



# Nucleare e rinnovabili: mix integrato a livello europeo per garantire autosufficienza ed emissioni zero

Passati tre anni dal grave incidente di Fukushima lo scenario mondiale del nucleare è tornato in fermento. Molti programmi sono regolarmente proseguiti, nuovi progetti rimessi in cantiere. Gli autori pensano che sia arrivato il momento di riparlare senza pregiudizi anche in Europa. Soprattutto se si scopre che nucleare e rinnovabili potrebbero proficuamente integrarsi, come mostra una ricerca del Massachusetts Institute of Technology, e portare a una drastica riduzione delle emissioni, o addirittura delle concentrazioni, di carbonio nell'atmosfera. Ecco perché l'opzione nucleare appare ancora a molti esperti una premessa indispensabile per una seria e realistica strategia energetica a lungo termine a livello nazionale e continentale

DOI: 10.12910/EAI2014-56

■ Mauro Cappelli, Agostino Mathis

## L'opzione nucleare dopo Fukushima

A tre anni dall'incidente di Fukushima che ha drammaticamente riproposto il tema della sicurezza nucleare come cardine imprescindibile delle scelte energetiche di ogni Paese, è forse venuto finalmente il momento di tornare a parlare di nucleare in modo più pacificato.

L'analisi delle conseguenze radiologiche dell'incidente è sicuramente oggi più rassicurante di quanto inizialmente paventato, malgrado

i dati non siano ancora definitivi e gli effetti dovranno essere valutati *in progress*. Rispetto all'incidente di Chernobyl del 1986, con cui condivide la classificazione INES di livello 7 (il più grave), l'evento catastrofico giapponese ha fatto registrare un rilascio in atmosfera circa dieci volte inferiore, in gran parte finito in mare. La dose cui è stata esposta la popolazione è risultata massima intorno all'impianto di Fukushima, superiore al fondo naturale giapponese ma comunque inferiore rispetto al fondo naturale presente in altri luoghi abitati del pianeta (anche in Italia). Fuori dall'area più vicina alla centrale, l'esposizione è non lontana dal fondo naturale, con processi di decontaminazione già in fase avanzata.

Non si può tuttavia non notare come

l'impatto dell'incidente sia stato invece esiziale per le politiche energetiche di molti Paesi. Oltre all'Italia, diversi sono stati i Paesi che hanno reagito all'incidente mettendo in moratoria i rispettivi programmi nucleari. Almeno così fino a oggi. In realtà, a parte il caso italiano e alcune eccezioni come la Germania o la Svizzera, che richiederebbero però approfondimenti di politica interna, il resto del mondo, ripresosi dallo shock, ha rimesso in cantiere nuove centrali o continua a lavorare per la estensione della vita utile dei vecchi impianti.

Si può dunque parlare di fine dell'effetto Fukushima, come hanno titolato molti organi di informazione nell'anniversario dell'evento? Secondo le stime della World Nuclear Association sono attualmente oltre

■ **Mauro Cappelli**  
ENEA, Unità Tecnica Tecnologie e Impianti per la Fissione e la Gestione del Materiale Nucleare

■ **Agostino Mathis**  
Consulente del Ministero Istruzione, Università e Ricerca



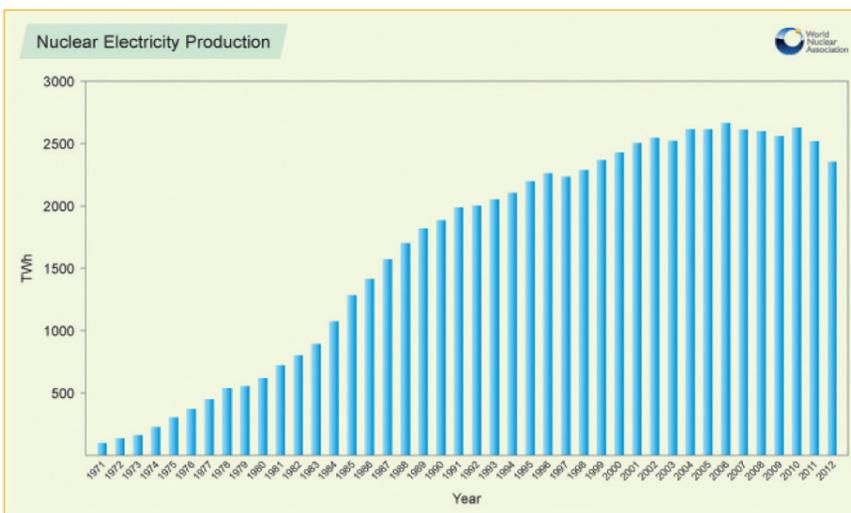
430 i reattori commerciali in funzione nel mondo, distribuiti in 30 Paesi, con una capacità complessiva superiore a 370 gigawatt elettrici (GWe). La Figura 1 mostra l'evoluzione della produzione di energia elettrica di origine nucleare: il calo degli ultimi anni è dovuto essenzialmente alla fermata dei reattori giapponesi e di diversi reattori tedeschi, a seguito dell'incidente di Fukushima. Circa 70 i nuovi reattori in costruzione, più di 170 quelli in fase finale di *licensing* e pronti nei prossimi dieci anni, ed oltre 300 quelli proposti. Senza contare i circa 240 reattori di ricerca operanti in 56 Paesi e i 180 reattori nucleari che alimentano navi e sottomarini. Un parco di tutto rispetto, che fornisce più dell'11% dell'energia elettrica mondiale, in grado di coprire il carico di base in modo continuo e affidabile e senza emissioni di CO<sub>2</sub>. (Figural)

