

## Il nucleare dopo Fukushima

di Stefano Barazzetta

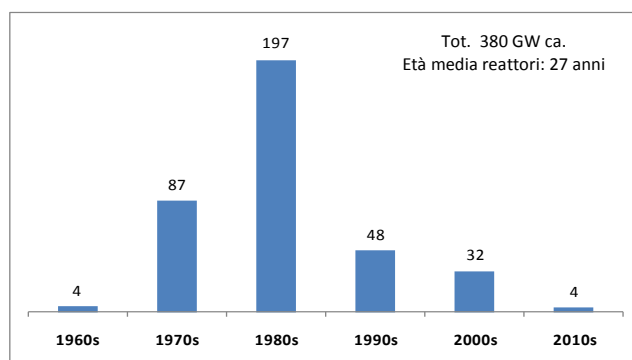
Il recente incidente nucleare a Fukushima, conseguenza dello tsunami che ha colpito il Giappone settentrionale, ha riaperto il dibattito sul ruolo che l'atomo dovrà rivestire nelle politiche energetiche mondiali, ed europee in particolare.

### Il nucleare: situazione attuale e prospettive

Dal punto di vista dell'industria nucleare l'incidente di Fukushima non poteva avvenire in un momento peggiore: dopo due decenni di stallo conseguente al disastro di Černobyl' del 1986, il nucleare stava attraversando una fase di nuovo sviluppo, già definita da molti "Rinascimento Nucleare". Il rinnovato sostegno dei Governi, un'opinione pubblica meno ostile e più attenta ai temi della diversificazione energetica, e le crescenti preoccupazioni in merito ai cambiamenti climatici (il nucleare non emette CO<sub>2</sub>), tutto sembrava favorevole a una ripresa del settore in grande stile. Ora la situazione potrebbe cambiare, almeno in Occidente.

Gli anni '80 sono stati l'epoca d'oro del nucleare: dei circa 380 GW di potenza nucleare attualmente operativa, quasi 200 sono stati installati durante quella decade, mentre solo 84 sono entrati in funzione a partire dal 1990. Di conseguenza, l'età media dei reattori è elevata (27 anni) e si sta rapidamente approssimando a quella di fine vita, ossia 40 anni: si calcola che entro il 2030 dovranno essere chiusi oltre 200 reattori, per una potenza in GW pari a oltre la metà di quella attualmente in funzione.

Figura 1 - Potenza nucleare installata per decade (GW)



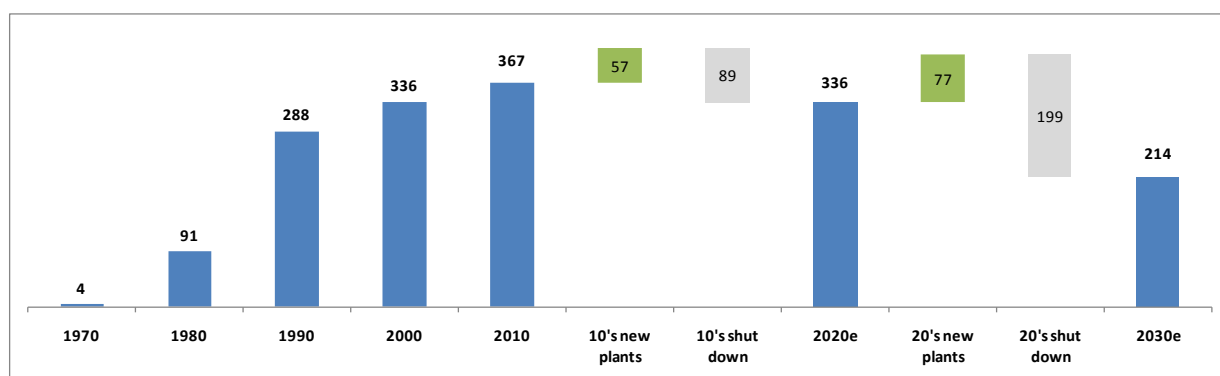
Fonte: elaborazione IG Partners su dati World Nuclear Association

