

Sistemi per il cambiamento: energia nucleare vs. efficienza energetica+rinnovabili?

di Antony Froggatt con Mycle Schneider

Studio preparato per la Fondazione Heinrich Böll Marzo 2010, aggiornamento: agosto 2010

"Sappiamo che il paese che sfrutterà la potenza dell'energia rinnovabile pulita quiderà il ventunesimo secolo".

Presidente Barack Obama, Discorso sullo Stato dell'Unione, febbraio 2010

Ipotesi

L'investimento continuo nell'energia nucleare, in particolare in progetti di nuove centrali nucleari, costituisce una barriera significativa al necessario passaggio verso un'economia dei servizi energetici sostenibile e intelligente, basata sull'efficienza energetica e su fonti di energia rinnovabili.



Pubblicato dalla Green European Foundation asbl 1 Rue du Fort Elisabeth, 1463 Lussemburgo

Prima pubblicazione effettuata dalla Heinrich-Böll-Stiftung nella Serie di Pubblicazioni sull'Ecologia

© Gli autori, la Heinrich-Böll-Stiftung Tutti i diritti riservati

Traduzione: Brainstorm Sprachdienstleistungen GmbH

Coordinamento ed editing finale: Leonore Gewessler e Renato Sabbadini

Produzione: Micheline Gutman

Finito di stampare nel mese di dicembre 2010 da Grafica Giorgetti per conto delle Edizioni dell'Asino

Gli Autori ringraziano il Traduttore, e il dr. Fulcieri Maltini e Renato Sabbadini per la correzione delle bozze in lingua italiana.

Foto di copertina: © thinkstockphotos.com/ Colllection Hemera

Alcuni dei diritti per le immagini alle pagine 12, 23 e 49 sono riservati e sono collegati alla seguente licenza Creative Commons: http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/



Questa pubblicazione è stata realizzata con il contributo finanziario del Parlamento europeo. Il Parlamento europeo non è responsabile del contenuto.

Le opinioni espresse nella pubblicazione sono solo degli autori e non riflettono necessariamente quelle della Green European Foundation.

ISBN: 978-88-6357-058-8

Questa pubblicazione può essere ordinata a:

Green European Foundation Ufficio di Bruxelles 15 Rue d'Arlon B-1050 Bruxelles Belgio

beigio

T (+32)2 234 65 70

F (+32)2 234 65 79

E info@gef.eu

W www.gef.eu

PREFAZIONE ALL'EDIZIONE ITALIANA

La traduzione in italiano di questo studio preparato nel 2010 da due dei migliori esperti del settore è davvero la benvenuta, poiché affronta un tema ampiamente ripreso dai media: la rinascita del nucleare in Europa.

Spesso si sente dire che la lotta contro la costruzione delle centrali nucleari è parte integrante dell'identità politica degli ambientalisti. Ciò è vero in molti paesi, tra cui l'Italia, ma è anche vero che dagli anni '70 a oggi i termini del dibattito sono profondamente cambiati. In effetti oggi la scelta delle fonti energetiche per il futuro non è più questione di ideologia, ma di interesse pubblico, una scelta che deve avvenire sulla base di argomentazioni razionali, a partire da quelle sulla sicurezza, sui costi di investimento e sul ciclo di vita delle diverse opzioni disponibili.

Una delle argomentazioni più importanti, se non la più importante, del lavoro di Frogatt e Schneider illustra l'incompatibilità tra lo sviluppo di energia nucleare e quello delle energie rinnovabili a partire dai volumi degli investimenti necessari.

In un'altra argomentazione si confrontano, a pari volume di investimenti, le politiche basate su efficienza energetica e rinnovabili con quelle che prevedono la costruzione di nuove centrali nucleari. L'esito del confronto, da un punto di vista economico e sociale, in termini di posti di lavoro creati, è di gran lunga favorevole alle prime.

Si tratta di argomenti decisivi in un periodo come questo, segnato ovunque da austerità di bilancio e alti tassi di disoccupazione, e tenuto conto del fatto che, come ricordano gli autori, il 2010-2020 è un decennio cruciale per le decisioni sugli investimenti per innovare la produzione di energia.

Naturalmente sappiamo che le scelte che sono e saranno prese nei diversi paesi non dipendono solo dalla razionalità delle argomentazioni, ma sono anche il risultato dell'influenza delle lobby sui vari governi. Anche per questo è fondamentale che i Verdi tedeschi e francesi tornino a governare con le elezioni del 2012/2013. Anche in Italia, l'alternativa al governo Berlusconi dovrebbe consentire un'inversione di rotta rispetto alle scelte annunciate. Ad ogni modo, è questo il dovere degli ambientalisti italiani ed europei e non sarà poco, se questo studio li aiuterà a rendere più consapevoli i decisori di "sinistra" rispetto alle scelte che devono fare, se tornano al governo.

Pierre JONCKHEER Presidente della Green European Foundation (GEF), Bruxelles

INDICE

| Prefazione all'edizione italiana | | |
|---|----|--|
| Prefazione: Energia nucleare – un vicolo cieco | 6 | |
| Introduzione | 9 | |
| Panoramica e tendenze | 12 | |
| La domanda di energia e l'impatto di un mondo vincolato dal carbonio e dalle risorse | 12 | |
| Trasformare le opzioni per l'approvvigionamento energetico | 13 | |
| Storia e previsioni dello sviluppo delle rinnovabili | 14 | |
| Storia e previsioni dello sviluppo dell'energia nucleare | 20 | |
| Confronto tra nucleare e rinnovabili | 21 | |
| Questioni sistemiche | 23 | |
| Il sistema centralizzato francese | 23 | |
| L'approccio tedesco: progressivo abbandono del nucleare ed espansione delle rinnovabili | 25 | |
| Le rinnovabili spagnole toccano il limite massimo? | 27 | |
| Un nuovo approccio | 27 | |
| La tempistica di investimento | 30 | |
| L'imperativo di un'azione rapida contro il cambiamento climatico | 30 | |
| Tempi per lo sviluppo e l'applicazione di nuove tecnologie. Esperienze e aspettative | 31 | |
| Energia nucleare | 31 | |
| Rinnovabili | 34 | |
| Costi opportunità | 37 | |
| Ricerca e sviluppo | 39 | |
| Costi di investimento | 40 | |
| Infrastruttura e reti | 42 | |
| Meccanismi di mercato | 45 | |
| Conclusioni | 49 | |

FIGURE E TABELLE

| Figura | 1: | Crescita della domanda globale di energia | 14 |
|---------|-----|--|----|
| Figura | 2: | Nuovo investimento finanziario nell'energia pulita per settore: 2004-2009 (mld. US\$) | 15 |
| Figura | 3: | Crescita globale dell'energia rinnovabile nel settore dell'energia elettrica | 15 |
| Figura | 4: | Elettricità globale e produzione di energia idroelettrica (TWh) | 17 |
| Figura | 5: | Capacità cumulativa dell'energia eolica globale (MW) | 18 |
| Figura | 6: | Capacità installata degli impianti di energia eolica nel 2008 (MW) | 18 |
| Figura | 7: | Capacità mondiale installata di energia termica solare a concentrazione 1980-2007 (MW) | 19 |
| Figura | 8: | Produzione annuale mondiale delle celle solari 1998-2009 (MW) | 19 |
| Figura | 9: | Reattori nucleari e capacità nel mondo 1954-2010 (GW) | 21 |
| Figura | 10: | Aggiunte nette alla rete di elettricità globale dalle nuove rinnovabili | 22 |
| | | e dal nucleare 1990-2010 (in GW) | |
| Figura | 11: | Produzione di elettricità da fonti di combustibili non fossili | 22 |
| Figura | 12: | Emissioni di gas serra dovute al consumo finale in Francia | 25 |
| Figura | 13: | Prezzi negativi dell'elettricità sulla borsa elettrica tedesca | 27 |
| Figure | 14: | Evoluzione dei costi di investimento ("curva di apprendimento") | 33 |
| | | delle centrali nucleari statunitensi | |
| Figure | 15: | Evoluzione dei costi di investimento ("curva di apprendimento") | 33 |
| | | delle centrali nucleari francesi | |
| Figure | 16: | Curve di apprendimento della tecnologia | 35 |
| Figura | 17: | Cambiamento degli investimenti nei settori energetici a basse emissioni di carbonio | 38 |
| Figura | 18: | Budget nazionali per la ricerca e sviluppo nei paesi OCSE (milioni di dollari USA) | 39 |
| Figura | 19: | Ripartizione tecnologica dei budget OCSE di ricerca | 40 |
| | | e sviluppo per l'energia (1974-2008) | |
| Figura | 20: | Costi stimati di abbattimento del carbonio nel Regno Unito nel 2020 (£/tC) | 42 |
| Figura | 21: | Stime Exelon dei costi di abbattimento del carbonio 2010 (in US\$/t di ${\rm CO_2}$) | 43 |
| | | | |
| Tabella | 1: | Tempo di costruzione delle centrali nucleari nel mondo | 32 |
| Tabella | 2: | Proiezione dei costi delle fonti di combustibili per l'elettricità nel 2020 | 35 |

PREFAZIONE: ENERGIA NUCLEARE – UN VICOLO CIECO

Chiunque segua le dichiarazioni espresse di volta in volta sulla rinascita dell'energia nucleare potrebbe derivarne l'impressione che il numero di nuove centrali nucleari stia aumentando a una velocità enorme e costante. In realtà, secondo le statistiche più recenti, sono in fase di costruzione 60 centrali, la maggior parte delle quali in Cina e le altre in Russia, India, Corea del Sud e Giappone. Gli USA figurano con un solo effettivo progetto di costruzione. Tuttavia, questo elenco (VGB Power Tech) comprende numerosi vecchi progetti che non sono mai stati completati e che sono di fatto edifici in rovina.

Inoltre, vi sono attualmente proposte per circa 160 nuove centrali nucleari fino al 2020, 53 della quali solo in Cina e 35 negli USA, seguiti da Corea del Sud e Russia. In Europa, il Regno Unito è in cima alla classifica con otto nuovi progetti proposti, seguito da Italia, Svizzera, Finlandia, Romania e Lituania. La Francia, che vorrebbe "benedire" il mondo con nuove centrali nucleari, ha in programma un solo nuovo impianto. La maggior parte degli stati europei non sta considerando piani nucleari concreti.

In realtà, il numero di impianti nucleari nel mondo è in costante diminuzione. Al momento vi sono ancora 441 reattori in esercizio. Nei prossimi 15-20 anni il numero di impianti obsoleti che saranno dimessi sarà superiore a quello degli impianti nuovi che entreranno in funzione. Non esiste possibilità che tutte le dichiarazioni di intenti siano attuate. Quanto più i mercati dell'energia si aprono alla libera concorrenza, tanto minori sono le chance per l'energia nucleare.

Inoltre, i costi dei nuovi impianti stanno esplodendo. Ad esempio, il costo di costruzione della nuova centrale nucleare di Olkiluoto, in Finlandia, è già lievitato da 3 a circa 5,4 miliardi di euro, sebbene non sia ancora in piedi nemmeno la struttura dell'edificio. Inoltre, vi sono i problemi irrisolti dello smaltimento delle scorie e l'elevata suscettibilità della tecnologia ai guasti. Oggi nessun grande gruppo energetico a

gestione privata s'arrischia a costruire una nuova centrale nucleare senza sussidi e garanzie statali. È evidente che le nuove centrali nucleari vengono costruite in particolare dove l'amministrazione pubblica e l'industria energetica formano un'alleanza sacrilega.

Finora, le centrali nucleari sono state finanziate da massicce sovvenzioni pubbliche. Per la Germania, le cifre ammontano approssimativamente a più di 100 miliardi di euro, e questo trattamento preferenziale continua ancora oggi. Di conseguenza, i miliardi accantonati per lo smaltimento delle scorie e lo smantellamento delle centrali nucleari rappresentano una manovra esentasse per le aziende. Inoltre, la responsabilità dei gestori è limitata a 2,5 miliardi di euro - una percentuale minuscola dei costi che deriverebbero da un incidente nucleare di medie dimensioni. Tutto considerato, l'energia nucleare si dimostra tanto costosa quanto rischiosa.