Il Rinascimento nucleare, magari troppo retoricamente annunciato all'inizio di questo millennio, sembra dunque aver sostanzialmente tenuto. *Business as usual*, potrebbe annotare l'osservatore disincantato. In realtà, è l'effetto della fame energetica che si sta espandendo in territori finora rimasti ad un livello pre-industriale. Lo dimostra il dato secondo cui la maggior parte dei reattori in costruzione proviene dai cosiddetti Paesi emergenti: i BRICS (Brasile, Russia, India, Cina, Sudafrica) e le nuovi tigri asiatiche come la Corea del Sud o l'intraprendente Vietnam. Nuovi Paesi energivori, affamati di quell'energia elettrica che sola può far compiere il salto di qualità da un'economia sottosviluppata all'industrializzazione su ampia scala, e quindi a un accettabile livello di vita per tutta la popolazione. Ecco, è proprio qui il punto. Da un lato, l'Occidente che s'inter-

roga sulla sostenibilità del proprio modello di sviluppo, dall'altro il resto del mondo che rivendica il diritto alla stessa crescita di cui hanno usufruito fino a ieri i Paesi già sviluppati per raggiungere livelli di vita comparabili con quelli dei Paesi più ricchi. Dal confronto fra le scelte di tenore ideale dei primi e quelle improntate a uno stringente realismo dei secondi sarebbero dovute nascere le politiche globali in tema di ambiente, energia e sviluppo che hanno avuto il loro palcoscenico mediatico a Rio e poi a Kyoto per poi rifluire verso posizioni più vaporose a Copenhagen, fin quasi a scomparire dall'agenda politica internazionale con i *meeting* successivi.

### Scelte energetiche e cambiamenti climatici

I Governi hanno concordato alla Conferenza della United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), tenutasi a Cancun (Mexico) nel 2010, che l'incremento medio della temperatura globale, rispetto ai livelli pre-industriali, debba essere mantenuto al disotto dei 2° C, per evitare possibili gravi destabilizzazioni del clima. Esiste un ampio consenso internazionale intorno all'ipotesi che la stabilizzazione della concentrazione atmosferica dei gas-serra e degli aerosol al disotto delle 450 ppm di anidride carbonica equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) sia coerente con una probabilità del 50% di conseguire il predetto limite dei 2° C (*Scenario 450*). Tuttavia, le emissioni di gas-serra continuano ad aumenta-



**FIGURA 1** Evoluzione della produzione di energia nucleare dal 1971 al 2012  
Fonte: World Nuclear Association 2014 (TWh: terawattora)

re rapidamente. A dicembre 2013 il livello nell'atmosfera della sola CO<sub>2</sub> ha raggiunto 396,81 ppm, con un incremento di 2,53 ppm rispetto all'anno precedente (dati NOAA). La temperatura media globale è già aumentata di circa 0,8 °C rispetto ai livelli pre-industriali, e, senza interventi addizionali, sono prevedibili ulteriori incrementi da 2,8° C a 4,5° C già entro questo secolo.

Se si volessero portare i 10 miliardi di abitanti della Terra (tanti sono previsti al 2050) a un livello di vita anche solo pari alla metà di quello dell'attuale miliardo più benestante, occorrerebbe probabilmente almeno raddoppiare l'attuale disponibilità di energia. Diviene allora indispensabile una realistica e accurata valutazione di quale potrebbe essere a medio-lungo termine un mix di fonti energetiche che permetta all'umanità di disporre di abbondante energia evitando l'emissione di gas-serra, in particolare la famigerata CO<sub>2</sub>.

