Ministro per la Transizione Ecologica** propone ora uno scenario basato **sull'utilizzo esclusivo di energie rinnovabili** per soddisfare il fabbisogno di **energia elettrica in Italia al 2040 (supposto di circa 380 TWh/anno) (*)**:

<Dovremmo, ad esempio, **umentare di 7 volte la produzione da fotovoltaico** (arrivando a 166 TWh, corrispondenti a circa 19 GW di capacità mediata sull'anno), **di 6 volte la produzione da eolico** (arrivando a 121 TWh, corrispondenti a circa 14 GW di capacità mediata sull'anno) e **di 2 volte quella da bioenergie** (arrivando a 39 TWh), lasciando immutate, rispetto al 2019, la produzione energetica dall'idroelettrico (48 TWh) e dalla geotermia (6 TWh). In Italia infatti esiste un numero limitato di siti idonei all'installazione di impianti idroelettrici e geotermici, anche a causa delle opposizioni da parte della popolazione e dei gruppi ambientalisti.>

(*) Gli inserti in questa e nelle seguenti tavole sono tratti dalla tesi dal titolo «DEFINIZIONE DEI POSSIBILI SCENARI PER IL RAGGIUNGIMENTO IN ITALIA DEGLI OBIETTIVI UE SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI ENTRO IL 2050» di Stefano Parisse, Sapienza – Università di Roma - 2021.

Ma allora che si vuol fare, oggi, in Italia? (2/5)

Si dovrebbero installare, quindi, **nuovi impianti dagli attuali 21 GW ai 147 GW per il fotovoltaico** (GW nominali, con un fattore di capacità del 13%), **dagli attuali 11 GW ai 66 GW per l'eolico** (GW nominali, con un fattore di capacità del 21%) e **dagli attuali 2 GW ai 4 GW per le bioenergie**. Il fattore di capacità dell'eolico è circa la metà di quello valido per molte installazioni del Mare del Nord, dove i venti sono molto più intensi rispetto al Mediterraneo. **Stima dei costi:**

<Supponendo un costo unitario medio di 1500 €/kW per le nuove installazioni, a cui vanno aggiunti i costi per il "revamping" di quelle attuali, molte delle quali nei prossimi anni termineranno la loro "vita utile", si raggiunge un totale di **nuovi investimenti dell'ordine di 300 miliardi di Euro**. Se si considera però che, ad oggi, il PNIEC predilige il **fotovoltaico sulle coperture** rispetto a quello "utility scale" anche nei campi coltivabili, molto meno caro, e se si tiene conto che l'eolico on-shore in Italia è già molto mal visto dalla gente, dalle sovrintendenze ed anche da alcune associazioni ambientaliste, privilegiando **l'eolico off-shore**, che è molto più costoso da costruire e da mantenere, **l'investimento totale potrebbe superare anche i 350 miliardi di Euro.**>

Ma allora che si vuol fare, oggi, in Italia? (3/5)

Stime sull'occupazione del territorio:

<Per quanto riguarda l'**eolico**, l'occupazione del territorio richiede **circa 57 ettari per installare 1 MW di capacità nominale**, con una produzione di $0,37 \text{ W/m}^2$ ($0,37 \text{ MW/km}^2$) mediati sull'anno con un fattore di capacità del 21%.

Per quanto riguarda il **fotovoltaico**, un tipico pannello solare produce circa 200 Wp/m^2 (quando la potenza solare incidente è di 1 kW/m^2) con un rendimento del 20%, ma considerando lo spazio necessario a separare i pannelli per evitare l'auto-ombreggiamento e per consentire la manutenzione, si ottengono circa 105 Wp/m^2 . Pertanto occorrono **circa 10 mila m^2 per installare 1 MW di capacità nominale**, con una produzione di 13 W/m^2 mediati sull'anno con un fattore di capacità del 13%.

Pertanto **occorrerebbero in totale, compresa la superficie occupata dalle installazioni attuali**, circa:

$$(14 \cdot 10^9 \text{ W}) / (0,37 \text{ W/m}^2) = 38.000 \text{ km}^2 \text{ per l'eolico}$$

$$(19 \cdot 10^9 \text{ W}) / (13 \text{ W/m}^2) = 1500 \text{ km}^2 \text{ per il fotovoltaico}$$

cosa che corrisponderebbe a coprire di pale eoliche e pannelli solari più di due volte l'intera superficie del Lazio.>

Ma allora che si vuol fare, oggi, in Italia? (4/5)

Stime sul fabbisogno di materie prime

<**La ridotta densità di potenza** che caratterizza la produzione elettrica da eolico e solare, oltre all'estesa occupazione del territorio, si associa anche ad un **enorme fabbisogno di materie prime e di energia per la fabbricazione delle infrastrutture.**

Per quanto riguarda il fabbisogno di materie prime, le quali dovrebbero essere **ogni anno mobilitate, trattate e smaltite correttamente**, facendo riferimento alla figura di destra di Tavola 7, risulta che:

- Per il **fotovoltaico**, occorrerebbero $166 \text{ TWh/anno} \cdot 15000 \text{ t/TWh} = \mathbf{2,49 \text{ Mt/anno}}$, **essenzialmente calcestruzzo, acciaio, ma anche vetro, elementi tossici e "terre rare"**.
- Per l'**eolico**, occorrerebbero $121 \text{ TWh/anno} \cdot 10000 \text{ t/TWh} = \mathbf{1,21 \text{ Mt/anno}}$, **essenzialmente calcestruzzo e acciaio, ma anche "terre rare"**.