Oltre alle argomentazioni di routine riguardo all'energia nucleare, ve ne sono di nuove. Innanzitutto, il pericolo della proliferazione nucleare sta crescendo in proporzione al numero di nuove centrali nucleari in tutto il mondo. Non esiste una divisione insormontabile tra l'uso civile e militare di questa tecnologia, nonostante gli sforzi compiuti dall'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA) per regolamentare questo aspetto. L'esempio più recente è l'Iran. In fin dei conti, chiunque non voglia essere regolamentato non può esservi costretto. All'espansione dell'energia nucleare si accompagna la crescente necessità di costruire impianti di ritrattamento e reattori autofertilizzanti veloci, al fine di produrre combustibili nucleari. Entrambi danno origine alla circolazione di plutonio che, a sua volta, porta alla creazione di enormi quantità di materiale fissile in grado di creare bombe - uno scenario raccapricciante!

In secondo luogo, un prolungamento della vita delle centrali nucleari esistenti, e ancor più la costruzione di nuovi impianti, agirebbe da freno Prefazione 7

sostanziale sullo sviluppo di energie rinnovabili. L'asserzione che l'energia nucleare e le energie rinnovabili si completino a vicenda è una leggenda, perché non solo esse competono per una misera quantità di capitale di investimento e linee di trasporto dell'energia, ma allo stesso tempo gli impianti nucleari limitano il potenziale di crescita, in particolare dell'energia eolica, a causa del loro funzionamento continuo poco flessibile. Nei giorni ventosi e di basso consumo, la domanda di energia in Germania è già coperta in larga misura dall'energia eolica. Poiché l'energia erogata dalle centrali nucleari esistenti (così come dalle grandi centrali alimentate a carbone) non viene ridotta con breve preavviso per motivi economici, il surplus di energia deve essere esportato verso altri paesi, in perdita. C'è del metodo in questa follia.

Da qualsiasi lato la si guardi, l'energia nucleare non ha né il potenziale di apportare un contributo decisivo al cambiamento climatico, né è necessaria per garantire l'approvvigionamento energetico. È vero il contrario. Chi vuole promuovere lo sviluppo di energia rinnovabile, con l'obiettivo di produrre il 100% della domanda di energia, dovrebbe opporsi alla costruzione di nuovi impianti nucleari, nonché al prolungamento della vita di quelli vecchi. Nonostante quanto si dica dell'energia nucleare, non è una strategia ad interim adatta a condurre verso l'era dell'energia solare.

Berlino, gennaio 2010 Ralf Fücks (Presidente della Heinrich-Böll-Stiftung) Introduzione 9

INTRODUZIONE

Il discorso del presidente statunitense Obama del 16 febbraio 2010 sull'energia, nel Maryland¹, dà il la. Il futuro possibile, dice, è "un futuro in cui l'elettricità da fonti rinnovabili alimenta auto ibride 'plug-in' e case e aziende efficienti dal punto di vista energetico" e "in cui esportiamo tecnologia energetica sviluppata internamente, anziché importare petrolio dall'estero". E al fine di arrivarci, dice, serve di più:

Dobbiamo effettuare investimenti continui nei biocombustibili avanzati e nelle tecnologie del carbone pulite, anche mentre creiamo una maggiore capacità nelle rinnovabili, come eolico e solare. E dovremo costruire una nuova generazione di centrali nucleari sicure e pulite in America.

Efficienza, rinnovabili ed energia nucleare. Il presidente francese Sarkozy è d'accordo con la sua controparte statunitense e il 9 giugno 2009 ha dichiarato: "Opereremo una svolta sulle energie rinnovabili, che sarà significativa come quella che il Generale de Gaulle ha intrapreso sul nucleare negli anni '60. Non l'uno o l'altro. Ma l'uno e l'altro".2 Sarkozy ha annunciato che per ogni euro speso sul nucleare, sarà speso un euro sull'energia rinnovabile. Ha chiarito anche l'agenda politica sulla questione. La parità di investimento è intesa a "mantenere il consenso sul nucleare e a fare in modo che coloro che sono contrari al nucleare lo tollerino".3 Quello che da 65 anni era noto come Commissariato per l'Energia Atomica francese è stato ribattezzato Commissariato per l'Energia Atomica e le Energie Alternative (Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives).

L'energia nucleare come "tecnologia ponte"? Il governo di coalizione conservatore in Germania ha annunciato i piani per prorogare il funzionamento delle sue 17 restanti centrali nucleari oltre le scadenze definite nella legislazione per il progressivo abbandono del nucleare, tuttora valida. Secondo l'accordo di coalizione tra i due partiti di governo, la "parte del leone" dei profitti supplementari per le utility, derivati dalla proroga della durata di vita degli impianti, dovranno essere tassati dal governo e reinvestiti in energie rinnovabili e in efficienza energetica, in particolare. L'esplicito divieto di nuove costruzioni nucleari resterà intaccato. Il governo della Cancelliera Angela Merkel e il suo stesso partito sono divisi quando si parla di attuazione dell'accordo. Il Ministro dell'Ambiente Norbert Röttgen ha dichiarato che la sfida è passare "quasi interamente alle energie rinnovabili", sottolineando di non conoscere "nessuno nella coalizione che affermi: il nucleare è la nostra tecnologia del futuro".4 Röttgen vuole che il graduale abbandono del nucleare sia realizzato entro il 2030 - circa otto anni dopo la tempistica prevista dall'attuale legislazione, quando i reattori raggiungeranno i 40 anni di età circa e le rinnovabili dovrebbero coprire il 40% dell'elettricità, rispetto al 16% di oggi. Il ministro tedesco sottolinea che "produrre molta elettricità col nucleare e produrre molta elettricità con le rinnovabili sono concetti economici non compatibili l'uno con l'altro"5

Sono o non sono compatibili? La Germania è verosimilmente il caso più interessante quando si tratta dell'analisi dei potenziali aspetti complementari o contradditori del nucleare e dei sistemi energetici basati su efficienza+rinnovabili. La Federazione tedesca delle aziende municipalizzate (VKU), una potente associazione di oltre

5 Ibid.

¹ Osservazioni del presidente sull'Energia a Lanham, Maryland (16 febbraio 2010), http://www.whitehouse.gov/the-press-office/remarks-president-energy-lanham-maryland

² Le Monde (9 giugno 2010); in realtà, non fu de Gaulle a lanciare il primo grande programma di centrali nucleari, ma il Primo ministro Messmer nel 1974.

³ Ibid. Si dovrebbe aggiungere che il "consenso" sull'energia nucleare non è mai stato un consenso dell'opinione pubblica, ma un accordo da parte dei principali partiti politici.

⁴ Frankfurter Rundschau (19 febbraio 2010), http://www.fr-on | ine.de/in_und_ausland/wirtschaft/debatte_energie_der_zukunft/?em_cnt= 2331965 &

1.350 aziende, che copre oltre metà degli utenti finali del paese nel settore dell'elettricità e del riscaldamento, è preoccupata delle conseguenze del previsto ritardo dell'abbandono progressivo dell'energia nucleare. L'amministratore delegato della VKU, Hans-Joachim Reck, ha dichiarato alla stampa:

Le implicazioni negative per la concorrenza e per la conversione del sistema energetico verso il decentramento e le energie rinnovabili sono totalmente trascurate. [...] È controproducente scoraggiare gli investimenti delle aziende di pubblica utilità municipalizzate nella generazione di energia efficiente ed orientata al futuro.

Investimenti in impianti municipalizzati in Germania, nell'ordine di 6,5 miliardi di euro, dovrebbero ora essere rivisti, e verrebbe minacciata anche la sostenibilità economica dei progetti già attuati, ha aggiunto la VKU.

Molti problemi sistemici non sono stati ancora studiati approfonditamente in termini di compatibilità o incompatibilità dell'approccio nucleare centralizzato rispetto alla strategia efficienza+rinnovabili decentrata. Quali sono le conseguenze per lo sviluppo delle reti, o in che modo le scelte riguardo alle caratteristiche delle reti influiscono sulle strategie di investimento nella generazione di energia? In quale misura le dimensioni dell'impianto sono co-responsabili delle sovracapacità strutturali, e quindi dell'assenza di incentivi per l'efficienza? In che modo le sovvenzioni e i sussidi governativi stimolano il processo decisionale a lungo termine? I grandi impianti delle rinnovabili riprodurranno gli stessi effetti di sistema delle grandi centrali a carbone/ nucleari?

Il presente rapporto illustra la situazione di base e solleva domande che devono essere affrontate con urgenza. Una politica energetica di successo dovrà affrontare i bisogni di servizi energetici delle persone in modo molto più efficiente di quanto sia avvenuto in passato, perché l'aumento della concorrenza per i combustibili fossili, in definitiva limitati, si traduce in prezzi dell'energia più elevati per tutti. Per troppo tempo le politiche energetiche hanno puntato alla "sicurezza dell'approvvigionamento" di petrolio, gas e kilowattora, anziché all'accesso generale a servizi economici, affidabili e sostenibili, come cibo cotto, calore e freddo; luce; comunicazione; mobilità e coppia motrice.

Il risultato è ben noto. Anche nei paesi industrializzati con programmi di energia nucleare consolidati, come gli Stati Uniti, la Francia e il Regno Unito, la precarietà energetica è diventata un problema grave e in rapido aumento. È stato creato l'acronimo EWD, che sta per Excess Winter Deaths (eccesso di mortalità invernale). Un progetto europeo⁷ ha dimostrato che il numero di persone che muoiono durante l'inverno perché non possono permettersi di riscaldare adeguatamente le proprie abitazioni è diventato altamente significativo dal punto di vista statistico. L'EWD varia dal 10% a Parigi al 30% a Glasgow. Nel Regno Unito si stima che in inverno muoiano 15.000 persone in più rispetto al normale tasso di mortalità, per le conseguenze della precarietà energetica. Nella Francia nucleare, quasi otto milioni di nuclei familiari, circa il 28% del totale, spendono oltre il 10% del budget in energia (inclusi i trasporti). Dal 2005 circa tre milioni di famiglie francesi soddisfano i requisiti di idoneità per la Tariffa per le Necessità Primarie, un'altra recente invenzione che prevede una tariffa ridotta agevolata per le famiglie a basso reddito.

È evidente che l'energia nucleare non ha portato a un accesso equo e su vasta scala ai servizi energetici nei paesi che hanno optato per tale energia. Ma una strategia nucleare è effettivamente controproducente per lo sviluppo di un futuro di servizi a energia pulita, basato su efficienza+rinnovabili? Esistono solide evidenze a sostegno di questa tesi. Come ha commentato la rivista *Time* riguardo alla decisione di garanzia dei prestiti al nucleare del Presidente Obama: "Alla fine, la prodiga gene-

⁶ VKU, comunicato stampa 2/10 (19 gennaio 2010).

⁷ European fuel Poverty and Energy Efficiency, vedi http://www.precarite-energetique.org/

Introduction 1

rosità del governo potrebbe creare una specie di rinascita nucleare – ma potrebbe finire per soffocare nella culla soluzioni migliori, o impedirne addirittura la nascita".8

Nucleare vs. rinnovabile

Amory Lovins: "Ma l'energia nucleare è di fatto il metodo meno efficace: è vero che risparmia carbonio, ma circa da 2 a 20 volte in meno per dollaro e da 20 a 40 volte in meno per anno rispetto all'acquisto dei suoi concorrenti vincenti".

Bill Keepin e Gregory Kats: ¹⁰ Migliorare l'efficienza elettrica è quasi sette volte più efficace in termini di costi rispetto all'energia nucleare per l'abbattimento delle emissioni di CO₂, negli Stati Uniti.

Environment California:¹¹ "Per ogni dollaro speso nell'arco della vita della tecnologia, l'efficienza energetica e la co-combustione da biomasse sono cinque volte più efficaci nella prevenzione dell'inquinamento da biossido di carbonio, e il calore e la potenza combinati sono tre volte più efficaci" dell'energia nucleare.