Il settore dell'energia è la principale sorgente di gas-serra, circa due terzi del totale: 57% dai combustibili fossili più 9% da biomasse e rifiuti). L'effetto-serra conseguente è dovuto per il 76,7% alla CO<sub>2</sub> e per circa il 14,3% al metano (CH<sub>4</sub>), trattato in termini del suo CO<sub>2</sub>-eq. Il consumo totale di energia continua ad aumentare, guidato dai combustibili fossili che forniscono oltre l'80% del totale dell'energia consumata, una quota che va crescendo dalla metà degli anni 90, a causa dello sviluppo dei grandi Paesi di nuova industrializzazione, che utilizzano largamente il carbone.

La International Energy Agency

(IEA), in un recente rapporto [1], ha preso atto del grave ritardo con cui si avviano le azioni di mitigazione raccomandate dai climatologi, in particolare quelle necessarie per lo scenario che intende limitare i gas-serra a 450 parti per milione di CO<sub>2</sub>-eq (*Scenario 450*). Nel rapporto viene così individuato "un programma di emergenza" (*Scenario 4-for-2° C*), basato su quattro tipi di interventi, da attuare su iniziativa dei singoli Paesi prima del 2020, data prevista per l'entrata in vigore di un nuovo accordo internazionale sul clima.

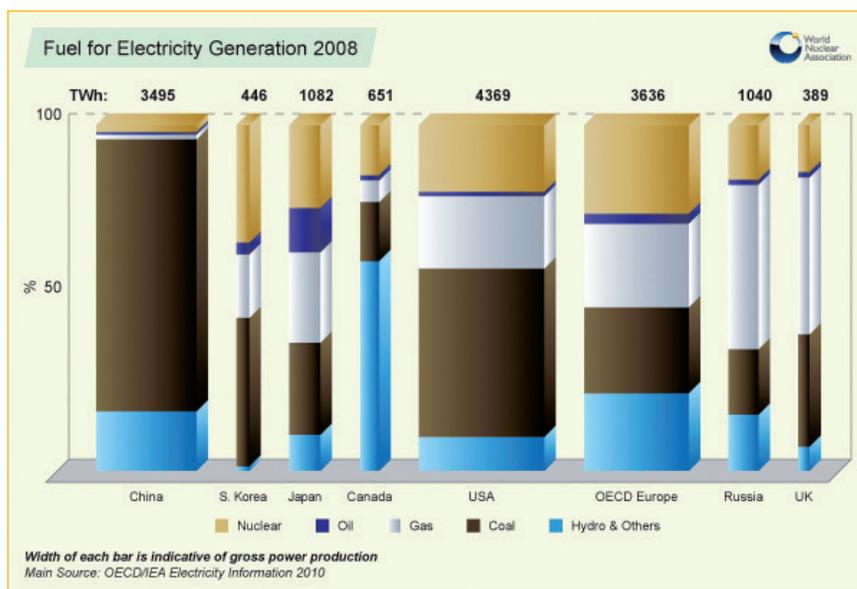
Si tratta, tuttavia, di interventi tutt'altro che facili da attuare, soprattutto da parte dei Paesi ancora in via di sviluppo. D'altra parte, conseguire l'obiettivo dei 2° C in assenza di tali interventi, anche se tecnicamente fattibile, richiederebbe in un futuro non lontano una ampia adozione di costosissime tecnologie capaci di "emissioni negative" di CO<sub>2</sub>, cioè in grado di estrarre dall'atmosfera più CO<sub>2</sub> di quante ne immettano. Per la fine del secolo, infatti, le emissioni nette di CO<sub>2</sub> del sistema energetico dovrebbero ridursi di ben sei volte, passando dagli attuali oltre 30 miliardi di tonnellate all'anno (30 Gt/anno) a non più di 5 Gt/anno.

Qual è la risposta dell'Europa? Puntare sulle energie rinnovabili per sostituire i combustibili fossili non può essere una risposta sufficiente. Anzitutto, è bene ricordare che le nuove rinnovabili (eolica, solare fotovoltaica) contribuiscono essenzialmente all'energia elettrica, cioè un terzo dell'intero fabbisogno energetico (che per il resto si distribuisce tra trasporti, riscal-

damento e termico industriale). Malgrado gli sforzi più ottimistici, l'apporto che le rinnovabili possono offrire – da sole – è quindi molto ridotto e assolutamente non sufficiente a coprire lo zoccolo duro del fabbisogno energetico nazionale (per l'energia elettrica, il cosiddetto carico di base). Vediamo meglio perché.

In termini di energia primaria, la richiesta di potenza mondiale è di circa 15 TW (15 terawatt corrispondono per fare un esempio alla potenza elettrica prodotta da 15.000 centrali di grandi dimensioni). Di questi, circa l'80% deriva da combustibili fossili come carbone, petrolio e gas naturale. Il nucleare fornisce circa il 6%, mentre l'idroelettrico soltanto il 2%. Un ulteriore 10% circa viene fornito dalle biomasse, in gran parte utilizzate nei Paesi arretrati (legna ecc.), senza tecnologie di abbattimento dei fumi, con effetti spesso dannosi per la salute e per l'ambiente.