Ma cosa sta succedendo sul fronte delle nuove installazioni? La *World Nuclear Association* ha elaborato una proiezione delle installazioni per i prossimi decenni<sup>1</sup>: secondo l'analisi, la potenza installata al 2030 potrebbe raggiungere tra i 600 e i 1.350 GW, con un aumento drastico rispetto ai 380 GW oggi in funzione. Tuttavia, i dati forniti dalla stessa WNA in relazione a progetti realmente in corso offrono un quadro molto meno ottimistico: nel mondo sono infatti in costruzione reattori per un totale di soli 60 GW e ne sono ufficialmente pianificati altri per una potenza aggiuntiva di circa 80 GW. A guidare il mercato è la Cina (che oggi ha in funzione solo 9 GW) con 25 GW in costruzione e 28 GW già pianificati. Questi numeri appaiono ben lontani dalle proiezioni precedentemente riportate. In alcuni Paesi – tra cui l'Italia – sono stati annunciati nuovi programmi nucleari per un totale di qualche altra decina di GW, ma dopo Fukushima è alto il rischio che almeno una parte di questi GW già programmati o annunciati possa essere rimandata o addirittura cancellata. Si noti anche che, storicamente, la costruzione degli impianti è accompagnata da problemi e ritardi: dei 60 GW oggi in costruzione, quasi 10 GW risultano *under construction* da oltre 20 anni.

Ancora più importante, i dati mostrano che – anche assumendo che tutti i reattori già pianificati vengano effettivamente realizzati – gran parte delle nuove installazioni previste per i prossimi anni sarà destinata semplicemente a “compensare” la chiusura degli impianti più vecchi. Ma questo probabilmente non basterà, e la capacità installata scenderà drasticamente: una dettagliata analisi<sup>2</sup> dei dati ufficiali WNA a opera del *Worldwatch Institute* mostra chiaramente che, sulla base dei programmi nucleari attualmente in essere, i reattori in funzione potrebbero scendere dagli attuali 447 a circa 230 entro il 2025, e a meno di 150 entro il 2030.

Alla luce delle informazioni a disposizione è possibile quindi prevedere che la quantità di elettricità prodotta dall'atomo non solo potrebbe non aumentare, ma addirittura diminuire, come già sta avvenendo: l'elettricità prodotta dal nucleare è in discesa da tre anni consecutivi<sup>3</sup>.

**Figura 2 - Potenza nucleare cumulata 1970-2030e (GW)**



Fonte: elaborazione IG Partners su dati World Nuclear Association<sup>4</sup>

<sup>1</sup> “WNA New Century Outlook”, <http://www.world-nuclear.org/>

<sup>2</sup> “Nuclear Power After Fukushima”, <http://www.worldwatch.org/>

<sup>3</sup> Tra 2006 e 2009 la produzione di energia elettrica da nucleare è scesa del 4% (i dati 2010 non sono ancora disponibili)

## I problemi irrisolti del nucleare

Da sempre il dibattito sul nucleare polarizza, con i sostenitori che garantiscono che si tratti di una fonte sicura, pulita ed economicamente vantaggiosa, e gli oppositori che invece sottolineano i rischi e il problema delle scorie.

Le perplessità maggiori legate all'utilizzo del nucleare riguardano ovviamente la sicurezza. I favorevoli al nucleare ricordano che la centrale di Fukushima fu inaugurata nel 1971 ed è quindi basata su una tecnologia datata, mentre le centrali di nuova generazione saranno molto più sicure ed affidabili. E' ragionevole pensare che questo sia corretto, ma ha un costo: gli incidenti di Three Mile Island (1979) e soprattutto di Černobyl' (1986) hanno reso necessario un drastico aumento dei sistemi di sicurezza delle centrali, che si è tradotto in aumento dei costi di costruzione (che rappresentano la parte preponderante del costo del kWh nucleare, essendo i costi operativi relativamente bassi). Di conseguenza, il nucleare costa più oggi che vent'anni fa; e anche i reattori di Generazione III+ introdotti un decennio fa, e che promettevano un design più semplice e una maggiore sicurezza, hanno visto aumentare il loro costo dai circa 1-2 mil \$/MW previsti agli attuali 5-6 mil \$/MW.