Warwick Business School: L'indebolimento di altre tecnologie significa che l'energia nucleare non è complementare ad altre tecnologie a basso tenore di carbonio. Questo confuta l'argomentazione che tutte le tecnologie a basso tenore di carbonio debbano, e siano in grado di, essere utilizzate insieme, così che collaborino in armonia alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica. Al contrario, il governo deve scegliere tra un futuro nucleare e uno dominato dalla generazione rinnovabile e da un uso più efficiente dell'energia.

Duke University:¹³ "Gli impianti solari fotovoltaici sono andati a ingrossare le fila delle alternative a basso costo alle centrali nucleari", John O. Blackburn, professore di economia.

⁸ Time (18 febbraio 2010).

⁹ Amory B. Lovins, "Proliferation, Oil, And Climate: Solving For Pattern"; Versione ampliata del saggio di Lovins "Proliferation, Climate, And Oil: Solving For Pattern," Foreign Policy (17 gennaio 2010).

¹⁰ B. Keepin and G. Kats, "Greenhouse Warning. Comparative Analysis of Nuclear and Efficient Abatement Strategies," Energy Policy 15:6 (dicembre 1988): pp. S38 S61.

¹¹ Travis Madsen, Tony Dutzik, Bernadette Del Chiario, and Rob Sargent, Environment California: Generating Failure: How Building Nuclear Power Plants Would Set America Back in the Race Against Global Warming (novembre 2009).

¹² Catherine Mitchell and Bridget Woodman, New Nuclear Power: Implications for a Sustainable Energy System (Warwick Business School: marzo 2006).

¹³ Nuclear Energy Loses Cost Advantage, Diana S. Powers, New York Times, 26 luglio 2010.



Panoramica e tendenze

La domanda di energia e l'impatto di un mondo vincolato dal carbonio e dalle risorse

Negli ultimi anni abbiamo assistito a cambiamenti senza precedenti nel settore dell'energia. I mercati, in particolare per il petrolio, ma con un effetto a catena sulle altre fonti energetiche, sono stati estremamente volatili. Verso la metà del 2008, il prezzo del petrolio si è avvicinato ai 150 dollari al barile: un aumento di otto volte rispetto a un decennio prima. Tuttavia, nell'arco di alcuni mesi, i prezzi elevati avevano accelerato i problemi economici globali, con conseguente crollo del prezzo a circa 30 dollari al barile. In tutti i settori dell'energia, la recessione globale ha depresso i consumi e, straordinariamente, il 2009 è stato il primo anno dalla fine della Seconda Guerra Mondiale in cui si è avuto un calo del consumo globale di elettricità.

Tuttavia, a livello mondiale, le tradizionali "previsioni" energetiche ipotizzano rapidi aumenti della domanda di energia, stimolati principalmente dalla necessità di alimentare le economie in crescita in Asia, Cina in particolare e, in misura minore, India. L'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) presume, nel suo Scenario di Riferimento del World Energy Outlook 2009, che la domanda di energia globale aumenterà del 40% entro il 2030. All'interno di questo scenario, il consumo energetico cinese raddoppia tra il 2007 e il 2030, mentre nell'Unione Europea la domanda aumenta di solo l'1% e negli Stati Uniti di meno del 5%. Lo Scenario di Riferimento adottato dall'AIE non è uno scenario sostenibile, ma un prolungamento delle politiche nazionali attuali. Non c'è dubbio che uno sviluppo secondo queste linee porterebbe a cambiamenti catastrofici e senza precedenti nell'atmosfera, e l'AIE suggerisce che "la concentrazione di CO implicata dallo Scenario di Riferimento si tradurrebbe in un aumento della temperatura media globale addirittura di 6 gradi Celsius".14

L'impatto climatico non è il solo – e nemmeno necessariamente il più urgente – problema associato allo Scenario di Riferimento. La questione della disponibilità a medio termine di risorse idonee, e l'impatto associato sulla disponibilità fisica e i prezzi per i consumatori è pressante, soprattutto per i combustibili liquidi. Negli ultimi anni, l'AIE ha ridotto le stime per il 2030 della domanda di petrolio nel suo Scenario di Riferimento. Nel World Energy Outlook del 2004, si prevedeva una crescita della domanda globale di petrolio a un tasso annuo dell'1,6%, che avrebbe toccato i 121 milioni di barili al giorno (mb/giorno) nel 2030, rispetto agli scenari di tasso di crescita annuo attuali dell'1%, che porterebbero a 105 mb/giorno nel 2030. In particolare, l'AIE ha modificato le sue supposizioni per il consumo di petrolio nei paesi OCSE, con una differenza di 17 mb/giorno tra gli scenari del 2004 e del 2009. La minore domanda di petrolio, tuttavia, conduce comunque a gravi questioni di disponibilità delle risorse, a causa di una combinazione dell'aumento complessivo della domanda (poiché la domanda attuale è 76 mb/giorno). Una valutazione dell'Energy Research Centre del Regno Unito, nel 2009, ha stimato il tasso medio di riduzione da giacimenti che hanno superato il picco di produzione in almeno il 6,5%/anno a livello globale, mentre il corrispondente tasso di riduzione da tutti i giacimenti attualmente produttivi è di almeno il 4%/ anno. Per mantenere i livelli attuali di produzione, servirebbero 3 mb/giorno di nuova capacità ogni anno, ovvero l'equivalente della produzione dell'Arabia Saudita ogni tre anni.15

Pertanto, dal punto di vista della sicurezza dell'approvvigionamento e del sistema di sicurezza climatica, il sistema energetico attuale e le politiche che lo formulano sono altamente insostenibili. Indipendentemente dal tipo di sistema energetico previsto, serviranno nuovi investimenti per soddisfare gli attesi aumenti della domanda, per lo sfruttamento di nuove fonti di energia e per sostituire l'infrastruttura e le strutture esistenti. L'AIE stima che il costo degli investimenti per il suo Scenario di Riferimento sarà nell'ordine di 26 trilioni di dollari, tra il 2008 e il 2030, ovvero un fabbisogno annuo di 1,1 trilioni di dollari - l'1,4% del PIL ogni anno. Oltre metà di questo costo riguarderebbe il settore dell'energia elettrica. È importante sottolineare che l'AIE ha tracciato anche uno scenario in cui le emissioni dal settore energetico vengono ridotte, così da rientrare nell'obiettivo dei "2 gradi". I costi dell'investimento associati a questo "Scenario 450" sono significativamente più elevati che per lo Scenario di Riferimento e richiederebbero ulteriori 10,5 trilioni di dollari. Tuttavia, l'AIE calcola anche che lo "Scenario 450" si tradurrà in una riduzione del costo dell'energia di circa 8,6 trilioni di dollari entro il 2030, e in un risparmio totale nell'arco della vita delle strutture di 17 trilioni di dollari.

È chiaro che serve una nuova direzione per creare un settore energetico sostenibile e sicuro, e che le politiche e i trend di mercato attualmente esistenti in tutto il mondo devono cambiare radicalmente e rapidamente. A lungo termine, un settore dell'energia a basso tenore di carbonio e sicuro dal punto di vista ambientale è possibile e sarà più economico che cercare di continuare come al solito. Tuttavia, il semplice passaggio da una fonte energetica altamente inquinante a una meno inquinante non produrrà un settore energetico sostenibile. È necessario, invece, che vi sia anche un cambiamento sistemico, che ponga maggiore attenzione non solo all'efficienza del sistema per quanto riguarda l'uso dell'energia, ma anche alla sua produzione, trasformazione e trasmissione, aspetti spesso trascurati.

Trasformare le opzioni per l'approvvigionamento energetico

Il consumo energetico globale è aumentato in conseguenza dell'aumento della popolazione e dell'uso di energia pro capite. La Figura 1 mostra l'entità dell'aumento di consumo energetico globale negli ultimi due secoli, con un raddoppio tra il 1800 e il 1900 e un aumento di otto volte negli ultimi 100 anni. Come osservato dall'AIE e da altri, ci si attende una continuazione di questo trend, poiché i paesi meno sviluppati cercano di aumentare il tenore di vita delle loro popolazioni e di consentire loro di disporre di servizi energetici anche di base. Attualmente, circa un quarto della popolazione mondiale non ha accesso a servizi basati sull'elettricità e vi è una differenza pro capite di cinque volte tra il consumo energetico nei paesi OCSE e quello dei paesi in via di sviluppo. La figura mostra inoltre la misura in cui

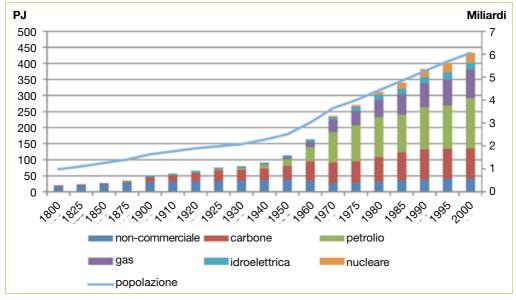


Figura 1: Crescita della domanda globale di energia

Fonte: Arnulf Grübler, 200817

i combustibili fossili commerciali – dal carbone, al gas e al petrolio – hanno contribuito a questo divario. Anche se il tasso di crescita annuo della popolazione globale è rallentato negli ultimi anni all'1,3%, lo scenario della fertilità media dell'ONU prevede che la popolazione non raggiungerà l'apice fino a dopo il 2200, quando avrà raggiunto i 10 miliardi, rispetto al livello di 6 miliardi di oggi. ¹⁶

Storia e previsioni dello sviluppo delle rinnovabili

L'energia rinnovabile è stata per secoli la principale fonte energetica per la razza umana, inizialmente attraverso la combustione di biomasse – in particolare legno – ma poi attraverso lo sfruttamento dell'acqua e dell'energia eolica. Tuttavia, nel corso degli ultimi secoli è diminuito l'affidamento sull'energia rinnovabile, mentre si è sviluppata la capacità di sfruttare energia da combustibili fossili. L'uso di combustibili fossili, in

particolare sotto forma di carbone, petrolio e poi gas, ha reso possibile un rilascio d'energia senza precedenti. Questo perché essi hanno una densità di energia relativamente elevata e quindi, a dispetto dell'energia consumata nel trattamento e nel trasporto, il consumatore può ottenere grandi quantità di energia utilizzabile.

Tuttavia, negli ultimi anni, questo trend ha iniziato a invertirsi in alcune regioni e in alcuni settori. Particolarmente degno di nota è stato il settore dell'energia dell'UE. In Europa nel 2009 sono stati effettuati investimenti nell'energia eolica di oltre 13 miliardi di euro, cioè il 39% delle nuove installazioni – il secondo anno consecutivo in cui si è installata più energia eolica di qualsiasi altra tecnologia di generazione. Inoltre, sempre nel 2009, gli impianti a energia rinnovabile, in generale, hanno rappresentato il 61% delle nuove installazioni. Il settore energetico dell'UE continua ad allontanarsi dal carbone, dall'olio combustibile e dal nucleare, e

¹⁶ ONU, Six Billion (2004), http://www.un.org/esa/population/publications/sixbillion/sixbilpart1.pdf

¹⁷ Arnulf Grubler, "Energy transitions," in *Encyclopaedia of Earth*, ed. Cutler J. Cleveland (Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, 2008).

PANORAMICA E TENDENZE 15

-7% Crescita: 56% 10% 173 162 157 109 Investimento di terzi 72 SDC, R&S az., R&S gov. 46 2004 2005 2006 2007 2008 2009

Figura 2: Nuovo investimento finanziario nell'energia pulita per settore: 2004-2009 (mld. di dollari USA)

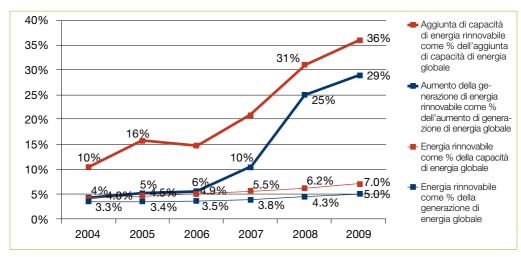
Fonte: UNEP et al., Global Trends in Sustainable Energy Investment, 201018

per ciascuna di queste tecnologie si continua a smantellare più di quanto si installi.¹⁹

La *Figura 2* mostra che una tendenza simile si sta sviluppando all'interno del settore energetico globale. Nel 2009 i nuovi investimenti in energia sostenibile sono stati pari a 162 miliardi di dollari (un calo del 7% rispetto alla cifra record del 2008 di 173 miliardi di dollari, in conseguenza della crisi economica globale.