E le cosiddette "nuove rinnovabili" (eolica, solare fotovoltaica)? Si aggirano sul punto percentuale, ovvero rappresentano una quota irrilevante dal punto di vista della programmazione energetica. Né è pensabile un loro *exploit* significativo, a causa dei loro intrinseci limiti, a oggi ineludibili: necessità di grandi spazi di installazione, impiego di componenti costosi, difficoltà di accumulo dell'energia prodotta in caso di bisogno differito. Soprattutto, esse possono produrre solo energia elettrica, peraltro in modo intermittente e non programmabile, e quindi praticamente non potranno coprire che una frazione



**FIGURA 2** Produzione di energia elettrica nel mondo suddivisa per tipo di sorgente: nucleare, petrolio, gas, carbone, idroelettrica e rinnovabili  
Fonte: World Nuclear Association 2014 (TWh: terawattora)

della domanda di energia elettrica di un grande Paese industrializzato (Figura 2).

D'altro canto, l'energia elettrica rappresenta non più di un terzo o quarto del consumo di energia primaria: quindi, la riduzione delle emissioni richiederà il massimo impegno nella produzione non solo di energia elettrica, ma soprattutto di combustibili e carburanti, con ridotte o nulle emissioni di carbonio. Ciò porta a concludere che le opzioni energetiche da considerare si limitano a rinnovabili elettriche (anche quelle non programmabili), biomasse, energia nucleare.

Se dunque il contributo finale delle "rinnovabili intermittenti e non programmabili" (eolica, solare fotovoltaica) difficilmente potrà superare il 10% dell'energia primaria totale consumata nel 2035 [1] e se le fonti

rinnovabili tradizionali (idroelettrica e geotermica) e le biomasse sono già sfruttate ove possibile e opportuno ma sono limitate da vincoli geografici e fisici, occorrerebbe allora trovare una sorgente, priva di emissioni di carbonio, che sia in grado di fornire non solo energia elettrica, ma anche calore e carburante, i quali, come visto, rappresentano la maggior parte dei consumi di energia primaria. Questa sorgente esiste ed è proprio l'energia nucleare [6].

### Una possibile strategia integrata nucleare-rinnovabili

Non solo rinnovabili, non solo nucleare. Per contemperare opportunamente consumi energetici e rispetto ambientale occorre definire uno scenario a lungo termine

in cui le energie rinnovabili siano integrate nel modo più efficace con l'energia nucleare. In questa prospettiva, uno studio molto autorevole di un gruppo di ricercatori americani del Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston (normalmente piuttosto critico verso il nucleare), guidato da Charles W. Forsberg, ha proposto di recente (settembre 2011, cioè pochi mesi dopo Fukushima) un programma di sviluppo sostenibile basato su una forte integrazione fra fonti rinnovabili ed energia nucleare [2], in assenza totale di fonti fossili. La prima seria proposta *total carbon free*. Basandosi su dati incrociati in modo molto acuto, Forsberg mette in luce gli enormi costi e le difficoltà tecniche di un piano che preveda solo rinnovabili o solo nucleare. La soluzione ottima potrebbe essere allora un loro impiego sinergico, in grado di coniugare le prerogative di fornitura continua assicurata dal nucleare con l'estrema variabilità stagionale e giornaliera di eolico e solare.

Lo studio parte dall'osservazione che tanto il nucleare quanto le rinnovabili richiedono elevati investimenti in fase iniziale (progetto e costruzione dell'impianto) ma poi garantiscono costi di gestione molto ridotti. La proposta appare allora quasi di buon senso: sfruttare il nucleare *flat out* (a tavoletta) e usufruire dell'apporto delle rinnovabili *as is* (così come viene offerto dalla natura). Il nucleare dovrà essere in grado di coprire almeno il *baseload* (carico di base) della rete elettrica. Le rinnovabili, per definizione non programmabili, fornirebbero un

surplus alla rete da sfruttare opportunamente per coprire il carico intermedio e di picco (funzione anche della stagione).

Ovviamente, dovendo prevedere la possibilità di soddisfacimento di potenze di picco anche in assenza di apporto da rinnovabili, ed escludendo qualsiasi ricorso ai combustibili fossili, il nucleare dovrà essere sovradimensionato. Per valorizzare al meglio l'oneroso investimento richiesto dagli impianti nucleari, l'eccesso di energia così prodotta, in presenza del contributo rinnovabile, dovrà essere utilizzato per produrre energia non destinata alla rete elettrica. Per esempio, in forma elettrica (fino a circa 1/3 della potenza primaria, per gli impianti attuali), per ricaricare impianti idroelettrici ad accumulo o per produrre idrogeno per via elettrolitica (anche elettrolisi ad alta temperatura). L'idrogeno può poi essere utilizzato come tale, o nella sintesi di carburanti da biomasse, o aggiunto nei gasdotti del gas naturale, o addirittura usato in parte per far fronte ai picchi di domanda di energia elettrica.