Questo aumento non è ovviamente di secondaria importanza, anche perché di recente (prima di Fukushima) il dibattito si era concentrato sulla competitività economica dell'atomo, anche in contrapposizione alle rinnovabili; il nucleare – si sostiene – è competitivo in un regime di libero mercato, senza bisogno di alcun sostegno pubblico.

La realtà appare diversa. Negli Stati Uniti, dove il nucleare è in mano ai privati, non si costruisce un nuovo reattore da oltre 20 anni, ossia dalla fine del sostegno governativo che segnò la completa privatizzazione del settore, negli anni '70<sup>5</sup>. Furono portati a termine gli impianti in costruzione o già finanziati, che entrarono in funzione negli anni '80, ma da lì in poi il settore si fermò completamente. In assenza del sostegno pubblico, e in particolare delle garanzie governative sui finanziamenti, nessuna società privata fu in grado di costruire una centrale, e non lo è tuttora. Non è un caso che durante l'attuale amministrazione Obama, favorevole a un ritorno dell'atomo, la lobby del nucleare abbia esplicitamente chiesto un incremento<sup>6</sup> del sostegno governativo come condizione per far ripartire il settore. "We can't make the numbers work" ha dichiarato<sup>7</sup> il CEO di Exelon, il più grande operatore di reattori nucleari civili degli Stati Uniti. E anche nel Regno Unito il nuovo programma nucleare è stato attaccato su basi economiche: secondo Citigroup, in assenza di incentivi finanziari diretti gli sviluppatori si troveranno ad affrontare livelli di rischio definiti "inaccettabili"<sup>8</sup>.

---

<sup>4</sup> Si è ipotizzato che tutti gli impianti attualmente in costruzione entrino in funzione entro il 2020, e che tutti quelli classificati come "pianificati" dalla WNA diventino operativi entro il 2030. Per quel che riguarda gli shut-down, si è ipotizzato che gli impianti vengano chiusi dopo 40 anni di attività.

<sup>5</sup> Il settore era già stato messo in crisi dalle decisioni delle amministrazioni Ford e Carter di vietare il *reprocessing* del combustibile nucleare esausto, a causa del timore che il plutonio estratto potesse aumentare i rischi di una proliferazione bellica. Secondo molti analisti la quota di ricavo proveniente dalla vendita del plutonio per utilizzo bellico costituì il sussidio principale al costo del kWh nucleare fino al 1977.

<sup>6</sup> Nel 2005 il Congresso ha autorizzato la ripresa del *loan guarantee program* per impianti nucleari (ad oggi ne è stato concesso uno solo)

<sup>7</sup> "Nuclear 'Renaissance' Is Short on Largess", New York Times, 7 dicembre 2010

<sup>8</sup> "New Nuclear – The Economics Say No", 9 novembre 2009 (<https://www.citigroupgeo.com/pdf/SEU27102.pdf>)

A differenza degli Stati Uniti, in Francia il nucleare gode di varie forme di sostegno ed è saldamente nelle mani dello Stato, che controlla sia Areva, fornitore di tecnologia, che EDF, che solo in Francia gestisce 58 reattori. Ma l'attuale modello francese appare in crisi: i primi due impianti<sup>9</sup> basati sul nuovo reattore EPR - scelto dall'Italia per il proprio programma nucleare, rinviato *sine die* dopo Fukushima - non sono ancora entrati in funzione e scontano notevoli ritardi e pesanti aumenti dei costi, tanto da spingere l'ex presidente di EDF a dichiarare che la credibilità del modello EPR sia stata incrinata, e che prima di aprire nuovi cantieri sarà necessario valutare criticamente quanto accaduto.