Tuttavia, questo è stato il secondo investimento annuale in termini di entità mai effettuato (e quattro volte quello osservato nel 2004) e la

Figura 3: Crescita globale dell'energia rinnovabile nel settore dell'energia elettrica (escluse le grandi idroelettriche)



Fonte: UNEP et al., Global Trends in Sustainable Energy Investment, 2010

¹⁸ SDC = small distributed capacity (piccola capacità distribuita): I nuovi volumi di investimento sono aggiustati per il capitale re-investito. I valori totali comprendono le stime per gli accordi non divulgati (fonte New Energy Finance)

¹⁹ EWEA, More Wind Power Capacity Installed Last year in the EU Than Any Other Power Technology, European Wind Energy Association (febbraio 2010).

spesa per nuova capacità (inclusi i grandi impianti idroelettrici ed altre rinnovabili) è stata per il secondo anno consecutivo superiore all'investimento in nuova capacità di combustibili fossili. Di conseguenza, come si può rilevare dalla *Figura 3*, il 36% dell'aumento totale di capacità installata del settore energetico è relativo alle rinnovabili (ad esclusione delle grandi idroelettriche), tuttavia, il suo contributo totale al consumo di elettricità globale è ancora relativamente basso, appena il 5%.

Energia idroelettrica

Lo sviluppo e l'utilizzo diffuso dell'elettricità ha avuto come risultato un uso considerevole di energia idroelettrica che, nel 2009, ha prodotto circa 3.200 terawattore (TWh) di elettricità per anno (un equivalente di 740 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio - mTEP). Come contributo al mix di energia globale, ciò equivale a circa il 15% dell'elettricità. La capacità installata dell'energia idroelettrica è di 923 gigawatt (GW) ed è di gran lunga la maggiore delle fonti rinnovabili. Tuttavia, vi sono differenze significative nell'impatto ambientale e nell'accettabilità dell'energia idroelettrica. Ciò si riferisce in particolare alle dimensioni delle strutture per l'energia idroelettrica.

Nonostante la presenza di molti dei grandi impianti di energia idroelettrica più accessibili ed economici in funzione, in particolare nel Nord America e in Europa, non vi è stato un aumento significativo dell'uso di tale energia. In effetti, dal 2000, la produzione globale di energia idroelettrica è aumentata di solo il 20%, al di sotto del tasso di aumento del consumo di elettricità nel suo complesso. Di conseguenza, il contributo dell'energia idroelettrica al consumo di elettricità globale si è ridotto dal 17% nel 2000 a poco più del 15% nel 2009, secondo la Statistical Review

of World Energy di BP. Secondo lo Scenario di Riferimento dell'AIE, si prevede che la produzione di elettricità dall'energia idroelettrica aumenterà di circa il 50%, sebbene il suo contributo relativo scenderà a quasi il 14%.

Anche nello "Scenario 450", si prevede che fornirà solo circa il 19% dell'elettricità entro il 2030.

Anche gli scenari ipotizzati da altre organizzazioni indicano che non vi sarà un aumento significativo della produzione da parte del settore idroelettrico. Lo scenario "Energy (R)evolution" di Greenpeace presume una capacità installata dall'energia idroelettrica ancora inferiore rispetto allo Scenario di Riferimento dell'AIE.20 Tuttavia, le valutazioni dimostrano comunque che il potenziale dell'energia idroelettrica è molto maggiore. Il World Energy Assessment stima che il potenziale economico è di circa 8.100 TWh, il potenziale tecnico intorno a 14.000 TWh e il potenziale teorico lordo all'incirca 40.000 TWh.21 Il raggiungimento di molti di questi livelli porterebbe potenzialmente grandi e, per molti, inaccettabili conseguenze ambientali e sociali, e quindi non sarà perseguito. Tuttavia, si potrebbe raggiungere una certa espansione attraverso centrali fluviali più piccole, oppure aumentando il rendimento degli impianti esistenti.

La *Figura 4* mostra l'importanza relativa dell'energia idroelettrica nel mix di elettricità fornita globalmente nel corso del tempo. E' necessario notare che, nonostante le prestazioni economiche relativamente buone, l'espansione dell'elettricità generata da energia idroelettrica non ha tenuto il passo con il settore nel suo insieme, e il suo contributo relativo continua a ridursi.

²⁰ Greenpeace, Energy Revolution, Global Energy Scenario (DLR, Institute of Technical Thermodynamics, Department of Systems Analysis and Technology Assessment, European Renewable Energy Council, and Greenpeace International, 2008).

²¹ WEA, "Chapter 4: Energy Resources," in: World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability (Programma delle Nazioni Unite per lo Sviluppo, 2004).

PANORAMICA E TENDENZE

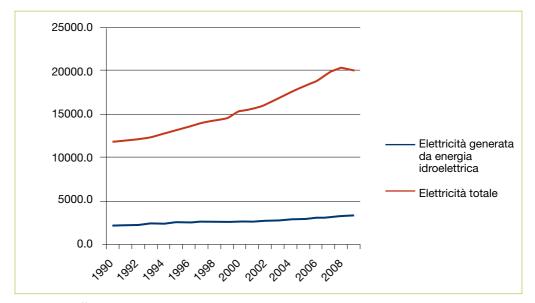


Figura 4: Elettricità globale e produzione di energia idroelettrica (TWh)

Fonte: BP, 2010²²

Energia eolica

L'utilizzo commerciale del vento è aumentato rapidamente in diversi paesi negli ultimi anni. Le Figure 5 e 6 mostrano l'aumento della capacità installata nell'ultimo decennio e la ripartizione della capacità installata in tutto il mondo. Negli ultimi dieci anni, il tasso di crescita globale annuo ha raggiunto il 30%. È previsto un aumento di questa tendenza, in particolare grazie alle misure per aumentare la sicurezza energetica e per ridurre le emissioni attraverso gli impianti eolici. Il Global Wind Energy Council (GWEC) prevede che vi sarà un aumento dell'energia eolica dal livello del 2008 di 261 TWh a 680 TWh nel 2012, che in totale contribuirebbe al 42% degli impegni dell'Al-

legato 1, secondo il primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto. Inoltre, il GWEC stima che, secondo uno scenario più ambizioso, l'energia eolica potrebbe fornire tra il 21 e il 34% delle riduzioni delle emissioni richieste per i paesi sviluppati, come indicato dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) che invoca una riduzione dal 25 al 40%. Ciò richiederebbe circa 1.000 GW di capacità installata entro il 2020, che rappresenterebbe un rallentamento del tasso di crescita globale attuale.²³ Tuttavia, altri scenari offrono, in alcuni casi, livelli di capacità installata per l'energia eolica molto più bassi nel 2020; l'AIE ipotizza circa 650 GW nei suoi "Scenari 450" e Greenpeace circa 900 GW.

17

²² BP, Statistical Review of World Energy (giugno 2009).

²³ GWEC, Wind Power is Crucial for Combating Climate Change (Global Wind Energy Council, dicembre 2009).

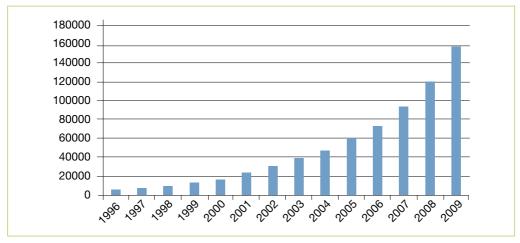
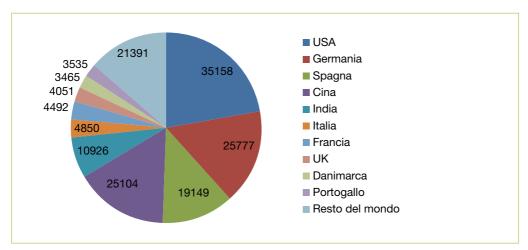


Figura 5: Capacità cumulativa dell'energia eolica globale (MW)

Fonte: Global Wind Energy Council, 2010²⁴

Figura 6: Capacità installata degli impianti di energia eolica nel 2008 (MW)



Fonte: Global Wind Energy Council, 2010

Energia solare

Esistono due tipi fondamentali di tecnologie solari per la produzione di elettricità: energia solare a concentrazione, che concentra il calore del sole per creare vapore e azionare le turbine e quindi creare energia in modo più tradizionale; e il solare fotovoltaico (FV), che converte l'energia del sole direttamente in corrente elettrica.

L'energia solare è utilizzata, su scala molto più ampia, anche per riscaldare l'acqua e gli edifici solare termico. Lo sviluppo di queste tecnologie ha seguito percorsi del tutto particolari. La più grande e più centralizzata energia solare a concentrazione ha avuto finora un percorso di boom e successivo scoppio della bolla (*Figura 7*), mentre la *Figura 8* mostra lo sviluppo più stabile del solare FV.

PANORAMICA E TENDENZE

500 -450 400 -350 -300 -250 200 -150 -100 -50 -O 1980 1985 1990 1995 2005 2000 2010

Figura 7: Capacità mondiale installata di energia solare termica a concentrazione 1980-2007 (MW)

Fonte: Earth Policy Institute, 2009

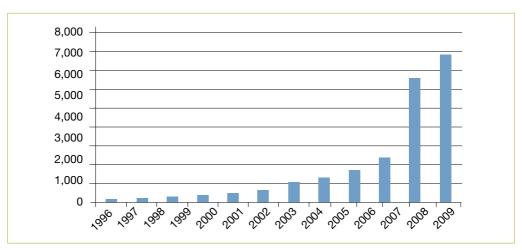


Figura 8: Produzione annuale mondiale delle celle solari 1998-2009 (MW)

Fonte: Earth Policy Institute, 2010 e www.renewableenergyworld.com (per il 2009)

Gli ultimi anni hanno visto una rivoluzione nell'economia e installazione del solare FV. Le rivoluzioni tecnologiche e l'introduzione di impianti di produzione più grandi si sono tradotte in moduli FV notevolmente più economici, con una riduzione dei costi installati del FV da 7 dollari per watt di picco nel 2008, a circa 5 dollari nel 2009 e appena 3 dollari per watt installato per alcuni progetti su scala utility. ²⁵ Questo calo dei prezzi sta portando

a un impiego più diffuso che, a sua volta, porta a prezzi più bassi: un circolo virtuoso. Fino a poco tempo fa, la Germania era stata il principale motore di questa crescita delle installazioni, nel 2009 aveva installato 3800 MW di nuova capacità e, con la fine dell'anno, gestiva una capacità accumulata di poco meno di 10.000 MW di FV. Solo per i primi sei mesi del 2010, l'Agenzia Federale delle Reti Elettriche prevede un aumento di più di 3.000 MW.²⁶

²⁵ Clean Energy Trends 2010, by Ron Pernick and Clint Wilder, Clean Edge.

²⁶ Agenzia Federale delle Reti, comunicato stampa, 27 luglio 2010.

Dal 19 luglio 2010 è possibile monitorare in tempo reale la generazione di energia solare sulla rete nazionale tedesca che, nelle settimane seguenti, ha superato regolarmente un'iniezione di 5.000 MW intorno a mezzogiorno (vedere Actual Solar Power Generation sul sito http://www.transparency.eex.com/en/).