"Terre rare" e metalli come cobalto, litio e platino sono indispensabili per questo tipo di transizione ecologica. Però, per ogni tonnellata di "terre rare" estratte dalla crosta terrestre, si producono 60 mila m³ di rifiuti gassosi contenenti acido cloridrico, assieme a 200 m³ di acidi sversati nelle falde e fino a 1,4 tonnellate di rifiuti radioattivi>

Ma allora che si vuol fare, oggi, in Italia? (5/5)

Stima della capacità di accumuli necessaria

<Solare ed eolico sono fonti rinnovabili fortemente intermittenti e non programmabili: infatti, in particolare per il **solare**, oltre **all'alternanza giorno-notte**, per l'**Italia**, che si trova al 45° parallelo, c'è un **enorme sbilanciamento tra la produzione energetica estiva e quella invernale**. Si richiede allora la coesistenza in rete di **generatori o accumulatori regolabili**, che dovrebbero avere una **potenza paragonabile a quella nominale installata**.

In Italia gli impianti idroelettrici a pompaggio, presenti quasi solo nelle Alpi, sono insufficienti, e non se ne prevedono di nuova costruzione. Si renderebbero allora necessarie **batterie di accumulatori per una capacità di circa 10 TWh**. La realizzazione di una tale capacità di accumulo, ipotizzando l'utilizzo di batterie da 5 kg/kWh dal costo di 100 €/kWh, necessita di un **investimento da 1000 miliardi di Euro**, da ripetere a fine vita delle batterie, quando resteranno 50 milioni di tonnellate di rifiuti problematici da gestire.

Ipotizzando invece di voler utilizzare la capacità di stoccaggio delle **batterie attualmente previste per le future auto elettriche**, considerando batterie da 40 kWh (Nissan LEAF), ne dovrebbero essere **collegate in rete 250 milioni**, con il rischio che, quando si volesse usarle d'inverno, si potrebbe trovarle scariche.>

2021 RAPPORTO ADEGUATEZZA ITALIA



Figura 15 Scenario base 2025, distribuzione zonale LOLE



In questo contesto il sistema elettrico risulta non adeguato con un valore medio di LOLE sopra le 3 h/a

Le aree maggiormente esposte alla mancata copertura del carico sono (Figura 15) la Sardegna e, in minore, il Nord.

RISULTATI PRINCIPALI AL 2025

Le analisi svolte⁴ e descritte nel Rapporto evidenziano come, nonostante l'importante contributo alla adeguatezza del sistema atteso dalla nuova capacità contrattualizzata con le aste del Capacity Market 2022-23, **nello scenario analizzato il sistema elettrico italiano non è adeguato**, ovvero non rispetta il criterio di adeguatezza di un massimo di 3 ore/anno di LOLE. Permangono infatti, soprattutto nel medio termine, alcune problematiche "strutturali", quali:

1. una **forte dipendenza** delle aree Nord-Centro Nord dalla disponibilità **di import alla frontiera**;
2. la **vetustà del parco di generazione convenzionale**, soprattutto in alcune aree del sistema;
3. **inadeguatezza**, in assenza di interventi di sviluppo, nel medio-lungo termine, **della capacità di trasmissione** fra le due isole maggiori e il continente.

Per abilitare il processo di decarbonizzazione del sistema elettrico, specie per il 2025, si renderanno necessari interventi strategici per promuovere l'autorizzazione e la realizzazione di nuova capacità in sostituzione di quella già prevista in dismissione. Più nello specifico **la dismissione delle centrali a carbone potrà completarsi, in condizioni di adeguatezza, solo attraverso la realizzazione di nuova capacità.**

L'approvvigionamento della capacità necessaria a completare il processo di decommissioning del carbone nei tempi previsti ed al contempo raggiungere il target delle 3 h/anno di LOLE, potrà avvenire tramite **nuove aste Capacity Market.**

Ma invece, che si potrebbe fare, oggi, in Italia? (1/8)

Scenario basato sulla decarbonizzazione della produzione di energia elettrica in Italia al 2050 sfruttando l'energia nucleare affiancata dalle fonti rinnovabili.

A seguito della grave crisi energetica degli anni 1970, in molti Paesi vennero avviati **importanti programmi di costruzione di impianti elettronucleari** con una prospettiva pluridecennale in modo da limitare l'uso del petrolio e suoi derivati. Tali programmi, tuttavia, si realizzarono **soltanto nei Paesi dove la "governance" del sistema energetico venne mantenuta stabile e lungimirante anche a fronte dei cambiamenti politici e delle turbolenze dei prezzi dell'energia convenzionale.**

Di particolare interesse sono **i casi di Svezia e Francia**, le quali, per ragioni di indipendenza energetica, decisero di sostituire la produzione di energia elettrica da fonti fossili mediante la **costruzione pianificata e standardizzata di centrali nucleari**, ottenendo, senza inizialmente ricercarla, **la decarbonizzazione completa della produzione elettrica, disponendo anche di un notevole patrimonio idroelettrico.**

Ma invece, che si potrebbe fare, oggi, in Italia? (2/8)

<Ipotizziamo uno scenario in cui in Italia **i consumi elettrici annuali al 2050 (380 TWh)** debbano essere coperti integralmente **dall'energia nucleare e dalle energie rinnovabili (più niente fossili)**.

Potremmo, ad esempio, riuscire a fornire **metà del fabbisogno (190 TWh) mediante le fonti rinnovabili**. Quindi si dovrebbe, ad esempio, riuscire a portare la produzione energetica annuale **da fotovoltaico a 55 TWh** (corrispondenti a circa 6 GW di capacità mediata sull'anno), **da eolico a 50 TWh** (corrispondenti a circa 6 GW di capacità mediata sull'anno) e **da bioenergie a 31 TWh**, lasciando immutate rispetto al 2019 la produzione **da idroelettrico (48 TWh) e dalla geotermia (6 TWh)**.