Se il tema della competitività economica resta entro certi margini soggetto a differenti tipi di valutazione, appare innegabile che il problema della gestione delle scorie prodotte, attività che rientra nel *decommissioning* degli impianti, sia del tutto irrisolta: ad oggi non esiste al mondo un solo sito di stoccaggio definitivo per le scorie nucleari. Dopo quasi trent'anni di indagini e 9 miliardi di dollari investiti nell'impresa, il 3 marzo 2010 gli Stati Uniti hanno ufficialmente abbandonato il progetto di realizzare un deposito definitivo presso il sito di Yucca Mountain, in Nevada; la decisione di annullare il progetto comporterà un aggravio aggiuntivo di 11 miliardi di dollari: tutti i costi saranno sostenuti dai contribuenti americani<sup>10</sup>. Inoltre, sono ancora estremamente limitati gli esempi reali di smantellamento e messa in sicurezza di grandi impianti, e le stime per il *decommissioning* si attestano nell'intorno di alcune centinaia di milioni di dollari per i costi e di oltre un secolo per i tempi di esecuzione (per ogni singolo impianto).

Elevati (e crescenti) costi di impianto e di *decommissioning*, difficoltà autorizzative e di *financing*, fanno sì che gli operatori delle centrali cerchino di prolungare il più possibile la vita operativa degli impianti: in particolare, più a lungo la centrale resta in funzione, minore è l'impatto del costo del finanziamento, e più elevata diventa la redditività. Questo provoca un pericoloso paradosso: gli impianti diventano più redditizi proprio nel momento in cui raggiungono o superano la fine del loro ciclo di vita, ossia nel momento in cui lasciarli in funzione diventa più rischioso. La centrale di Fukushima avrebbe dovuto essere chiusa a inizio 2011 (a quarant'anni dall'avvio), ma a Febbraio fu concessa un'estensione fino al 2021.

### **Europa senza nucleare?**

Alla luce di quanto appena visto e dell'incidente di Fukushima appare probabile che il nucleare subirà un ridimensionamento, almeno nel breve/medio termine ed almeno in Occidente. Ma quali conseguenze avrebbe un declino dell'atomo da un punto di vista energetico e della lotta alle emissioni di CO<sub>2</sub>?

E' interessante notare che il contributo energetico del nucleare è in realtà minore di quanto probabilmente si creda: la quota di elettricità prodotta dall'atomo ammonta al 14%, ed è in lento ma

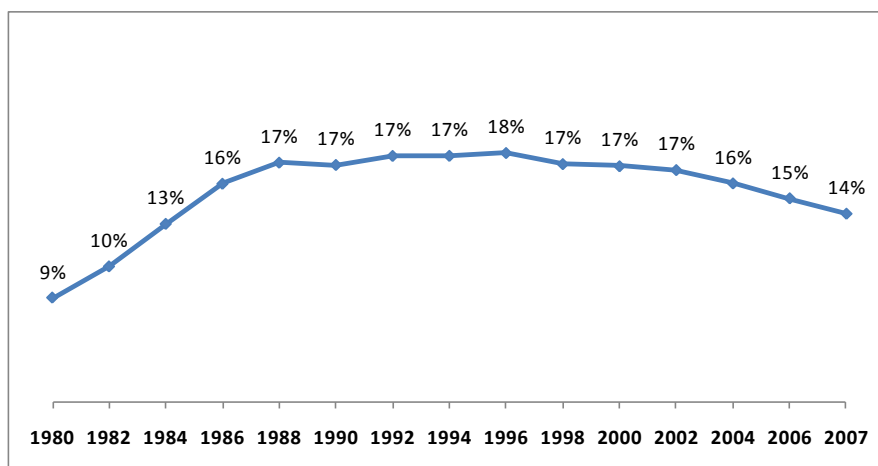
---

<sup>9</sup> Flamanville (Francia) e Oikiluoto (Finlandia)