Si prevede, tuttavia, che altri paesi, nel 2010, in particolare Cina, Italia, Giappone, Spagna e USA, raggiungano il 60% di aumento di capacità installata. La riduzione dei costi di produzione induce a sostenere che il solare FV abbia costi di rete simili a quelli dell'energia nucleare. Un rapporto preparato da John Blackburn, professore di economia alla Duke University, suggerisce che si verificherà un "passaggio storico", in cui i costi degli impianti solari fotovoltaici sono diminuiti al punto da risultare inferiori ai costi previsti in aumento delle nuove centrali nucleari.27 Inoltre, una delle più importanti aziende di solare FV nel Regno Unito, paese non famoso per la sua esposizione solare, ha dichiarato che, entro il 2013, l'elettricità dal FV domestico avrà un prezzo di produzione a parità di rete (grid parity) simile a quello che i consumatori pagano per la loro elettricità.²⁸ Anche se altri suggeriscono che la parità in Europa potrebbe non essere raggiunta fino al 2020, anche questa data successiva cadrebbe, quanto meno, nello stesso momento dell'avvio di un nuovo reattore nucleare che fosse ordinato oggi.

Storia e previsioni dello sviluppo dell'energia nucleare

Il primo reattore nucleare fu collegato a una rete elettrica nel 1954, in quella che era allora l'Unione Sovietica. L'aumento del numero di unità in funzione continuò ininterrotto per 35 anni, fino alla fine degli anni '80. Nel 1989 vi erano in totale 424 reattori in funzione in tutto il mondo. Un picco storico si rag-

giunse nel 2002, con 444 unità, cinque in più dei 439 reattori in funzionamento all'agosto 2010. L'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA) elenca 61 reattori in fase di costruzione (all'agosto 2010), 13 dei quali compaiono in elenco da più di 20 anni. Molti hanno subito ritardi significativi.²⁹ In realtà, per la prima volta dall'inizio dell'uso commerciale dell'energia nucleare, nessun nuovo impianto è stato collegato alla rete nel 2008. Dal collegamento alla rete, nell'agosto 2007, dell'impianto Cernavoda-2 in Romania (dopo 24 anni di costruzione), solo cinque nuovi reattori (uno ciascuno in Cina, Giappone e Russia e due in India) sono stati messi in funzione, mentre cinque impianti sono stati eliminati dalla rete nel 2008 e 2009. La capacità installata totale si è ridotta leggermente, nonostante numerose modifiche tecniche sugli impianti per aumentarne la potenza (uprating).30

Nel 2009, i 370 GW di capacità nucleare hanno generato circa 2.600 TWh – un calo dell'1,3%, il terzo di fila – ossia circa il 13% dell'elettricità commerciale o il 5,5% dell'energia primaria commerciale, ovvero tra il 2% e il 3% di tutta l'energia nel mondo – tutti con un trend discendente.³¹

Nonostante il declino in termini reali del ruolo dell'energia nucleare, le proiezioni da parte dell'AIEA e dell'Agenzia Internazionale dell'Energia dell'OCSE per un massiccio sviluppo sono sempre più ottimistiche. L'AIEA prevede 473 GW di capacità nucleare nel suo scenario "basso" e, con ammirevole precisione, 747,5 GW nel suo scenario "alto", entro il 2030. Il World Energy Outlook 2009 dell'AIE ha aggiunto un altro 10% alle sue proiezioni della capacità nucleare installata, che raggiungerà i 475 GW entro il 2030 nel suo Scenario di Riferimento. Nel suo "Scenario 450" (scenario di stabilizzazione del clima), l'AIE prevede, analogamente allo scenario "alto" dell'AIEA, più di un

²⁷ Nuclear Energy Loses Cost Advantage, Diana S. Powers, New York Times, 26 luglio, 2010.

²⁸ Jeremy Leggett, "I accept George Monbiot's £100 solar Pv bet", The Guardian, 9 marzo 2010.

²⁹ Per un'analisi dettagliata, vedi Mycle Schneider, Steve Thomas, Antony Froggatt, e Doug Koplow, *The World Nuclear Industry* Status Report 209, commissionato dal Ministero dell'Ambiente tedesco (Parigi: agosto 2009), disponibile in inglese e tedesco all'indirizzo http://www.bmu.de/english/nuclear safety/downloads/doc/44832.php

³⁰ Aumento della capacità presso le strutture esistenti con mezzi tecnici (sostituzione dei generatori di vapore, ammodernamento delle turbine, ecc.).

³¹ Usiamo il termine "commerciale" qui per chiarire che le statistiche energetiche non tengono conto in genere della potenza non collegata alla rete, o delle biomasse non commerciali, ad esempio, che contribuiscono con una quota sostanziale all'approvvigionamento energetico in molte parti del mondo.

PANORAMICA E TENDENZE 21

raddoppio dell'attuale capacità nucleare e generazione di energia entro il 2030. L'AIE afferma:

Una rinascita del nucleare è possibile, ma non può avvenire dall'oggi al domani. I progetti nucleari si trovano di fronte ostacoli significativi, tra cui i prolungati periodi di costruzione e i rischi correlati, lunghi processi di concessione delle licenze e carenze di manodopera, oltre alle annose questioni legate allo smaltimento delle scorie, alla proliferazione e all'opposizione locale. Il finanziamento delle nuove centrali nucleari, soprattutto nei mercati liberalizzati, è sempre stato difficile e la crisi finanziaria quasi certamente l'ha reso ancora più difficile. L'enorme fabbisogno di capitale, associato ai rischi di sforamento dei costi e alle incertezze relative alle regolamentazioni, rendono molto cauti investitori e finanziatori, anche quando la crescita della domanda è solida.32

Né l'AIEA né l'AIE dimostrano come questi "ostacoli significativi" potrebbero essere superati, al fine di giustificare queste grandi proiezioni di espansione. In effetti, in un recente rapporto, il think-tank Prognos,³³ con sede a Basilea, suggerisce che il numero di reattori in funzione diminuirà probabilmente del 29% entro il 2030 rispetto al dato della primavera 2009. Prognos stima che solo il 35% dei progetti annunciati dalla World Nuclear Association per il 2030 si concretizzerà – non abbastanza da bilanciare i reattori obsoleti che saranno messi fuori servizio.

Confronto tra nucleare e rinnovabili

Le Figure 10 e 11 mostrano le aggiunte nette alla rete dalle nuove rinnovabili (non includendo le grandi idroelettriche) e dal nucleare, e i contributi di tutte le fonti energetiche cosiddette a basso tenore di carbonio al mix di elettricità globale. Sebbene a prima vista questi dati potrebbero sembrare contraddittori, sono due facce della stessa medaglia. La Figura 10 mostra in dettaglio le aggiunte nette alla rete sulla rete globale, nell'arco degli ultimi due decenni. Le dimensioni delle singole centrali, abbinate alla chiusura dei reattori, spiegano perché la linea di tendenza del nucleare manchi di una direzione generale, ma possa essere riassunta in una capacità supplemen-

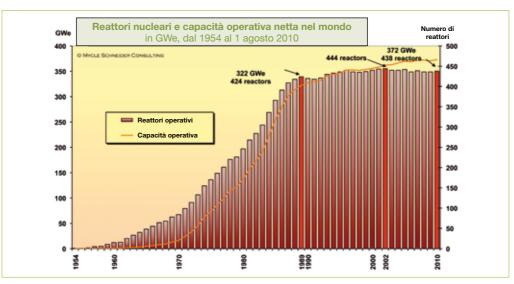


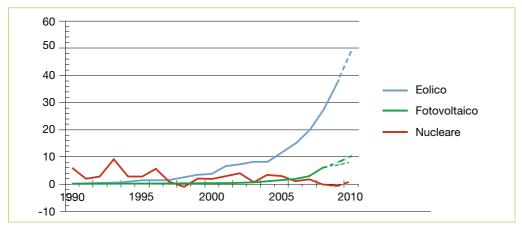
Figura 9: Reattori nucleari e capacità nel mondo 1954-2010 (GW)

© Mycle Schneider Consulting - Fonti: AIEA-PRIS, MSC, 2010

³² AIE, World Energy Outlook 2009, p. 160.

³³ Matthias Deutsch et al., Renaissance der Kernenergie, commissionato dall'Ufficio federale per la radioprotezione (BFS), Prognos, Berlino/Basilea, settembre 2009.

Figura 10: Aggiunte nette alla rete di elettricità globale dalle nuove rinnovabili e dal nucleare 1990-2010 (in GW)



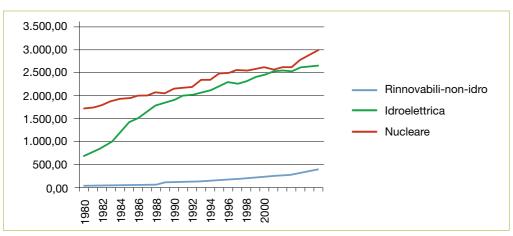
Fonte: Amory Lovins, 201034

tare annua netta media di circa 2 GW, all'inizio del periodo, rispetto a una capacità installata globale di circa 370 GW. Tuttavia, questa tendenza ha registrato una stagnazione o una riduzione dal 2005. Nell'arco dello stesso periodo, l'energia eolica ha aumentato la sua capacità di oltre 10 GW in media l'anno, con aggiunte di capacità stabilmente in aumento, fino a superare 37 GW nel 2009.

È importante inoltre osservare l'elettricità effettiva generata dalle diverse fonti di combusti-

bili non fossili, come tracciato nella *Figura 11*. Ciò dimostra la misura in cui, nonostante la crescita recente delle nuove rinnovabili, il loro contributo rispetto all'energia nucleare e alle grandi idroelettriche sia limitato. Tuttavia, questa situazione cambierà, come si osserva nella *Figura 17*. L'AIE presume che, nel suo "Scenario 450", entro il 2030 l'uso dell'energia idroelettrica sarà doppio rispetto all'attuale livello dell'energia nucleare, mentre l'energia eolica produrrà una quantità equivalente a quella di altre fonti rinnovabili. 35

Figura 11: Produzione di elettricità da fonti di combustibili non fossili



Fonte: Earth Policy Institute, 2009

³⁴ Amory Lovins, Comunicazione personale agli autori (2010).

³⁵ AIE, World Energy Outlook 2009, tabella 9.2, p. 324.



"Se qualcuno dichiara pubblicamente che serve energia nucleare nel carico base, per via dell'oscillazione dell'energia derivata dal vento o dal sole nella rete, o non ha capito come funziona una rete elettrica o un impianto nucleare, oppure mente consapevolmente al pubblico. L'energia nucleare e le energie rinnovabili non possono essere combinate tra loro".

Siegmar Gabriel ex Ministro Federale dell'Ambiente tedesco³⁶

Decidere una politica per lo sviluppo dell'energia nucleare e/o dell'efficienza energetica + le rinnovabili non vuol dire solo limitarsi alla scelta di alternative tecnologiche. Le decisioni sono spesso stimolate, o almeno pesantemente influenzate, dai sistemi politici preesistenti, dai processi decisionali, dalla struttura del mercato e dall'infrastruttura pesante. D'altro canto, le decisioni sul sistema di base, come tra generazione di energia centralizzata o decentrata, hanno un impatto significativo sulla flessibilità e sulla competitività delle tecnologie e dei sistemi energetici. Ad esempio, anche se è indubbio che la cogenerazione (combined heat

and power, CHP) sia un modo molto più efficiente di fornire servizi energetici basati su calore ed elettricità, rispetto alla generazione separata è difficile per la CHP competere con impianti centralizzati esistenti, spesso sovradimensionati, o con le reti di gas naturale *esistenti*.

In molti paesi in via di sviluppo, moltissime di queste decisioni relative all'infrastruttura devono ancora essere adottate. Di conseguenza, è della massima importanza valutare le implicazioni di queste scelte di sistema basilari. I paesi industrializzati illustrano l'esito di scelte strategiche del passato. Purtroppo, anche se esistono numerosi casi locali e regionali disuccesso, non esiste un "buon" esempio di politica dell'energia nazionale in grado di fornire servizi energetici sostenibili a buon prezzo. Tutti i paesi hanno attuato politiche che hanno gravi svantaggi, rendendo necessari sostanziali "lavori di riparazione" al fine di affrontare i guasti.