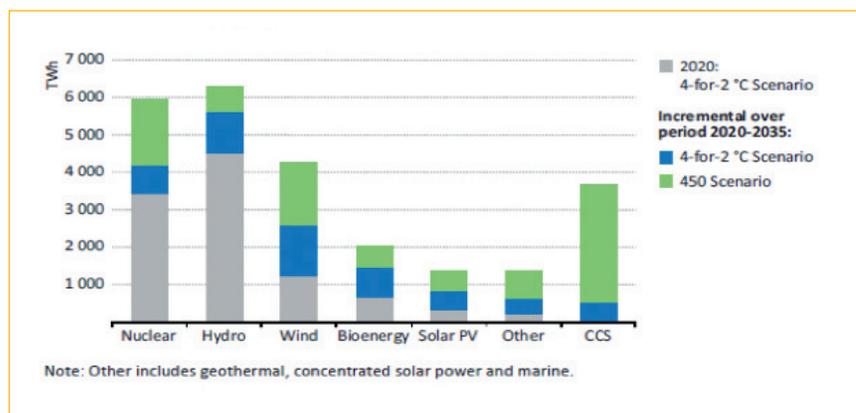
Ma, ove possibile e opportuno, tale eccesso di energia nucleare può essere utilmente utilizzato, in forma termica (da circa 2/3 fino all'intera potenza primaria, per gli impianti attuali), semplicemente deviando il vapore ad alta temperatura, in uscita dal reattore, dal turboalternatore verso altri usi, per esempio per sfruttare i grandi giacimenti di idrocarburi non convenzionali (in sabbie, scisti) evitando emissioni di carbonio, oppure per produrre combustibili e carburanti da bio-

masse, evitando la combustione delle medesime per fornire calore di processo, o anche infine per riscaldare grandi volumi di sottosuolo, da utilizzare come fonte di energia geotermica in tempi successivi. Per quanto riguarda poi la produzione di biocarburanti, l'energia nucleare può fornire calore di processo e idrogeno alla bioraffineria, evitando la combustione di biomasse a tali scopi, e triplicando quindi la quantità di carburanti liquidi prodotta per una data quantità di biomassa. Carburanti liquidi possono essere anche prodotti partendo dall'anidride carbonica dell'aria e dall'idrogeno dell'acqua, con il calore e l'elettricità forniti da un impianto nucleare. Secondo il rapporto Forsberg, tale opzione potrebbe fornire quantità illimitate di carburante liquido a un costo non superiore a 2-3 volte quello della elettricità per la stessa produzione di calore. Si noti che la filiera dei carburanti a zero-emissioni, utilizzabili nei normali motori

endotermici, potrebbe essere molto più efficace, rispetto alla mobilità elettrica, per la decarbonizzazione generalizzata del settore trasporti, in terra, mare e cielo.

### Il nucleare come stabilizzatore del clima

In particolare, l'utilizzo dell'energia nucleare per un miglior sfruttamento delle biomasse (che all'origine sottraggono CO<sub>2</sub> dall'atmosfera) unito alla tecnologia della *Carbon Capture and Storage* (Bio-Energy with Carbon Capture and Storage: BECCS), rappresenta un processo capace di ottenere una rimozione netta di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera (a differenza della Carbon Capture and Storage convenzionale applicata alle fonti fossili, che riduce semplicemente le emissioni in atmosfera). Si otterrebbe così un processo capace di "emissioni negative" di CO<sub>2</sub>, che, come già detto, potrà divenire essenziale se, come probabile, l'attuale sistema energetico