<sup>10</sup> "The U.S. spent nuclear fuel policy: road to nowhere", 1 maggio 2010, <http://www.powermag.com>

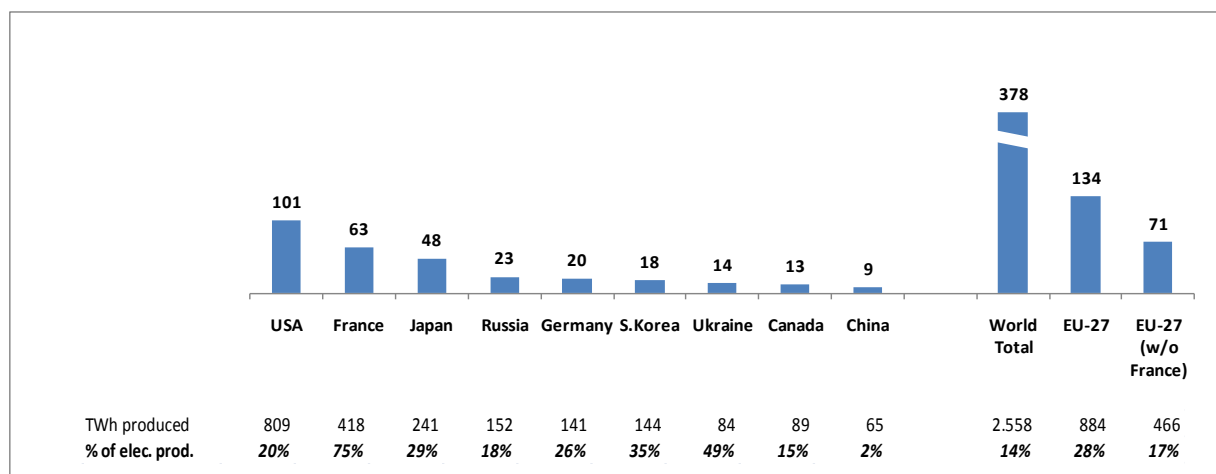
costante calo da 15 anni. Tra i grandi paesi industrializzati solo la Francia si affida quasi interamente all'atomo (con il 75% della produzione elettrica totale), mentre gli Stati Uniti e il Giappone, rispettivamente la prima e la terza potenza nucleare per GW installati, derivano dal nucleare meno del 30% della propria elettricità (20% gli Stati Uniti e 29% il Giappone). L'Europa produce il 28% dell'elettricità dall'atomo: ma la percentuale scende al 17% se si esclude la Francia (che produce circa la metà di tutta l'energia nucleare europea).

**Figura 3 – Quota di elettricità da nucleare a livello mondiale (1980-2007)**



Fonte: elaborazione IG Partners su dati U.S. Energy Information Administration

**Figura 4 - Potenza nucleare installata per paese ed elettricità prodotta – 2009 (GW)**



Fonte: elaborazione IG Partners su dati World Nuclear Association

L'International Energy Agency (IEA) già nelle sue previsioni pre-Fukushima ipotizzava per il nucleare un ruolo tutto sommato secondario, limitandosi a confermare per il 2035 l'attuale quota del 14%: questa previsione avveniva però nel contesto di una produzione globale di elettricità prevista in forte aumento, e di conseguenza si basava su una previsione di crescita per il parco nucleare installato.

Alla luce di quanto successo in Giappone e dello stato di avanzamento dei progetti sul campo appare oggi del tutto improbabile che l'industria nucleare sia in grado di aumentare significativamente la

produzione di elettricità nei prossimi anni: ipotizzando anche che la produzione da nucleare resti costante in valore assoluto (ipotesi che come si è visto in precedenza appare addirittura ottimistica), nel 2035 la quota di elettricità prodotta dall'atomo potrebbe scendere al di sotto del 10%. Il nucleare, *de facto*, rischia di diventare una fonte marginale a livello globale, concentrata in pochi paesi (Cina in primis).