Si andrebbero ad installare, quindi, nuovi impianti **dagli attuali 21 GW ai 49 GW per il fotovoltaico** (GW nominali, con un fattore di capacità del 13%), **dagli attuali 11 GW ai 27 GW per l'eolico** (GW nominali, con un fattore di capacità del 21%) e **dagli attuali 2 GW ai 4 GW per le bioenergie**. Supponendo un costo unitario medio di 1500 €/kW, **l'investimento totale sarebbe di circa 70 miliardi di Euro.**>

Ma invece, che si potrebbe fare, oggi, in Italia? (3/8)

In sintesi, quindi, sarebbero sufficienti **al 2050** le seguenti **nuove installazioni per fonti rinnovabili**:

- **28 nuovi GW nominali di fotovoltaico**, dagli attuali 21 GW a **49 GW**, che, con un fattore di capacità del **13%**, producono **annualmente 55 TWh**;
- **16 nuovi GW nominali di eolico**, dagli attuali 11 GW a **27 GW**, che, con un fattore di capacità del **21%**, producono **annualmente 50 TWh**;
- **2 nuovi GWe per le bioenergie**, dagli attuali 2 GWe a **4 GWe**, che, con un fattore di capacità del **90%**, producono **annualmente 31 TWh**.

Supponendo un **costo unitario medio di 1500 €/kWe**, l'**investimento totale sarebbe di circa 70 miliardi di Euro**.

Si suppone poi che restino **sostanzialmente immutati** i contributi da **idroelettrico a 48 TWh/anno** e dalla **geotermia a 6 TWh/anno**.

In totale, quindi al 2050, si otterrebbero dalle rinnovabili:

$$55 + 50 + 31 + 48 + 6 = 190 \text{ TWh/anno}$$

Ma invece, che si potrebbe fare, oggi, in Italia? (4/8)

I restanti 190 TWh di energia elettrica dovrebbero essere prodotti mediante impianti nucleari. Mediante la costruzione di **10 reattori nucleari da circa 1,5 GWe ciascuno**, si può coprire un **carico di base equivalente a 120 TWh**, considerando un fattore di capacità al 90%.

Si noti che la quasi totalità degli oltre 50 impianti nucleari oggi in costruzione nel mondo sono reattori di questa potenza, ad acqua in pressione (PWR), di III generazione, e, avendo «vite utili» di 60-80 anni, serviranno tutto il XXI secolo! (v. Tavole seguenti).

Per la produzione dei **rimanenti 70 TWh**, si potrebbero poi distribuire **nei punti cruciali della rete degli "Small Modular Reactors" (SMR)**, in grado di fornire **carico di base e calore di processo**, ma anche di **far fronte alle carenze delle rinnovabili intermittenti.**

Ma invece, che si potrebbe fare, oggi, in Italia? (5/8)

Per quanto riguarda i **10 reattori da 1,5 GWe**, essi potrebbero essere riuniti in **tre centrali**, le quali dovrebbero sorgere in **luoghi strategici**, già **dotati di canali di raffreddamento e di linee elettriche ad alta tensione**, dislocati rispettivamente al **Nord**, al **Centro** e al **Sud** dell'Italia. Ad esempio:

- Al **Nord**, potrebbero essere installati **4 reattori standard da 1,5 GWe**. Si potrebbe in particolare scegliere una posizione strategica del sito al fine di poter alimentare **alcune importanti città della Pianura Padana anche con linee di teleriscaldamento**.
- Al **Centro** potrebbero essere installati **3 reattori standard da 1,5 GWe**. Tali reattori potrebbero permettere la **chiusura della grande centrale a carbone di Torrevaldaliga Nord** (che ha una capacità totale di 1980 MWe installati, e che per ora fornisce un contributo essenziale all'alimentazione elettrica della Capitale).
- Al **Sud** potrebbero essere installati **3 reattori standard da 1,5 GWe**, in modo da permettere la **chiusura della centrale termoelettrica a carbone Federico II** (che ha una capacità totale di 2640 MWe installati), ed in particolare **fornire allo stabilimento Ilva di Taranto energia elettronucleare carbon-free**.

Ma invece, che si potrebbe fare, oggi, in Italia? (6/8)

Per queste **nuove grandi centrali nucleari**, può essere un buon esempio di riferimento la **centrale cinese di Haiyang, nella provincia dello Shandong**, provincia che ha una superficie pari a metà di quella dell'Italia, ma ha una popolazione di ben 100 milioni di abitanti. **La centrale è già funzionante con due AP1000 della Westinghouse, e sarà completata con altre 6 unità CAP1000.** Insieme, **le due unità AP1000** dell'impianto forniscono già, ogni anno, circa 20 TWh di energia elettrica, sufficiente a soddisfare **un terzo della domanda dell'intera provincia**, la quale, come detto, conta **circa 100 milioni di abitanti**.

Le due unità, inoltre, già in funzione da tre anni, ad oggi **forniscono anche il riscaldamento a 30 milioni di m² di abitazioni**.

La centrale completata, con **i suoi otto reattori per un totale di circa 10 GWe**, potrà fornire **ogni anno 80 TWh di energia elettrica e riscaldare 200 milioni di m² di abitazioni (circa 2 milioni di appartamenti)**.