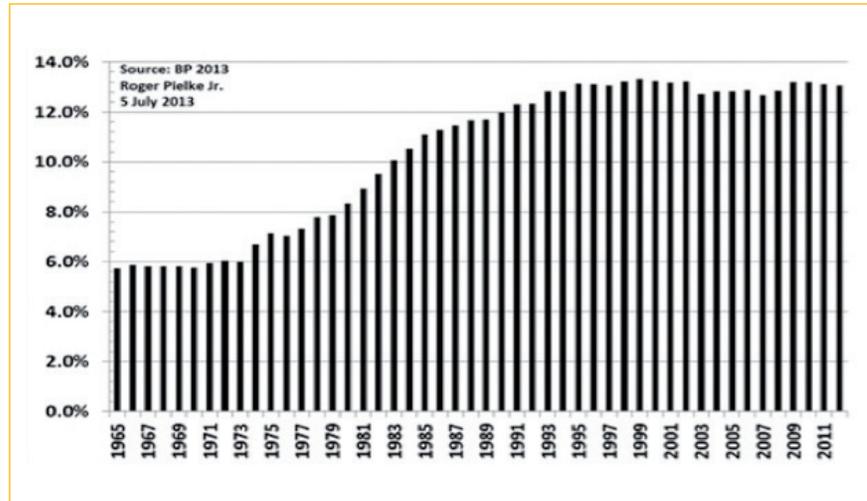
**FIGURA 3** Generazione di elettricità a livello mondiale da fonti *low-carbon* come ipotizzato negli scenari IEA [1]

mondiale non riuscirà a stabilizzare le emissioni entro il 2020 per poi ridurle drasticamente nei decenni successivi.

Il ruolo dell'energia nucleare appare quindi essenziale e insostituibile a medio-lungo termine. Il problema del progetto di impianti nucleari sempre più sicuri, in grado di chiudere il ciclo del combustibile, unito alla ricerca di soluzioni affidabili sul lungo periodo per lo stoccaggio dei rifiuti radioattivi, deve essere pertanto messo al centro delle politiche energetiche di ogni Paese, e in particolare di un'Europa che voglia finalmente affrontare il problema energetico da una prospettiva unitaria e non più frammentata e basata sull'esaltazione degli egoismi nazionali.

Nell'ipotesi (ottimistica) che venga attuato lo *Scenario 4-for-2° C* proposto dall'IEA [1], per adeguarsi in seguito allo Scenario 450, è la IEA stessa a ritenere necessario un netto incremento della produzione di energia elettronucleare, da 3400 terawattora (TWh) nel 2020 a 6000 TWh nel 2035 (venti volte l'attuale consumo totale dell'Italia), come è evidente in Figura 3.

Ciò significa disporre al 2035 di una potenza elettronucleare installata di circa 1000 GWe a fronte degli attuali 370 GWe. Tenuto conto dei vecchi impianti da sostituire, ne consegue la prospettiva di dover porre in linea da qui al 2035 circa 500 nuovi impianti nucleari da 1500 megawatt elettrici (MWe) ciascuno. Sempre dalla Figura 3 risulta evidente come per soddisfare lo Scenario 450 sia anche necessario introdurre la Carbon Capture



**FIGURA 4** Percentuale di consumo energetico a livello globale da sorgenti *carbon-free* dal 1965 al 2012 [4]

and Storage (CCS) per quasi 4000 TWh/anno entro il 2035. Ciò appare estremamente difficile, dato lo stato attuale del tutto immaturo di questa tecnologia, sia dal punto di vista economico che da quello ambientale come ampiamente dibattuto in un recente rapporto del World Energy Council [3]. (Per attuare infatti la CCS per quasi 4000 TWh/anno, oltre ai dispositivi di cattura della CO<sub>2</sub> sugli impianti, occorrerebbe realizzare e gestire una infrastruttura di pozzi, tubazioni e stazioni di pompaggio del tutto paragonabile a quella ora in opera per il petrolio, ma realizzata nel corso di più di un secolo!).

Pertanto, per ottemperare allo Scenario 450, occorrerebbe nel 2035 produrre in altro modo ulteriori 4000 TWh/anno privi di emissioni. Essendo le "nuove rinnovabili elettriche" fortemente limitate dai noti vincoli logistici e soprattutto operativi (intermittenza non program-

mabile, che richiede il supporto di quasi altrettanta potenza programmabile di fatto da fonte fossile, o di costosissimi sistemi di accumulo), ed essendo la idroelettrica già fortemente sfruttata almeno nei Paesi sviluppati, non resterebbe che rivolgersi ancora una volta al nucleare, che dovrebbe arrivare a produrre in totale quasi 10.000 TWh/anno.

È anche per questo che più di 50 Paesi stanno utilizzando o costruendo impianti nucleari, o soltanto prendono per la prima volta in seria considerazione l'energia nucleare per la generazione elettrica, ma anche per il teleriscaldamento e la dissalazione dell'acqua di mare. Senza contare quelli già in funzione (circa 430), sommando ai circa 70 impianti nucleari di potenza in costruzione nel mondo altri circa 170 impianti già ordinati o pianificati e più di 300 proposti, si raggiunge un totale che già eccede-

de il numero di 500 nuovi impianti, necessari per arrivare all'obiettivo previsto dalla IEA.