Anche dal punto di vista delle emissioni dei gas serra, una rinuncia al nucleare non appare drammatica. L'*Economist*<sup>11</sup> sostiene che, anche sostituendo l'attuale capacità di generazione da nucleare con fonti fossili, le emissioni prodotte dal settore elettrico salirebbero da 9 a 11 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> l'anno, su un totale globale di 50. Considerando che in uno scenario *business as usual* le emissioni sono previste in crescita fino a 55/60 miliardi da qui al 2020, 2 miliardi di tonnellate aggiuntive di CO<sub>2</sub> appaiono un aumento significativo ma non enorme, anche in uno scenario di stabilizzazione delle emissioni. L'impatto di un eventuale *setback* del nucleare sulla lotta alle emissioni di CO<sub>2</sub> appare quindi meno significativo di quanto in molti ritengano.

Come detto, è ragionevole ritenere che il probabile allontanamento dall'atomo riguarderà principalmente il mondo Occidentale, mentre Cina, India e gli altri paesi che stanno oggi completando la loro transizione verso una società industriale decideranno di non rinunciare, quantomeno non del tutto, a questa fonte di generazione.

Che cosa potrebbe quindi accadere in Europa e negli Stati Uniti?

La brutta notizia è che, almeno nel breve termine, si può supporre che il nucleare verrà sostituito da fonti fossili, presumibilmente carbone o gas naturale, con conseguenze negative in termini di inquinamento e riduzione dei gas serra. Questo non è però scontato, e tantomeno inevitabile: vediamo perché.

Va chiarito che rinunciare completamente al nucleare presenterebbe una sfida soprattutto per quel che riguarda la capacità del sistema elettrico di soddisfare la domanda *baseload* (ossia la domanda minima di elettricità, che deve essere sempre soddisfatta nell'arco delle 24 ore, tutto l'anno), che viene tipicamente garantita da centrali a carbone, a gas in alcuni casi o – appunto – da impianti nucleari. Viceversa, le rinnovabili si prestano molto bene a coprire la domanda di picco.

Tra le rinnovabili, le fonti in grado di fornire elettricità *baseload* sono l'idroelettrico, il geotermico e le biomasse, oltre al solare termodinamico (CSP) con *storage*, ossia con la capacità di immagazzinare l'energia e rilasciarla quando richiesta; inoltre, in molti ritengono che anche un'ampia base di eolico *off-shore* geograficamente diversificata disponga delle caratteristiche necessarie per garantire una fornitura di tipo *baseload*.

---

<sup>11</sup> "When the steam clears", 24 marzo 2011

Da una prospettiva europea la sfida appare particolarmente complessa, poiché nel Vecchio Continente l'idroelettrico è già sfruttato al massimo (o quasi) e il potenziale del geotermico appare limitato, mentre le biomasse scontano grossi problemi di produzione e approvvigionamento della materia prima.

Tuttavia, molti analisti ritengono che non esistano reali ostacoli tecnici né che siano richiesti *breakthrough* tecnologici perché l'Europa possa rinunciare al nucleare senza compromettere la stabilità e l'affidabilità del proprio sistema elettrico, contemporaneamente completando la transizione verso un sistema energetico *low-carbon*. Il recente studio *Roadmap 2050*<sup>12</sup>, realizzato da European Climate Foundation (ECF) in collaborazione con McKinsey e con le maggiori utility europee, afferma che sarebbe già oggi possibile realizzare un sistema energetico largamente basato sulle rinnovabili. Cardini di un tale piano sono lo sviluppo e una maggiore integrazione del *grid* elettrico europeo, una maggiore apertura dei mercati energetici e – ovviamente – massicci investimenti in capacità di generazione elettrica da fonti rinnovabili. L'ostacolo maggiore – il soddisfacimento della domanda *baseload* – può essere superato tramite l'utilizzo di *asset* di generazione di elettricità da fonti intermittenti (principalmente eolico e solare) localizzati in tutto il continente, collegati ad un *grid* efficiente ed interconnesso e dotati di un appropriato livello di *backup*.