Il sistema centralizzato francese

La Francia, ad esempio, governata da un sistema politico molto centralizzato, ha sempre

cercato naturalmente risposte centralizzate alle sfide dell'approvvigionamento energetico. L'energia nucleare è stata una scelta logica di decisione "dall'alto" e il risultato della totale assenza di disponibilità, da parte del potere centrale, di condividere le decisioni sulle questioni energetiche con i governi regionali o addirittura locali. Come un rullo compressore, la logica nucleare sponsorizzata dallo stato ha spazzato via le industrie di piccole e medie dimensioni che cercavano di sviluppare fonti di energia nuove e rinnovabili. In modo analogo, sono stati spesso soffocati gli sforzi relativi all'efficienza energetica. Con la metà degli anni '80, era diventato evidente che EDF, la società elettrica di stato, aveva realizzato impianti in eccesso (nell'ordine di 16 centrali nucleari). Anziché adeguare la pianificazione degli impianti, lo stato smantellò la maggiorparte dell'Agenzia per l'Efficienza Energetica e EDF optò per due scelte strategiche: accordi di esportazione dell'elettricità a lungo termine e promozione su tutto il paese del riscaldamento domestico e dell'acqua elettrici. Questa strategia ha portato alla più significativa barriera allo sviluppo di efficienza energetica+rinnovabili in Francia. Centinaia di migliaia di edifici sono stati costruiti senza camini, quindi senza un'opportunità a basso costo di passare a fonti di riscaldamento con meno sprechi e meno inquinamento dell'elettricità. Negli ultimi anni, la tendenza è addirittura aumentata e circa il 75% di tutte le nuove case francesi è dotato di riscaldamento elettrico. Vi sono casi in cui nuove reti di teleriscaldamento passano accanto a edifici riscaldati a elettricità, senza alcuna possibilità di collegamento a causa dei costi proibitivi che tali modifiche richiedono.

L'altro effetto collaterale del massiccio utilizzo termico dell'elettricità - circa la metà del consumo di elettricità residenziale in Francia – è lo spettacolare aumento del carico di picco invernale, che supera ormai di tre volte la giornata di minor carico durante il periodo estivo. Il risultato è un notevole aumento dell'uso di combustibile fossile per la generazione di energia (un aumento di circa il 25% dal 1990), la rimessa in moto di centrali elettriche a nafta vecchie anche di 40 anni e il rapido aumento dell'importazione di elettricità ad alto costo, ed in particolare prodotta dal carbone dalla Germania. Infatti, nel gennaio 2010 la Francia è stato un importatore netto di elettricità – dopo l'ottobre 2009, il secondo mese di importazione netta in 27 anni.

Gli sforzi in Francia per l'efficienza energetica + le rinnovabili sono rimasti seriamente sottosviluppati. Com'è logico, il consumo di elettricità pro-capite è significativamente più elevato rispetto alla media dell'UE, o di un paese come l'Italia, che ha abbandonato l'energia nucleare dopo il disastro di Chernobyl. Nel 2008 la Spagna ha aggiunto più capacità di energia eolica (4.600 MW) di quanto la Francia ne abbia installata in totale fino al 2007 (4.060 MW).

L'idea che il sistema nucleare francese abbia portato a un basso tenore di carbonio della sua economia è sbagliata. Come illustrano le nuove cifre pubblicate dal governo francese,³⁷ tenendo conto del contenuto netto di carbonio dei beni importati (meno il contenuto di carbonio dei prodotti esportati), le emissioni pro capite di gas serra (2005) aumentano da 8,7 t a 12 t di CO₂ equivalenti, e quindi raggiungono quasi il livello della Germania, paese la cui energia è basata sul carbone.³⁸ La Francia ha un grande deficit commerciale, mentre la Germania è stata la prima nazione esportatrice del mondo, fino a quando non è stata superata dalla Cina nel 2009.

³⁷ Ministère de l'Écologie, "L'empreinte carbone de la demande finale intérieure de la France", agosto 2010.

³⁸ Per il 2001, il calcolatore norvegese dell'impronta di carbonio indica 13,1 t di CO₂eq per i sei gas serra per la Francia e 15,1 t di CO₂eq per la Germania, vedi http://carbonfootprintofnations.com

QUESTIONI SISTEMICHE 25

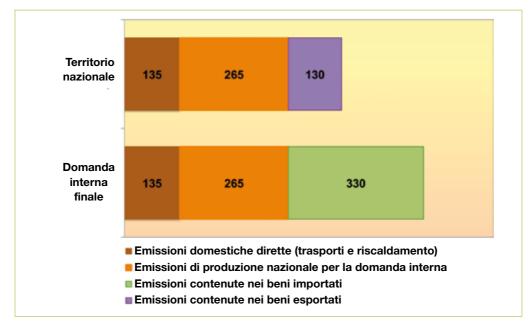


Figura 12: Emissioni di gas serra dovute al consumo finale in Francia (in t di CO2 eq.)39

Fonte: Ministero dell'Ecologia, agosto 2010

L'approccio tedesco: progressivo abbandono del nucleare ed espansione delle rinnovabili

Il caso tedesco illustra una strategia totalmente diversa. Anche se l'energia nucleare ha fornito fino al 30% dell'elettricità, il paese è sempre stato pesantemente dipendente dal carbone e dalla lignite. Nel 2000 il governo ha siglato un accordo con le utility nucleari e nel 2002 ha deciso per legge il progressivo abbandono dell'energia nucleare. Parallelamente, nel 2000 è stata adottata la legislazione sulle tariffe incentivanti, che ha introdotto prezzi garantiti per i produttori di elettricità da fonti rinnovabili, oltre a programmi di stimolo del mercato per promuovere la penetrazione delle energie rinnovabili nel mercato del riscaldamento. La combinazione di un chiaro obbiettivo di pianificazione per il progressivo abbandono dell'energia nucleare e di un forte incoraggiamento allo sviluppo di energie rinnovabili ha creato un ambiente straordinariamente dinamico. Le agenzie dell'energia regionali, sotto l'autorità dei

Länder (stati federati) sono state determinanti nel pianificare e realizzare la messa in atto del programma. L'energia totale fornita dalle rinnovabili è triplicata dalla fine degli anni '90, sono stati creati centinaia di migliaia di posti di lavoro e le tecnologie dell'energia rinnovabile sono diventate uno dei primi rami delle esportazioni.

Ma non tutto è andato bene. Anche se la produzione di elettricità rinnovabile, soprattutto eolica, è aumentata di circa 70 TWh – o di un fattore di cinque tra il 1990 e il 2007 – il consumo totale di elettricità è aumentato di oltre il 12%, o quasi 68 TWh, durante lo stesso periodo. Di conseguenza, le emissioni di ${\rm CO}_2$ del settore di generazione dell'energia tedesco sono risultate identiche nel 2007 e nel 1990. Si tratta di un risultato particolarmente deludente, poiché l'unificazione della Germania orientale e occidentale aveva portato a una "naturale" riduzione del contenuto di carbonio e del consumo di energia nell'est del paese, a causa della semplice chiusura delle centrali 40 e dei settori obsoleti.

³⁹ Si noti che questo calcolo tiene conto solo di CO₂, CH₄ e N₂O.

⁴⁰ La più vecchia centrale alimentata a carbone a Berlino Est in funzione nel 1989 risaliva al 1919.

Gli analisti dell'energia e le organizzazioni ambientali sottolineano da tempo questo problema, ma né la precedente Grande Coalizione né il nuovo governo conservatore sono stati in grado di attuare i benché minimi requisiti di efficienza in base alla legislazione UE. Nel contempo, la potenziale proroga del funzionamento delle centrali nucleari tedesche è una minaccia per la ristrutturazione del sistema energetico nel paese. Un'analisi approfondita di Joachim Nitsch, commissionata dal Ministero dell'Ambiente tedesco, ha concluso nel 2008:⁴¹

In caso di proroga della durata di vita dell'energia nucleare, l'attuale pianificazione per la costruzione di nuovi impianti a combustibile fossile dovrà essere interamente rivista, al fine di non pregiudicare l'obiettivo del 30% per l'energia rinnovabile per il 2020. L'obiettivo della cogenerazione potrebbe non essere raggiunto. Il necessario cambiamento strutturale dell'approvvigionamento energetico verso un significativo aumento dell'efficienza dell'elettricità, una quota significativamente più elevata di cogenerazione e un'alta dinamica di espansione per l'energia rinnovabile verrebbero fondamentalmente messi in discussione. Pertanto, il sistema energetico difficilmente si troverebbe nelle condizioni di adempiere all'obiettivo di una riduzione delle emissioni di CO2 dell'80% fino al 2050.

L'importante sviluppo delle energie rinnovabili nel settore elettrico non necessita di grandi capacità di carico di base supplementare, che funzionino tutto l'anno con elevati fattori di carico, ma piuttosto di impianti flessibili a media potenza , in grado di adattarsi a vari tipi di centrali intermittenti. 42 "La proroga della durata di

vita delle centrali nucleari lascerebbe quantità di elettricità sul mercato che altrimenti potrebbero successivamente essere sostituite dalla cogenerazione", sottolinea il Wuppertal Institut.⁴³ Allo stesso tempo, il funzionamento continuato delle centrali nucleari ostacolerebbe anche l'estensione dei sistemi di riscaldamento urbani.

La concorrenza diretta tra elettricità rinnovabile e nucleare e altra energia "di base" conduce a situazioni di mercato sempre più assurde. In Germania, l'inserzione sulla rete di elettricità rinnovabile ha priorità giuridica rispetto a quella di origine nucleare e di origine fossile. Ma in ottobre 2008, la generazione di energia eolica è stata così elevata che parte dell'elettricità non rinnovabile ha dovuto essere "venduta" a prezzi "negativi" sul mercato dell'energia, perché non è stato possibile ridurre con sufficiente rapidità la produzione delle centrali nucleari e di quelle alimentate a carbone. Questa situazione si è presentata nonostante che 8 GW di capacità nucleare fossero fuori servizio per manutenzione.44 Da allora, i prezzi dell'elettricità negativi, legali in Germania solo dal settembre 2008, sono diventati un fenomeno sempre più frequente sul mercato dell'energia. Nei sei mesi tra settembre 2009 e febbraio 2010, i prezzi dell'energia sono scesi in rosso per 29 giorni (vedere Figura 13). I prezzi negativi hanno raggiunto livelli sbalorditivi: il 4 ottobre 2009, un produttore di energia elettrica ha dovuto pagare fino a € 1.500/MWh (15 cent/kWh) per liberarsi della sua elettricità.

La strategia del progressivo abbandono del nucleare è perfettamente complementare all'introduzione di un sistema altamente flessibile, basato sulla combinazione intelligente di fonti di energia distribuite.

⁴¹ Joachim Nitsch, "Leitstudie 2008 - Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas", commissionato dal Ministero federale per l'ambiente, la conservazione della natura e la sicurezza nucleare (ottobre 2008).

⁴² Va notato che, in effetti, tutte le centrali sono più o meno intermittenti, incluse le centrali nucleari che non solo sono inattive per diverse settimane l'anno per il rifornimento, ma anche molte delle quali hanno subito interruzioni costose per riparazioni o migliorie di durata superiore a un anno.

⁴³ Manfred Fischedick et al., "Hindernis Atomkraft- Die Auswirkungen einer Laufzeitverlängerung der Atomkraftwerke auf erneuerbare Energien", commissionato dal Ministero federale per l'ambiente, la conservazione della natura e la sicurezza nucleare (Wuppertal Institut, aprile 2009).

QUESTIONI SISTEMICHE

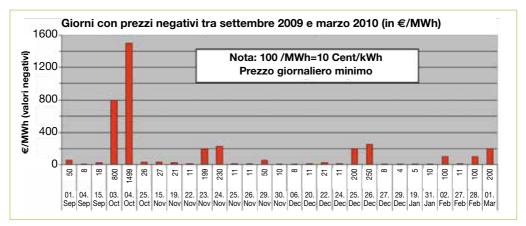


Figura 13: Prezzi negativi dell'elettricità sulla borsa elettrica tedesca

Fonti: H. Alt, "Warum negative Strompreise an der Strombörse?", FH-Aachen, marzo 2010

Le rinnovabili spagnole toccano il limite massimo?