Nonostante le nuove costruzioni, tuttavia, la frazione di energia elettrica di origine nucleare nel mondo, che aveva raggiunto il 16% vent'anni or sono, sta scendendo da anni, aggirandosi oggi sull'11%, anche se in valore assoluto l'energia prodotta non è variata di molto. La ragione è che nell'ultimo decennio i consumi elettrici mondiali sono fortemente aumentati, a causa dei grandi Paesi emergenti, come Cina e India, dove la gran parte delle nuove centrali continua a essere alimentata a carbone. Come si vede dalla Figura 4 [4], negli ultimi 40 anni il netto incremento nella frazione di energia da fonti che non emettono carbonio (*carbon-free*) è avvenuta tra il 1965 e il 1999, grazie ad un incremento di 100 volte nella produzione di energia elettronucleare e di 6 volte in quella di energia idroelettrica. Negli ultimi 15 anni, invece, quella frazione è rimasta stabile quando non decrescente, nonostante il grande impegno nello sviluppo delle nuove rinnovabili (sole, vento), e i notevolissimi livelli di potenza installata per queste fonti. Spesso si dimentica tuttavia che una centrale nucleare da 1000 megawatt elettrici può produrre in un anno anche più di otto miliardi di chilowattora (kWh), mentre 1000 megawatt di eolico (cioè almeno 200 torri alte 200 m) o di solare fotovoltaico (cioè almeno 1000 ettari occupati da pannelli), a causa della loro intermittenza produrrebbero in un anno non più di uno o due miliardi di kWh, e richiederebbero

comunque impianti convenzionali o sistemi di accumulo, di potenza paragonabile, per stabilizzare la rete quando calano il sole e il vento. Se quindi si volesse veramente riprendere ad accrescere la frazione di energia da fonti carbon-free, occorrerebbe una forte volontà a livello mondiale per bloccare la costruzione di nuove centrali a carbone, e intraprendere nuovi vasti programmi di costruzione di impianti idroelettrici e nucleari.

La rivista *Nature*, nel suo numero del 6 dicembre 2012 [5], ha pubblicato un approfondimento sui *radical reactors*, cioè sulle architetture di reattori nucleari (a fissione) "radicalmente" diverse rispetto a quella attualmente predominante (la filiera ad acqua leggera, che come noto era stata preferita a suo tempo dall'industria in quanto già utilizzata nei reattori navali militari).

Forse anche proprio in reazione all'incidente di Fukushima, si sta manifestando in tutto il mondo un crescente interesse per queste diverse architetture. Molte di queste architetture in realtà riprendono concetti e modelli sperimentali già acquisiti 50 o 60 anni fa, all'epoca dello "stato nascente" dell'energia nucleare, poi abbandonati per ragioni di politica militare/industriale. Ritorna per esempio l'interesse all'utilizzo del Torio, molto più abbondante dell'Uranio, quale materia prima per il combustibile nucleare (previa sua trasmutazione nell'isotopo fissile Uranio 233).

Nel mondo sono oggi in corso oltre 50 progetti innovativi di questa tipologia, specie in Russia e in USA, mentre l'Europa anche qui

sembra perdere il passo. Molti di questi reattori, di piccole o medie dimensioni e in grado di fornire calore ad alta temperatura, sembrano particolarmente adatti ad inserirsi nello scenario sviluppato presso il MIT [2], con l'obiettivo di integrare le energie rinnovabili con l'energia nucleare. Alcuni di questi nuovi reattori, basati sui neutroni veloci, potrebbero portare un rilevante contributo alla risoluzione di molti problemi dell'attuale "sistema nucleare". Essi infatti moltiplicano di ordini di grandezza l'energia ottenibile dall'uranio naturale. Inoltre possono funzionare bruciando gli attinidi, cioè gli elementi pesanti fortemente radioattivi e di lunga vita generati dall'irraggiamento neutronico del combustibile nucleare nei comuni reattori ad acqua. Resterebbero quindi da sistemare soltanto i prodotti di fissione, molto meno voluminosi e a vita relativamente breve, per i quali basterebbe un deposito semi-superficiale, sia pure ben progettato e costruito. Si noti che, dopo qualche secolo, la radioattività residua sarebbe addirittura inferiore a quella dei minerali di uranio e/o di torio da cui era stato avviato l'intero ciclo del combustibile nucleare, pervenendo così a regime a mantenere, o anzi paradossalmente a ridurre, il "carico" di radioattività naturale del Pianeta Terra (*sic!*).

## Conclusioni

La proposta di Forsberg [2] è molto articolata e andrebbe analizzata in modo più dettagliato, anche per vagliarne l'applicabilità al sistema

energetico italiano, che risente di limitazioni naturali e di problematiche strutturali sedimentate, come la capacità della rete di distribuzione elettrica.