Ma quali sarebbero i costi di una tale transizione? Lo studio stima che nel caso peggiore l'impatto aggiuntivo per famiglia ammonterebbe a circa 6 €/settimana, mentre utilizzando ipotesi più pessimistiche per quel che riguarda l'andamento dei prezzi dei combustibili fossili la transizione potrebbe addirittura comportare un risparmio netto.

Altre analisi danno segnali simili: uno studio<sup>13</sup> molto noto realizzato dall'Università di Stanford conclude che non esistono vincoli tecnologici alla realizzazione di un sistema energetico *low-carbon* che faccia contemporaneamente a meno del nucleare.

## Conclusioni

Nonostante i proclami più o meno roboanti, anche prima di Fukushima il nucleare non appariva destinato a ritagliarsi all'interno del sistema energetico un ruolo più rilevante di quanto non abbia oggi. Sembra quindi probabile che dopo l'incidente giapponese lo sviluppo dell'atomo subirà un brusco arresto, con l'importante eccezione di Cina e India.

Che cosa succederà, quindi?

Lo scenario che va delineandosi sembra avere due chiari vincitori: le fonti fossili (carbone e gas) e le rinnovabili. Come detto, l'*International Energy Agency* nelle sue proiezioni di fine 2010 ipotizzava che, in un mondo sempre più affamato di energia, il nucleare mantenesse l'attuale quota sulla produzione di elettricità a livello mondiale, ossia il 14%. Alla luce di Fukushima, appare oggi ragionevole stimare che anche nella migliore delle ipotesi la produzione da nucleare non crescerà, mentre la domanda di

---

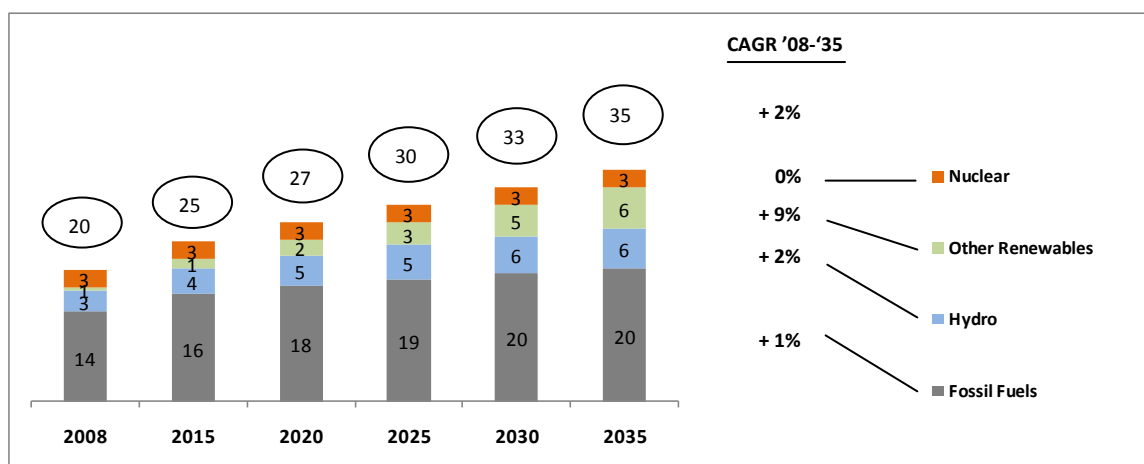
<sup>12</sup> <http://www.roadmap2050.eu/>

<sup>13</sup> "A path to sustainable energy by 2030", di Mark Jacobson e Mark Delucchi (Stanford University, 2009)

elettricità aumenterà considerevolmente, salendo del 75% tra 2008 e 2035. Questo significa che entro una ventina d'anni la quota coperta da nucleare scenderà al di sotto del 10%.