The future of Haiyang, as envisaged by CNNC

From: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx>

China approves construction of six new reactors - 21 April 2022

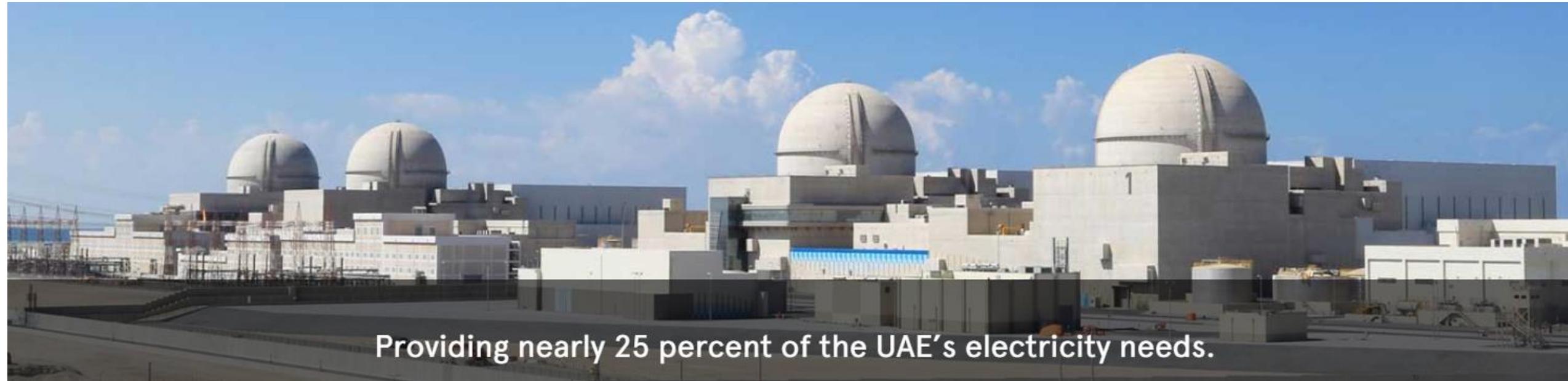
The **Sanmen** and **Haiyang** plants are already **home to two AP1000** units each, and **two CAP1000** units - the Chinese version of the AP1000 - have now been approved for Phase II (units 3 and 4) of each plant.

From: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/China-approves-construction-of-six-new-reactors>

APR-1400

From Wikipedia, the free encyclopedia

The **APR-1400** (for Advanced Power Reactor 1400 [MW](#) electricity) is an advanced [pressurized water nuclear reactor](#) designed by the [Korea Electric Power Corporation](#) (KEPCO).



Providing nearly 25 percent of the UAE's electricity needs.

The Barakah Nuclear Energy Plant is located in the Al Dhafra of the Emirate of Abu Dhabi on the Arabian Gulf, approximately 53 km west-southwest of the city of Ruwais. The Plant's four APR1400 design nuclear reactors will supply up to 25% of the UAE's electricity needs once fully operational.

Construction of the plant commenced in July 2012, following the receipt of the Construction License from the Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR) and a No Objection Certificate from Abu Dhabi's environmental regulator, the Environment Agency – Abu Dhabi (EAD).

Ma invece, che si potrebbe fare, oggi, in Italia? (7/8)

Tra le soluzioni impiantistiche che potrebbero essere prese in considerazione per le tre nuove grandi centrali nucleari, **oltre all'AP1000 della americana Westinghouse, all'EPR della francese EDF, e al sud-coreano APR1400** appena visto, abbiamo:

- Il **reattore cinese Hualong One**, o HPR1000, che è uno dei reattori nucleari più avanzati al mondo. Esso è ad acqua pressurizzata (PWR) di III generazione da 1 GWe sviluppato interamente in Cina. La vita utile prevista per questo impianto è di 60 anni. La quinta unità della centrale nucleare di Fuqing è il primo progetto pilota che utilizza il design Hualong One. **La costruzione dell'unità, iniziata nel 2015, si è conclusa nel 2020 con la connessione in rete dell'impianto.** I reattori vengono costruiti in serie e, ad oggi, sei unità del reattore Hualong One sono in costruzione in Cina e in altre parti del mondo.

- Il **reattore cinese Hualong Two**. La cinese CNNC comincerà a costruire entro il 2024 questo reattore che è la nuova versione dello Hualong One. Esso è progettato per essere **costruito in 4 anni, ad un costo inferiore ai 2000 \$/kW (cioè, meno di 2 miliardi di dollari al GWe).**

Vi è poi il **reattore russo VVER-1200**, anch'esso un PWR di III generazione, che la Rosatom costruisce, oltre che in Russia, in Cina, India, Iran, Turchia, Egitto, ed anche in Ungheria, ma che evidentemente oggi sarebbe una scelta a rischio dopo la grave crisi dell'importazione del gas dalla Russia.

Ma invece, che si potrebbe fare, oggi, in Italia? (8/8)

Analisi e confronto dei costi delle due opzioni

Considerando un costo di **5 miliardi di euro per GWe nucleare** installato, **la costruzione di 24 GWe tra centrali standard ed SMR verrebbe a costare 120 miliardi di Euro** che, sommati all'investimento precedentemente calcolato di **70 miliardi di Euro** per implementare il parco di produzione da **rinnovabili**, porterebbe ad **un investimento totale di 190 miliardi di Euro, nettamente inferiore al costo preventivato per lo scenario di una produzione tutta rinnovabile, che si attestava sui 350 miliardi di Euro, senza contare l'investimento dell'ordine di mille miliardi di Euro per gli accumuli elettrochimici con capacità stagionale.**

E poi abbiamo da alimentare i settori *hard to abate* (1/2)

Come abbiamo visto all'inizio, un **paese industriale** richiede per questi settori una quantità di energia che è **almeno quattro volte il consumo di energia elettrica**. Al **2050**, quindi, se **l'Italia**, come visto, prevede di usare 380 TWh/anno elettrici, potrà richiedere anche **oltre 1000 TWh/anno di energia termica per questi settori**.

L'ideologia ambientalista che, da decenni, condiziona la **Commissione Europea**, la induce a ipotizzare che, al 2050, questa energia termica possa essere fornita mediante il «**vettore**» **idrogeno, ma di tipo «verde», cioè prodotto tramite energie rinnovabili**. Ad oggi, il **governo italiano** propenderebbe per la **produzione per via elettrolitica alimentata da pannelli fotovoltaici**.