In Spagna, al mattino del 24 febbraio 2010, il gestore della rete Red Eléctrica (REE) ordinò che 800 MW di energia eolica cessassero di generare elettricità per diverse ore. Questo perché all'1.30 di notte, l'energia eolica stava fornendo 11.961 MW (il 44,5% dei 26.674 MW richiesti a quell'ora). Tuttavia, dopo un intervento della REE, la produzione dell'energia eolica fu abbassata a 10.852 MW. La generazione eolica rimase al di sotto della quantità che avrebbe potuto fornire fino alle 6.30, quando la domanda iniziò a salire. Tuttavia, durante il periodo di ridotta produzione eolica, la generazione nucleare rimase invariata.

Un nuovo approccio

Uno dei più importanti problemi legati alla produzione elettrica è legato alla pianificazione e la realizzazione di impianti centralizzati di grande potenza - sia nel caso che ne si proroghi il funzionamento o che se ne costruiscano di nuovi. Ciò non si riferisce solamente agli aspetti tecnologici della generazione di elettricità e calore, ma anche alle interconnessioni innovative per una utilizzazione decentrata dell'energia e per la gestione della generazione nelle centrali

virtuali. Come sottolinea la Galvin Electricity Initiative, fondata nel 2005 dall'ex presidente della Motorola Robert Galvin:

Obsolescente, inaffidabile, inefficiente, poco sicuro e incompatibile con le esigenze di un'economia digitale, il sistema elettrico statunitense ha un estremo bisogno di modernizzazione. Con una tecnologia antecedente agli anni '50, il sistema comprende apparecchiature vecchie di decenni e al limite del disfunzionamento. Anche se molti componenti possono e dovranno essere sostituiti, la situazione offre alla nazione un'opportunità senza precedenti: l'occasione anche di reinventare e cambiare la rete elettrica americana in modo da apportare un fondamentale beneficio ai consumatori, all'ambiente e all'economia. (...) Il settore, tuttavia, non è riuscito a produrre innovazione significativa in più di 50 anni, in gran parte a causa di una struttura normativa non in sintonia con le esigenze del ventunesimo secolo.45

Questo verdetto potrebbe applicarsi anche alla rete europea, così come a molti altri paesi industrializzati del mondo.

Le centrali elettriche virtuali (Virtual Power Plants, VPP) – il raggruppamento e la gestione centralizzata di unità di generazione distribuite, come le rinnovabili di piccola potenza e la cogenerazione – sono uno dei concetti più promettenti per il futuro dell'elettricità. Una ulteriore estensione di questo concetto è l'inclusione di capacità di stoccaggio decentrate, come batterie per auto o stoccaggio di riserva dei sistemi a energia rinnovabile. Ciò è letteralmente l'opposto della visione dell'energia nucleare.

Il consumatore usa un interruttore che attiva la generazione e l'utilizzazione dell' energia, secondo condizioni di rete ottimizzate(equilibrio domanda/offerta/prezzo). I consumatori di elettricità si trasformano in produttori, ed è nato così il termine *prosumers*. La maggioranza degli investimenti in nuova capacità di generazione, in un paese come la Germania, è ormai effettuata dai nuclei familiari, e non più dalle utility. Per permettere un tale sviluppo, le reti dovranno essere adattate in misura significativa. In un documento di consultazione pubblica, il Gruppo di regolatori europei per l'elettricità e il gas (European Regulators Group for Electricity and Gas) ha dichiarato:⁴⁶

Le reti dell'elettricità del futuro dovranno collegare generatori di molte tecnologie e dimensioni diverse, a tutti i livelli di tensione, alcuni dei quali altamente controllabili e altri con una produzione fortemente dipendente dalla disponibilità istantanea della loro risorsa di energia primaria rinnovabile (ad es. la generazione eolica). [...] Dovrà essere introdotto un grado significativamente maggiore di controllo dei sistemi e intelligente allo stesso tempo, per soddisfare con sicurezza la domanda di energia e con un livello ottimale di generazione e capacità di rete. Ciò si raggiungerà con l'evoluzione delle reti elettriche – cioè con le reti intelligenti (Smart Grids).

La differenza di base rispetto ai sistemi tradizionali di trasporto e distribuzione dell'elettricità è l'adattamento di una rete di comunicazioni sofisticata alla rete elettrica. Una sfida significativa sarà l'integrazione di questi sistemi di comunicazione a livelli di media e bassa tensione, e l'organizzazione delle loro sinergie con i contatori intelligenti dal lato del consumatore. Affinché ciò funzioni, non solo dovranno essere installati nuovi sistemi elettronici, ma anche la regolamentazione dovrà essere adattata. E quanto più rapidamente si desidera l'introduzione di reti più intelligenti, tanto più si deve richiedere ai regolatori "di trovare il modo di incoraggiare un livello di innovazioni più radicali, fornendo al contempo un giusto grado di protezione degli interessi dei clienti e uno sviluppo economicamente efficace della rete".

L'Italia non nucleare è stata un precursore nei contatori intelligenti. Già nel 2006, i regolatori hanno annunciato l'installazione obbligatoria di contatori intelligenti per tutti i consumatori entro la fine del 2011. Tuttavia, la Svezia ha messo a punto la tecnologia più rapidamente e ha raggiunto una copertura del 100% nel luglio 2009. Ora il paese sta aiutando le vicine Danimarca, Finlandia e Norvegia ad accelerare l'installazione. 48 La Francia nucleare inizierà solo una fase di test nel 2010, con 300.000 contatori intelligenti in due regioni. Nel frattempo, lo European Smart Metering Industry Group (ESMIG) è cresciuto dai cinque soci fondatori nel 2008 a 32 nel luglio 2010, riunendo in una federazione le più grandi società di elettronica e telecomunicazioni in Europa. I paesi più industrializzati hanno ormai in corso progetti di dimostrazione e alcuni paesi in via di sviluppo si stanno preparando all'introduzione. Nel marzo 2010, l'Agency for International Development statunitense ha pubblicato "A Smart Grid Vision for India's Power Sector".

Il settore degli elettrodomestici sta compiendo rapidi progressi. Whirlpool è stata la prima azienda ad annunciare che tutti i suoi elettrodomestici con un componente elettronico saranno compatibili con la rete intelligente entro il 2015.

⁴⁶ ERGEG, "Position Paper on Smart Grids-An ERGEG Public Consultation Paper" (Bruxelles: 10 dicembre 2009).

⁴⁷ Ibid.

⁴⁸ Technology Action Plan - Smart Grids, rapporto da Italia e Corea del Sud al Forum sull'energia e il clima delle maggiori economie (dicembre 2009).

QUESTIONI SISTEMICHE

Vari modelli di energia elettrica distribuita, con una partecipazione di energie rinnovabili, sono già in fase di realizzazzione. La centrale elettrica virtuale e i progetti di micro-rete, che riducono significativamente le perdite nella trasmissione e distribuzione, sono in via di costruzione in diversi paesi. 49 In maggio 2010, la Galvin Electricity Initiative ha lanciato il Microgrid Hub: "Le microreti intelligenti sono un modo ideale per integrare le risorse rinnovabili a livello di comunità, e per consentire la partecipazione dei clienti nell'impresa dell'elettricità. Formano gli elementi fondamentali del Perfect Power System, il sistema elettrico perfetto".50 Il Perfect Power System, sviluppato dall'iniziativa, è "l'innovativo piano dettagliato di business e tecnologia per la rete intelligente definitiva". L'Institute of Technology dell'Università dell'Illinois ha avviato recentemente la fase di implementazione di un progetto dimostrativo di dimensioni reali, sul campus dell'università.

La riunione ministeriale sull'energia pulita di Washington (Washington Clean Energy Ministerial) del 2010 ha lanciato la "International Smart Grid Action Network (ISGAN) per accelerare lo sviluppo e l'installazione di reti di elettricità intelligenti in tutto il mondo". Tuttavia, il termine "rete intelligente" viene utilizzato in molti modi. La questione chiave sarà se alcuni dei suoi componenti (i contatori intelligenti, in particolare) verranno realizzati come comodo complemento al vecchio macrosistema di tipo "top-down", o se saranno sviluppati al fine di

sfruttarne il pieno potenziale. Ciò significherebbe necessariamente spostarsi verso un sistema elettrico basato su microreti. Ove possibile, queste microreti verrebbero verosimilmente collegate a cluster, al fine di aumentare le complementarietà e la stabilità del sistema.

Analogamente alla Francia, il Regno Unito prevede le reti intelligenti come un miglioramento della rete attuale, anziché come uno strumento per un profondo cambiamento verso un'economia basata su efficienza+rinnovabili. Al contrario, il ministero britannico dell'energia e dei cambiamenti climatici (Department of Energy and Climate Change) conta addirittura su un aumento continuo dei consumi.

Entro il 2050 dovremo produrre più elettricità rispetto a oggi, ma dovremo farlo in larga misura senza emissione di gas di serra. Dovremo generare elettricità da fonti a basso tenore di carbonio, come rinnovabili, impianti nucleari e a combustibile fossile, con cattura e sequestro del carbonio.⁵¹

Anche se rimangono delle lacune significative, esistono prove schiaccianti del fatto che alcuni degli effetti sistemici di un'infrastruttura dell'elettricità basata sull'energia nucleare comprendono barriere allo sviluppo di una società di servizi energetici basati su efficienza+rinnovabili e, in alcuni casi – soprattutto man mano che aumenta il livello di energia rinnovabile – del fatto che entrambi gli approcci si escludono a vicenda.

⁴⁹ Vedi ad esempio Dardesheim in Germania e la "Power Matching City" Hoogkerk nei Paesi Bassi. Negli Stati Uniti, la California Energy Commission (CEC) ha recentemente approvato la proposta della University of California di San Diego per una borsa di studio di Renewable Energy Secure Communities (RESCO), per sviluppare e dimostrare l'integrazione della produzione di energia rinnovabile on-site, utilizzando energia geotermica, tecnologia della pompa di calore e acque reflue trattate, solare voltaico, energia eolica, associate ad alternative di stoccaggio on-site, ammodernamento di illuminazione e condizionamento dell'aria negli edifici e stazioni di carica dei veicoli elettrici.

⁵⁰ http://galvinpower.org/microgrids

⁵¹ http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/what_we_do/uk_supply/network/smart_grid/smart_grid.aspx



L'imperativo di un'azione rapida contro il cambiamento climatico

Esiste un crescente, e ormai pressoché universale, consenso sul fatto che le emissioni di gas serra indotte dall'intervento umano, in particolare l'anidride carbonica (CO2) dal settore energetico stiano alterando il clima globale. Il quarto rapporto di valutazione (Fourth Assessment Report) del Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (Intergovernmental Panel on Climate Change) affermava che "il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile" e che vi è più del 90% di probabilità che ciò sia il risultato delle attività umane dall'inizio della rivoluzione industriale. Durante il ventesimo secolo, le temperature globali sono aumentate di 0,6 gradi Celsius. Continuare lungo le attuali traiettorie dell'uso di energia e del suolo aumenterà le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera al punto tale che, entro la fine di questo secolo, le temperature potrebbero aumentare di altri 6 gradi. Ciò avrebbe conseguenze catastrofiche per la razza umana e per gli ecosistemi terrestri.

Per evitare le conseguenze più pericolose del cambiamento climatico, la comunità internazionale ha fissato un "obiettivo di 2 gradi", il che significa che le emissioni dovranno essere ridotte al fine di assicurare che la temperatura media globale non aumenti di più di 2 gradi Celsius rispetto ai livelli pre-industriali. Questo obiettivo è stato appoggiato da un grande numero di organismi e forum internazionali, tra cui l'Unione Europea, il Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico e, più recentemente, l'Accordo di Copenaghen, che afferma: "Siamo d'accordo che forti tagli delle emissioni globali sono necessari secondo la ricerca scientifica, e come documentato dalla quarta relazione di valutazione dell'IPCC, al fine di ridurre le emissioni globali, in modo da contenere l'aumento della temperatura globale entro i 2 gradi Celsius, ed interveniamo per rispondere a questi obiettivi in modo coerente con la scienza e sulla base dell'equità".52

Al fine di raggiungere questo obiettivo, è necessario operare un taglio drastico delle emissioni di gas serra di oltre l'80% entro il 2050. Sotto molti aspetti, più importante dell'obiettivo

LA TEMPISTICA DI INVESTIMENTO

a lungo termine sono gli obiettivi previsti per il breve termine. Il rapido cambiamento della tecnologia o del comportamento dimostrerà la fattibilità della riduzione delle emissioni ed eviterà di bloccare gli investimenti su attività ad alto consumo energetico ed alte emissioni. Tuttavia, i ritardi nella riduzione delle emissioni porteranno alla necessità di operare tagli molto maggiori ed ad un costo molto più elevato in futuro.