Di conseguenza, mentre la produzione da nucleare rimarrà costante, è possibile stimare<sup>14</sup> che le rinnovabili (escluso l'idroelettrico) cresceranno di quasi il 10% l'anno fino al 2035, decuplicando l'elettricità da loro prodotta.

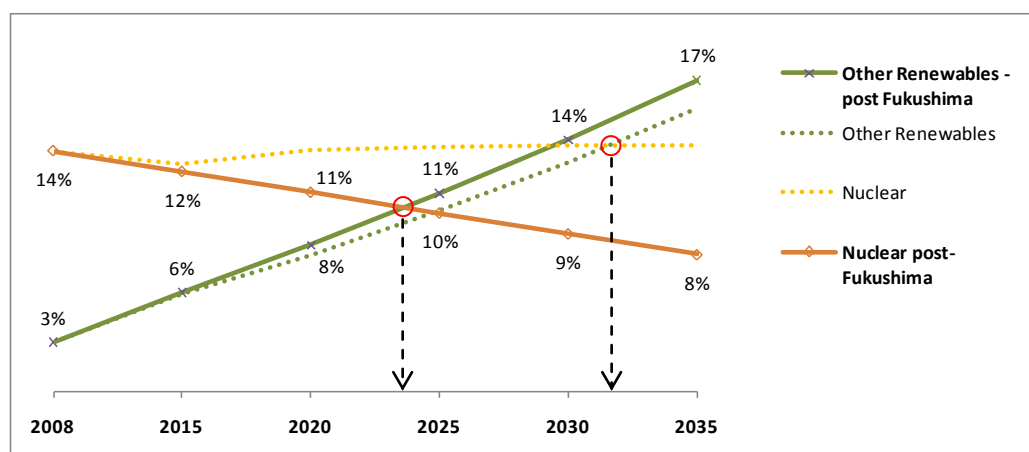
Figura 5 - Produzione mondiale di elettricità - ip. post-Fukushima ('000 TWh)



Fonte: elaborazione IG Partners su dati International Energy Agency

Ancora più interessante è confrontare rinnovabili (diverse dall'idro) e nucleare. Anche prima di Fukushima, l'IEA (storicamente molto conservativa sullo sviluppo delle rinnovabili) prevedeva che il contributo di eolico, solare, biomasse e geotermico avrebbe superato quello del nucleare nel medio termine: l'incidente in Giappone avrà il probabile effetto di anticipare la data in cui questo avverrà.

Figura 6 - Quota di elettricità prodotta da rinnovabili e nucleare (2008-2035)



Fonte: elaborazione IG Partners su dati International Energy Agency

<sup>14</sup> Basandosi sul "New Policy Scenario" della International Energy Agency, si è ipotizzato che la produzione (ma non la quota) da nucleare rimanga costante da qui al 2035, e che il gap di elettricità venga colmato per il 50% dalle fonti fossili, per il 25% dall'idroelettrico e per il 25% dalle altre rinnovabili.



Il nucleare dopo Fukushima non appare in realtà molto diverso dal nucleare pre-Fukushima: il suo contributo energetico resterà limitato, e tenderà probabilmente a ridursi, confermando una tendenza già in atto.

Le fonti fossili continueranno invece a rivestire un ruolo fondamentale nella generazione di elettricità: questa non è certo una buona notizia per chi è preoccupato per i cambiamenti climatici, nonostante il probabile parziale *shift* dal carbone al gas naturale.

Le rinnovabili, eolico *in primis*, proseguiranno nella loro crescita, che non potrà che essere favorita da un ripensamento sul nucleare. Dipenderà principalmente dai Governi e dalle imprese, più che da *breakthrough* tecnologici, se questa crescita sarà moderata, come suggerisce l'IEA, o se invece si riuscirà davvero a compiere passi significativi verso un sistema elettrico il cui asse portante siano le energie rinnovabili.

Milano, aprile 2011

Per inviare commenti: [stefano@iqpartners.it](mailto:stefano@iqpartners.it)