Ma per ottenere **1 kg di idrogeno occorrono circa 50 kWh** (il consumo medio di una famiglia in una settimana) e 9 litri d'acqua. Questa via è quindi accettabile soltanto per un costo del kWh estremamente basso.

E poi abbiamo da alimentare i settori *hard to abate* (2/2)

Ma **1 kg di H₂**, bruciando, produce **circa 33 kWh**. Quindi l'Italia avrebbe bisogno **ogni anno** di $1000 \cdot 10^9 / 33 = 30 \cdot 10^9$ kg = **30 milioni di tonnellate di H₂**. Per produrle **per via elettrolitica**, occorrono $30 \cdot 10^9 \times 50 =$ **1500 TWh elettrici**.

Ciò corrisponde a **60 volte l'attuale produzione fotovoltaica italiana**, che si aggira sui 25 TWh/anno, e richiederebbe la copertura di **una superficie dell'ordine di altri 15.000 km²**, oltre a quelli richiesti per la produzione di energia elettrica, già visti in precedenza. Se poi si volesse usare **energia eolica**, che ha una densità di potenza venti volte minore rispetto alla fotovoltaica, occorrerebbero **campi eolici per 300.000 km² (tutta l'Italia coperta di torri eoliche!)**.

Anche per la **produzione di massa dell'idrogeno**, quindi l'opzione più realistica, a medio-lungo termine, appare quella **nucleare**, già decisamente intrapresa dal **Giappone**, e in particolare, in Europa, dall'**Inghilterra** (ora libera dalle pastoie della Commissione Europea).

Achieving Net Zero: The role of Nuclear Energy in Decarbonisation

A Report for the Department for Business,
Energy and Industrial Strategy (BEIS)

Published April 2020

Further information about NIRAB is available at:
www.nirab.org.uk

Any enquiries about this report should be addressed to:
info@niro.org.uk



...continua...

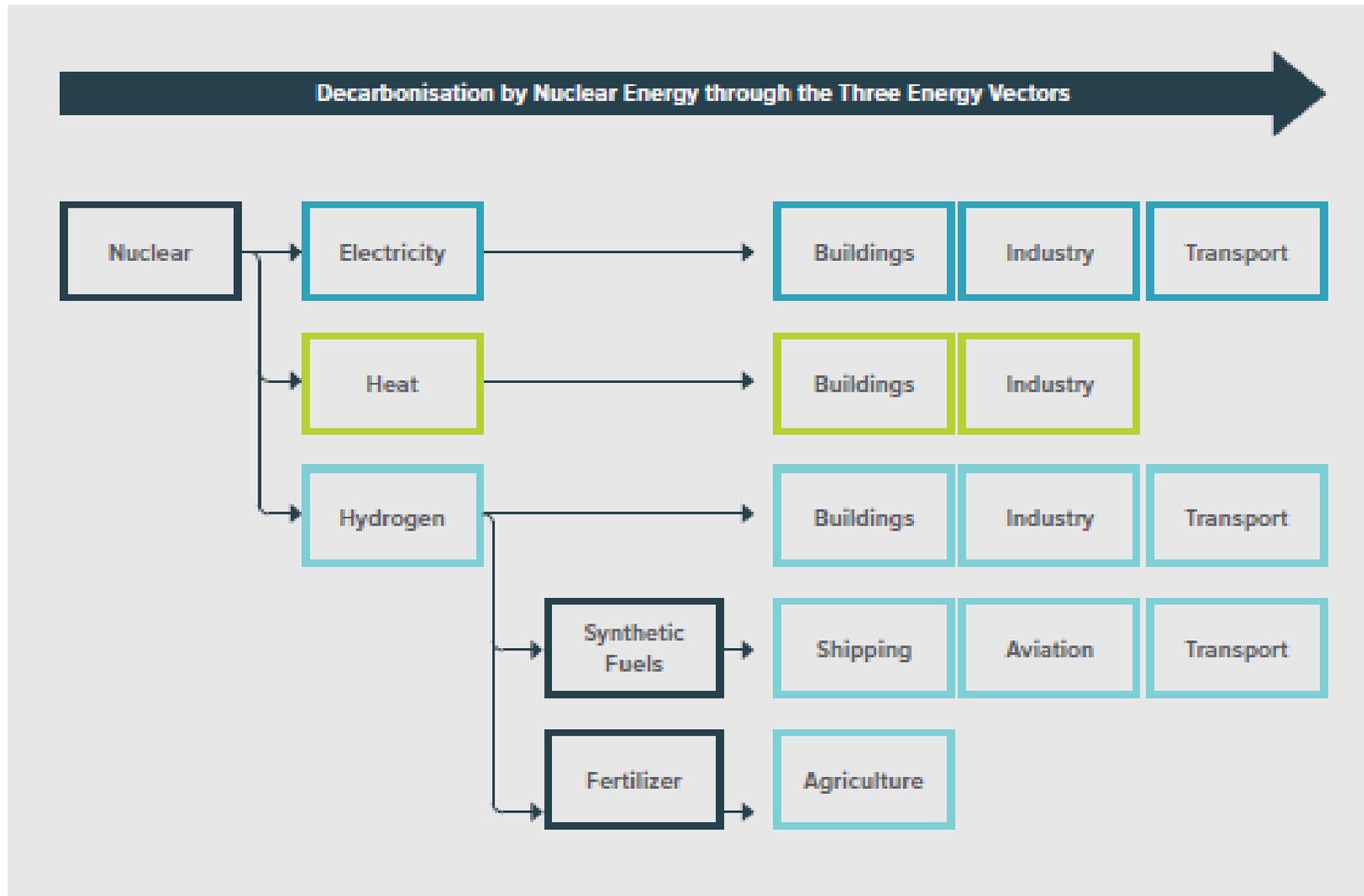
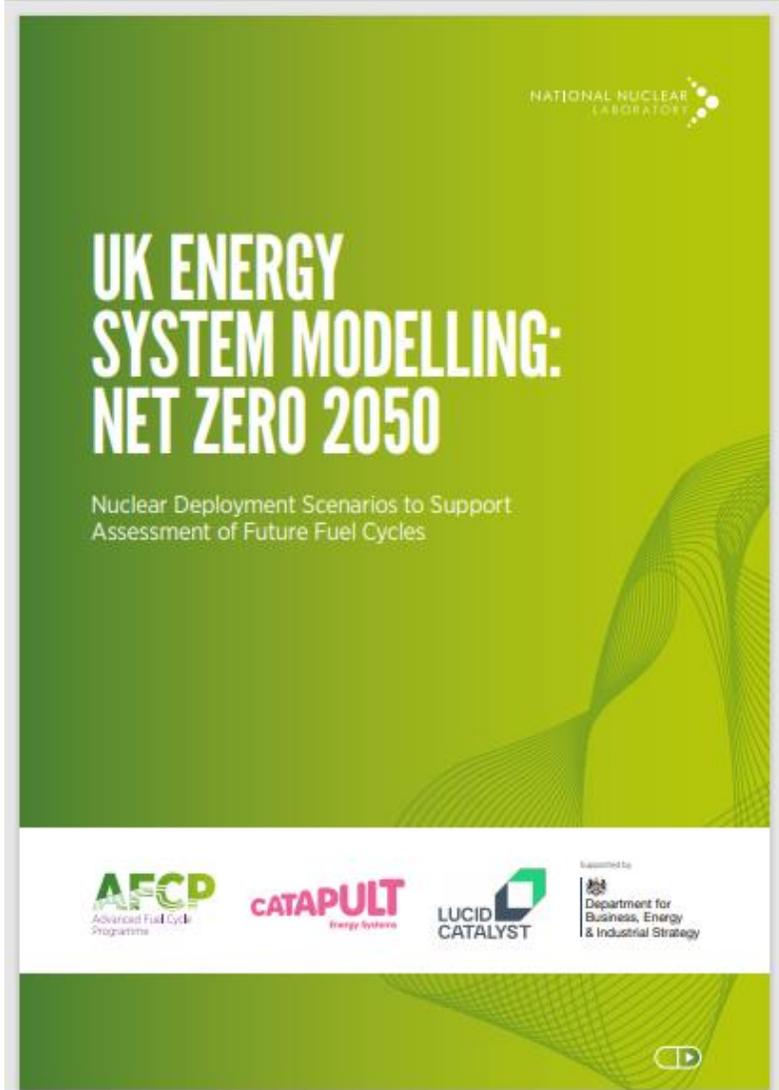