Può essere su questa linea il futuro energetico per il nostro Paese? Fermo restando il rispetto dell'esito referendario, perché non impiegare questi anni di silenzio legislativo per studiare un piano energetico nazionale rivoluzionario che non sia pregiudiziale verso nessuna fonte energetica, nucleare inclusa? L'alternativa sarebbe, nella migliore tradizione italiana, arrivare alla pilatesca conclusione di offrire con la mano destra incentivi politicamente corretti, anche se onerosi per gli utenti, alle rinnovabili ma, consci che ciò non garantirà certo il fabbisogno energetico nazionale, firmando al contempo, con la mano sinistra, altrettanto onerosi contratti di approvvigionamento di energia dalle fonti convenzionali di importazione. Cioè, sostanzialmente, ancora una volta, petrolio e gas naturale. Con quello che ne consegue, come è ben evidente da anni nel nostro Paese, in termini di

deindustrializzazione e diminuzione del livello di vita, di dipendenza geostrategica dai Paesi fornitori e di eredità ambientale degradata. Un bagaglio preoccupante da consegnare alle future generazioni.

A livello dell'Unione Europea, poi, come noto, la Commissione ha recentemente annunciato una proposta di politica energetico-ambientale al 2030, che stabilirebbe una riduzione vincolante del 40% rispetto al 1990 per le emissioni di gas-serra (rispetto all'attuale 20% al 2020); non vengono invece posti obiettivi vincolanti per le energie rinnovabili a livello dei singoli Stati membri, mentre resterebbe un obiettivo al 27% per l'Unione nel suo insieme. Questa proposta è ora all'esame dei singoli Governi e dovrà essere approvata dal Parlamento e dal Consiglio dei Ministri prima di divenire vincolante.

La nuova impostazione della Commissione non esclude quindi che l'energia nucleare venga considerata quale opzione essenziale per conseguire i sempre più ambiziosi obiettivi di riduzione delle emissioni di gas-serra (peraltro, ritenuti

tuttora del tutto insufficienti dagli ambientalisti...). Questa nuova apertura tiene conto evidentemente di esempi acquisiti come quelli di Francia e Svezia, che grazie anche al nucleare hanno di fatto annullato le emissioni di carbonio per la produzione di energia elettrica, nonché di altri Paesi che intendono mantenere, ed ampliare, la propria infrastruttura nucleare, come Gran Bretagna, Finlandia e molti Paesi dell'Europa dell'Est, o intraprenderne ex-novo la costruzione, come la Polonia. Perché allora non proporre una politica energetica europea integrata, in cui ciascun Paese sulla base della propria cultura energetica e delle proprie caratteristiche ambientali, offra il proprio contributo di energia da mettere a fattore comune? Una sorta di banca europea dell'energia, in cui ogni Paese offre la propria quota di energia prodotta attraverso la fonte nazionale di elezione (per semplificare: l'Italia attraverso il solare, la Francia attraverso il nucleare, la Germania l'eolico e così via), da ridistribuire a compensazione agli altri Paesi che ne fanno richiesta. ●

## immagini

Nelle pagg. 20-21 in alto, una veduta aerea della centrale nucleare di Olkiluoto (Finlandia).

Nella parte sinistra dell'immagine, a pag. 20, il reattore nucleare di terza generazione di cui si sta ultimando la costruzione, e che affiancherà i due reattori esistenti.

Fonte: [http://it.wikipedia.org/wiki/File:EPR\\_OLK3\\_TVO\\_fotomont\\_2\\_Vogelperspektive.jpg](http://it.wikipedia.org/wiki/File:EPR_OLK3_TVO_fotomont_2_Vogelperspektive.jpg)

©Teollisuuden Voima Oy

Licenza CC BY-SA 3.0

## riferimenti

[1] "Redrawing the energy-climate map – World Energy Outlook Special Report", International Energy Agency (IEA), 10 June 2013.

[2] Charles W. Forsberg, "Nuclear Energy for Variable Electricity and Liquid Fuels Production: Integrating Nuclear with Renewables, Fossil Fuels, and Biomass for a Low-Carbon World", MIT-NES-TR-015 - September 2011.

[3] "2013 World Energy Issues Monitor", World Energy Council – 2013.

[4] Roger Pielke Jr, "Clean Energy Stagnation", The Breakthrough Institute, 09 July 2013.

[5] M. Mitchell Waldrop, "Radical Reactors", Nature, 06 December 2012.

[6] A. Mathis, "Nucleare per il futuro", Collana accademica degli Atti dei Convegni Lincei (ISSN: 0391-805X) – Atti del Convegno internazionale "La sfida dei Terawatt. Quale ricerca per l'energia del futuro?", Accademia Nazionale dei Lincei – Fondazione ENI Enrico Mattei - XXXI Giornata dell'Ambiente (Roma, 5-6 novembre 2013).