Figure 5 The role of nuclear in the deep decarbonisation of electricity, heat and hydrogen



Nell'ultimo scenario di questo rapporto, in particolare, vi sono due progetti altamente promettenti: una **Gigafactory** volta alla produzione:

- di **idrogeno a basso costo** e a ridotto impatto ambientale e
- di **carburante sintetico liquido** (o synfuel) per applicazioni "drop-in" nel settore dell'**aviazione** senza emissioni nette di carbonio.

L'immagine seguente mostra una **Gigafactory a idrogeno con spazio a sufficienza per 36 reattori**.

Soltanto con progetti di questo tipo appare realistico prevedere **la produzione di milioni di tonnellate di idrogeno «carbon free» all'anno**.

...continua...

...continua...

2. Hydrogen gigafactory

2.1. Overview

The **Hydrogen Gigafactory** would manufacture and operate **nuclear reactors as high-temperature heat sources** to create large quantities of **low-cost, carbon-free hydrogen (H₂)**. The following image shows a Hydrogen Gigafactory with **space for 36 reactors**. The buildings on the left include **the heat source manufacturing facility** (larger building) and **precast facility** (smaller building). At the top in the middle is **the finished bank of 12 reactors** installed below grade with blue hatches, along **with their heat exchanger 'pods'** with green hatches. Preparation and installation are underway in the other two banks in the middle. **Each reactor is 600 MWt and 250 MWe (42% efficiency)**.



Figure A1.1 – Conceptual illustration with modular manufacturing and assembly building at rear, hydrogen gigafactory under construction beneath the yellow cranes, adjacent hydrogen manufacturing plant and liquid synthetic fuel manufacturing plant in the foreground

...continua...

...continua...

3. Liquid synthetic fuel plant

3.1. Overview

Each liquid synthetic fuel plant would use **heat and power from a nuclear reactor to produce hydrogen**, which would then be **combined with carbon to produce 'drop-in' liquid synthetic aviation fuel ('Jet A')**. The carbon could come from various source options. **Biogenic carbon** from biofuels **or the air or sea** would provide **the full potential climate mitigation benefit**, because in this case the carbon extraction would **reduce the carbon concentration in the environment** leading to climate change. Alternatively, the carbon for synthetic fuel production could come **from capture and storage of emissions from fossil fuel use** (such as coal plants), but this would provide only half the climate benefit of using biogenic carbon because the fossil fuel carbon has been brought up from geological deposits.

The earliest potential operation year for the liquid synthetic fuels plant in the UK is 2030, and **the construction period is 4 years**. The maximum potential build rate ramps up **from 5 GWe in 2030 to 10 GWe per year from 2040 onwards**. **The economic and technical life is 60 years**. The technology has a peak contribution factor of 95% and annual availability factor of 92%

I reattori PWR per il «NUCLEARE DI PACE» (1/2)

Il combustibile **ossido misto** (o MOX, acronimo del termine inglese Mixed OXide fuel) è una **miscela di ossido di uranio naturale ed ossido di plutonio ($\text{UO}_2 + \text{PuO}_2$)**. È composto in genere da una miscela di uranio impoverito, il prodotto di scarto dei processi di arricchimento dell'uranio, e di plutonio.

La percentuale di plutonio dentro il combustibile MOX dipende dalle quantità dei vari isotopi del plutonio. Considerando ad esempio la produzione di un combustibile nucleare **per reattori commerciali ad arricchimento pari al 4,5%**, per produrre un combustibile MOX equivalente si deve utilizzare una quantità di **plutonio weapon-grade (cioè contenente almeno il 90% di isotopo 239) pari a circa il 4,5% del totale del combustibile** (quasi tutto il plutonio in questo caso è fissile); utilizzando invece un **plutonio derivante dal riprocessamento del combustibile esausto** di altri reattori, si può arrivare **al 7% in plutonio** del totale del combustibile (per un plutonio col 65% di materiale fissile).

I reattori PWR per il «NUCLEARE DI PACE» (2/2)

Si può produrre **plutonio** partendo **da armi nucleari dismesse in seguito ai trattati START e SORT**. Attualmente esiste **un'abbondante quantità di plutonio** proveniente **dallo smantellamento delle testate nucleari** in base ai molti accordi contratti dagli Stati Uniti e dall'Unione Sovietica.

Il plutonio si può estrarre anche dal **riprocessamento del combustibile nucleare "esaurito" dai reattori convenzionali**. Il plutonio che si genera nei reattori nucleari ad acqua leggera consiste abitualmente in **una miscela di isotopi non adeguata alla fabbricazione di armi nucleari**, ma **può essere impiegato nella miscela MOX**, per **ridurre sia la quantità, sia la radioattività netta dei rifiuti nucleari**, che devono essere immagazzinati per essere "raffreddati" ed in seguito vetrificati e rinchiusi in contenitori inossidabili sigillati, posti all'interno di siti geologicamente stabili.

Analisi del costo dell'energia da fonte nucleare (1/2)

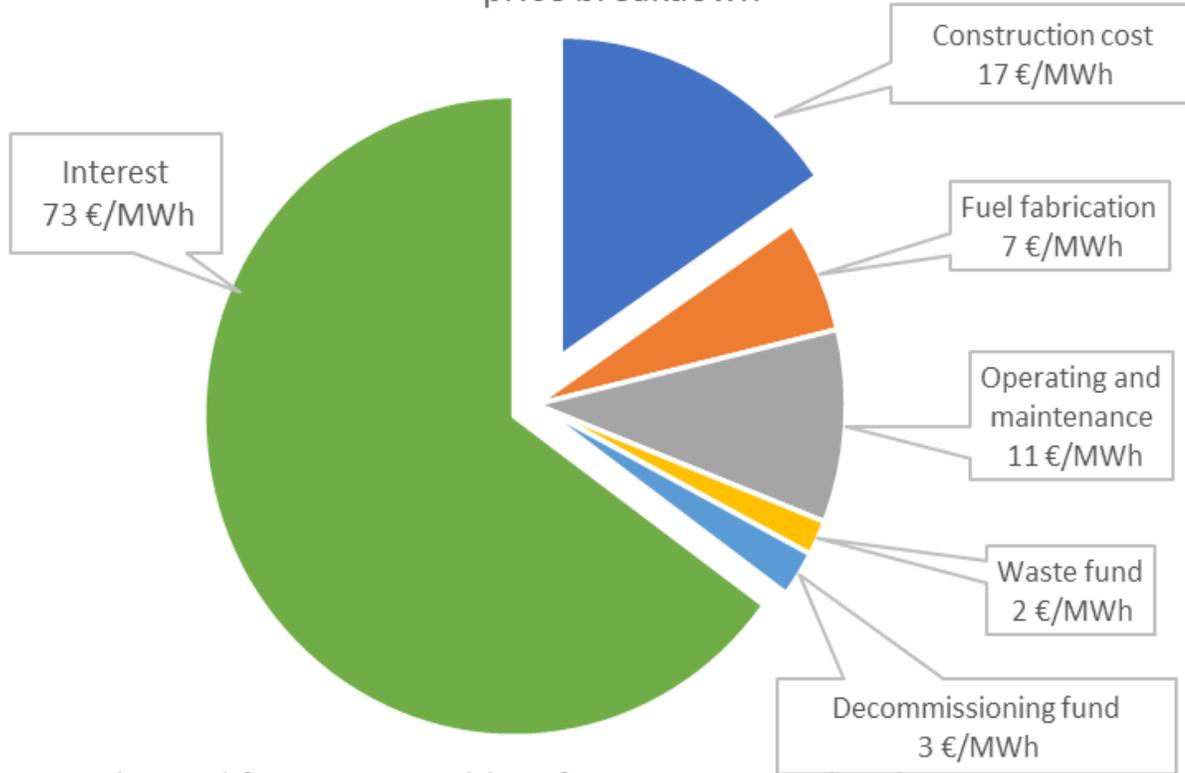
Le proposte sull'adozione dell'energia nucleare spesso vacillano sulla percezione dei costi elevati. Molti detrattori portano come esempio **il progetto della centrale di Hinkley Point C nel Regno Unito**, dove sono in costruzione due reattori nucleari i cui costi sono molto più alti di quanto inizialmente stimato.

Per la centrale di **Hinkley Point C** il governo inglese ha contrattato con EDF un prezzo di vendita del MWh estremamente elevato, **pari a 113 €/MWh** (comunque, ben inferiore ai prezzi di riferimento dell'energia elettrica raggiunti oggi, a fine 2022!).

Ma se si fa un'analisi della ripartizione dei costi, **notiamo che ben il 65% del prezzo è dovuto ai soli tassi di interesse**, e questo perché il **governo inglese** non ha contribuito in alcun modo alla costruzione del reattore ed ha **imposto ad EDF di finanziarsi da sola attraverso prestiti bancari**.

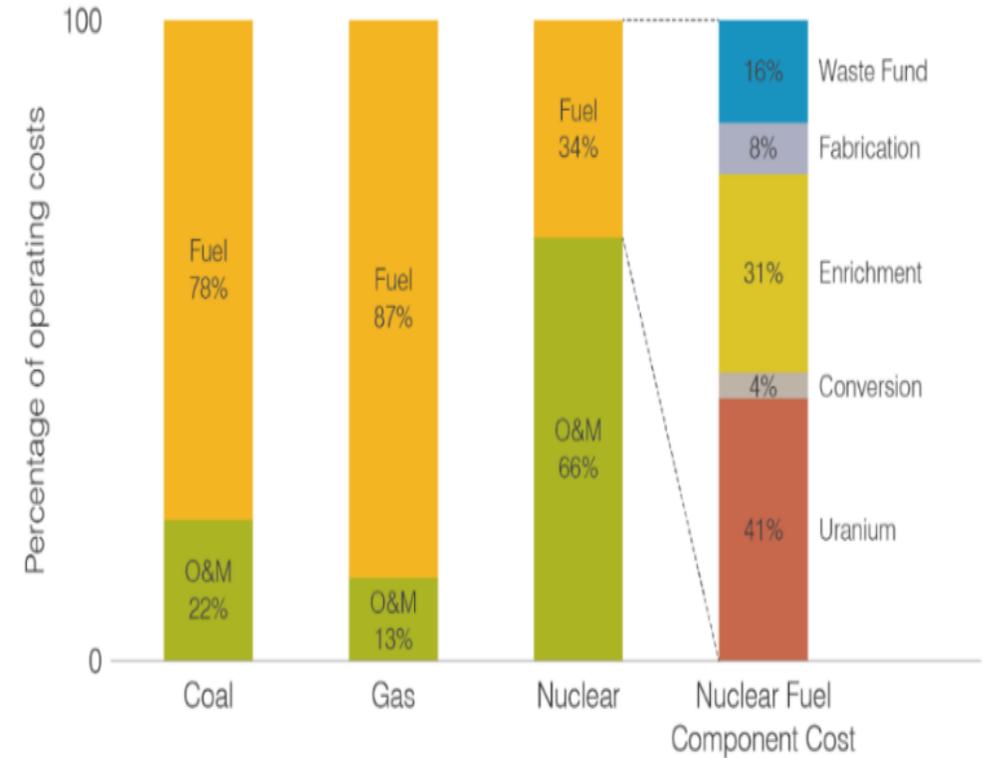
È evidente che il principale fattore di **rischio finanziario** è che l'azienda non venda l'energia una volta che la centrale è stata ultimata, o che addirittura la debba smantellare in anticipo rispetto al previsto. Un'eventualità del genere ha una maggiore probabilità di verificarsi **nei paesi ad alta instabilità politica**, dove la decisione di investire in un programma nucleare potrebbe venire ribaltata alla successiva tornata elettorale, e **questo "rischio regolatorio" è essenzialmente il motivo principale per cui in Europa i tassi di interesse per progetti nucleari sono così alti**.

Hinkley Point C nuclear power plant price breakdown



Price paid per MWh for power generated during first 60 years is assumed equal to the CfD Strike Price (113 €/MWh in 2019 prices).

Breakdown of Operating Costs for Nuclear, Coal and Gas Generation



Source: Nuclear Energy Institute

Analisi del costo dell'energia da fonte nucleare (2/2)

Per **abbattere di oltre il 50% i costi dell'energia nucleare** basterebbe dunque che gli Stati finanziassero la costruzione dei **reattori a tassi di interesse nulli (o molto ridotti, come avviene per gran parte delle opere di pubblica utilità), cosa che peraltro succede già con le energie rinnovabili.**

Rispetto al costo totale contrattato per **Hinkley Point C**, dalla Tavola precedente si evince che i **costi vivi** dell'impianto, dalla costruzione dell'impianto stesso alla fabbricazione del combustibile, all'operazione e manutenzione, e all'accantonamento dei fondi per i le scorie e il decommissioning, costituiscono **solo il 35,4%, tra cui il 6% è costituito dal costo del combustibile**, che include l'estrazione del minerale, la conversione, l'arricchimento e la fabbricazione. In realtà, quindi, **solo il 41% della somma dei costi relativi alla fabbricazione del combustibile (7 €/MWh) e alla gestione delle scorie (2 €/MWh) è attribuibile al prezzo del minerale di per sé, cioè solo il 3% del totale contrattato di 113 €/MWh.** Questo mette al riparo da eventuali fluttuazioni nella domanda e nell'offerta dell'uranio, e da eventuali sbalzi nei mercati finanziari; infatti, anche **se il prezzo dell'uranio dovesse decuplicare, il prezzo dell'energia aumenterebbe solamente del 25%.** Da ciò si evince che il prezzo dell'energia è sostanzialmente anelastico rispetto al prezzo dell'uranio.

Ben diverso è il caso degli impianti a gas naturale, come vediamo oggi, a fine 2021: se il prezzo del gas raddoppia, anche il costo dell'energia sarebbe praticamente il doppio.

E per concludere...

E' ovvio che un programma come quello prima delineato, che preveda **un forte contributo della fonte nucleare oltre che delle rinnovabili**, presupporrebbe **un Paese dove la "governance" del sistema energetico venga mantenuta stabile e lungimirante, anche a fronte dei cambiamenti politici e delle turbolenze dei prezzi dell'energia convenzionale.**

Si può ancora sperare che l'Italia, dopo i gravi errori commessi negli ultimi quarant'anni nel campo dell'energia, sappia riportarsi al livello sopra delineato, che poi era quello degli anni '60 del secolo scorso?