Tempi per lo sviluppo e l'applicazione di nuove tecnologie. Esperienze e aspettative

Energia nucleare

Data l'esigenza di una rapida riduzione delle emissioni, il tempo necessario per introdurre nuove tecnologie a larga scala è un fattore importante e altamente sottostimato. Vi sono due fasi principali per la messa in esercizio di nuove struture e impianti di produzione dell'energia: la fase di pre-sviluppo e la costruzione.

La fase di pre-sviluppo può comprendere un'ampia varietà di consultazioni e prevede l'ottenimento delle necessarie licenze di costruzione ed esercizio, il consenso locale e nazionale, oltre al reperimento dei fondi necessari. In alcuni casi, la realizzazione di una nuova tecnologia può essere accelerata mentre vengono eseguiti gli studi relativi alla sicurezza mentre, la fase di presviluppo può richiedere più tempo a causa delle condizioni del cantiere locale o dell'insorgere di nuove problematiche. L'AIE ha stimato per l'energia nucleare una fase di pre-sviluppo di circa otto anni.53 Tuttavia, ciò comprende il tempo necessario per ottenere l'approvazione politica e presume l'esistenza di infrastruttura industriale, la mano d'opera e le legislazioni per la regolamentazione. Nel caso del Regno Unito, l'allora Primo Ministro Tony Blair annunciò che l'energia nucleare era "tornata più forte che mai" nel maggio 2006, ma era alcuni anni prima che la fase di pre-sviluppo per l'energia nucleare cominciasse.

L'energia nucleare ha una storia di ritardi nella costruzione, e un'analisi condotta dal Consiglio Mondiale per l'Energia⁵⁴ ha dimostrato il trend globale di aumento dei tempi di costruzione per i reattori nucleari. L'aumento significativo dei tempi di costruzione dalla fine degli anni '80 fino al 2000 è stato in parte dovuto ai cambiamenti dell'opinione politica e pubblica sull'energia nucleare dopo l'incidente di Chernobyl, con successive modifiche dei requisiti regolatori. Come abbiamo evidenziato nel rapporto sullo stato del settore nucleare mondiale (World Nuclear Industry Status Report) 2009,55 determinare un tempo di costruzione medio globale - sarebbe circa nove anni per i 16 impianti messi in funzione più di recente - non ha molto senso, per via delle differenze tra i paesi. Il periodo di costruzione per quattro reattori avviati in Romania, Russia e Ucraina è stato compreso tra 18 e 24 anni. Al contrario, ci sono voluti poco più di cinque anni, in media, per completare le 12 unità che sono state collegate alla rete in Cina, India, Giappone e Corea del Sud.

L'aumento dei tempi di costruzione è osservabile in diversi paesi del mondo. In Germania, nel periodo dal 1965 al 1976, la costruzione richiedeva 76 mesi, salendo a 110 mesi nel periodo tra il 1983 e il 1989. In Giappone, il tempo di costruzione medio nel periodo dal 1965 al 2004 è andato da 44 a 51 mesi. Infine, in Russia, il tempo di costruzione medio dal 1965 al 1976 è stato di 57 mesi, poi dal 1977 al 1993 tra 72 e 89 mesi, ma i quattro impianti completati da allora hanno richiesto circa 180 mesi (15 anni), ⁵⁶ a causa della maggiore opposizione in seguito all'incidente di Chernobyl, ai problemi economici e ai cambiamenti politici dopo il 1992.

⁵³ AIE, Nuclear Power in the OECD (Agenzia Internazionale dell'Energia, 2001).

⁵⁴ World Energy Council, Alexandro Clerici e ABB Italy, "European Regional Study Group - The Future Role of Nuclear Energy in Europe" (13 giugno 2006); e, per i dati post-2000, calcolo basato sul database PRIS, http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html

⁵⁵ Mycle Schneider et al., The World Nuclear Industry Status Report 2009.

⁵⁶ World Energy Council et al., "European Regional Study Group" (2006).

| Periodo di riferimento | Numero di reattori | Tempo di costruzione medio (mesi) |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 1965-1970 | 48 | 60 |
| 1971-1976 | 112 | 66 |
| 1977-1982 | 109 | 80 |
| 1983-1988 | 151 | 98 |
| 1995-2000 | 28 | 116 |

18

6

Tabella 1: Tempo di costruzione delle centrali nucleari nel mondo

Fonti: Clerici, 2006; AIEA57

2001-2005

2005-2009

Il primo dei reattori di più recente concezione, i cosiddetti reattori Generazione III+, è in fase di costruzione in Finlandia.58 Al momento dell'ordinazione di Olkiluoto-3, nel dicembre 2003, il contratto prevedeva che l'impianto fosse in funzione entro il 1 maggio 2009. Tuttavia, l'ultima data prevista per il completamento è ora almeno di tre anni e mezzo in ritardo ed un costo vicino al 100% al di sopra del budget (le stime attuali indicano che, con il completamento, il totale raggiungerà 5,7 miliardi di euro o più, rispetto a un preventivo originale di 3 miliardi di euro). Il secondo reattore di Generazione III+, anch'esso un reattore europeo ad acqua pressurizzata (EPR) come in Finlandia, è in fase di costruzione in Francia. Dopo tre anni di costruzione, Flamanville-3 a ormai ufficialmente almeno due anni in ritardo rispetto alla pianificazione e un costo di 2 miliardi di euro al di sopra del budget. A seguito dei problemi di costruzione, l'agenzia di valutazione del credito Standard & Poor's ha abbassato il rating della società di costruzione di impianti nucleari AREVA.59

Date le complessità e i costi associati alla costruzione, i reattori tendono a essere realizzati in serie, anziché in parallelo, ossia i costruttori attendono che un reattore sia completato prima di iniziare quello successivo. Di conseguenza, ci vorranno diversi anni in più perché una nuova flotta di reattori sia pienamente operativa.

La costruzione di un gran numero di reattori in tutto il mondo porterebbe esperienza che, in condizioni di implementazione tecnologica normali, condurrebbe a velocità di diffusione accelerata e a un abbassamento dei costi. A oggi, velocità di implementazione accelerate non si sono verificate con l'energia nucleare, in parte a causa della complessità della tecnologia, delle catene di fornitura associate e della varietà di tecnologie impiegate. Uno dei documenti su costi e finanziamenti preparato nel 2006 per lo "Stern Review – The Economics of Climate Change" (il rapporto del governo britannico sull'impatto economico del cambiamento climatico) ha affermato che:

82

77

I costi della produzione e dell'uso di energia da tutte le tecnologie sono scesi sistematicamente con l'innovazione e le economie di scala nella fabbricazione e nell'utilizzo dagli anni '70, eccetto per l'energia nucleare.⁶⁰

Ciò può essere illustrato dai due più grandi programmi nucleari del mondo: quello degli Stati Uniti (*Figura 14*) e quello francese (*Figura 15*). Entrambi evidenziano grandi aumenti dei costi di costruzione, nonostante la notevole esperienza costruttiva. Nel caso degli Stati Uniti, nell'arco del periodo di 25 anni il costo per kW installato è quasi quintuplicato, mentre in Francia si è registrato un costo più che triplicato. I dati per gli Stati

⁵⁷ Ibid. L'intervallo 2005-2009 non comprende il completamento dell'unità Cernavoda 2 in Romania, che ha richiesto 279 mesi a causa di un'interruzione prolungata nella costruzione.

⁵⁸ Per maggiori informazioni, vedi lo studio di Steve Thomas, "The Economics of Nuclear Power", (2010), www.boell.de

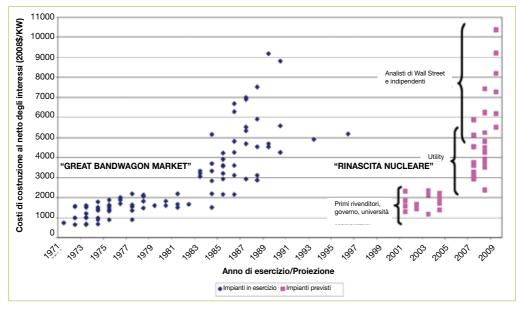
⁵⁹ Da A a BBB +

⁶⁰ Dennis Andersen, "Cost and Finance of Abating Carbon Emissions in the Energy Sector", studio di supporto per Stern Review (Imperial College London: ottobre 2006), p. 18.

LA TEMPISTICA DI INVESTIMENTO 33

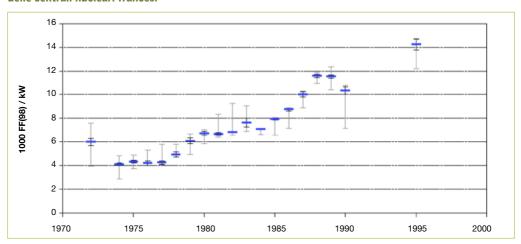
Uniti mostrano inoltre, in rosa, la proiezione dei costi per centrale nucleare, che comprende valutazioni di analisti indipendenti e di Wall Street di oltre 10.000 dollari per kW installato. Ciò che è inoltre degno di nota in Francia è che questo è stato registrato per una sola azienda, perché solo l'azienda di proprietà statale era nelle condizioni di costruire e gestire i reattori.

Figura 14: Evoluzione dei costi di investimento ("curva di apprendimento") delle centrali nucleari statunitensi



Fonte: Cooper, 200961

Figura 15: Evoluzione dei costi di investimento ("curva di apprendimento") delle centrali nucleari francesi



Fonte: Arnulf Grübler, 200962

⁶¹ Mark Cooper, *The Economics of Nuclear Reactors: Renaissance Or Relapse?* Mark Cooper è Senior Fellow per l'Economic Analysis Institute for Energy and The Environment (Vermont Law School, giugno 2009).

⁶² Arnulf Grübler, An Assessment of the Costs of the French Nuclear PWR Program 1970-2000 (6 ottobre 2009).

Sono stati ipotizzati vari motivi per il tasso di apprendimento relativamente basso o negativo riguardo alla costruzione di centrali nucleari, tra cui il tasso di ordinazioni di reattori post-anni '70 relativamente piccolo; l'interfaccia tra la complessità della centrale nucleare e i processi regolatori e politici; e la varietà di progetti implementati. Anche se alcuni di questi fattori potrebbero essere superati in futuro, la "Performance and Innovation Unit" del governo britannico ha evidenziato inoltre una serie di aree in cui le centrali nucleari del futuro potrebbero non presentare tassi di apprendimento paragonabili ad altre tecnologie, tra cui:

- l'energia nucleare è una tecnologia relativamente matura e, quindi, un grande "balzo tecnologico" è meno probabile che in altre tecnologie;
- i tempi di attraversamento relativamente lunghi per la costruzione e la messa in esercizio significano che i miglioramenti derivati dalle informazioni di riscontro dalle esperienze di funzionamento e progettazione sulle prime unità sono necessariamente lenti;
- l'ambito per le economie di scala è più ristretto nel caso del nucleare rispetto alle rinnovabili, a causa della più piccola scala iniziale e della più ampia applicazione potenziale di queste ultime (nelle tipologie e nei numeri).

Inoltre, il quadro dell'industria è radicalmente cambiato da quando la costruzione del nucleare

ha registrato il suo picco intorno al 1980. Molte delle principali organizzazioni nel settore nucleare nel 1980 si sono allontanate completamente dal business del nucleare, perché si sono fuse con altre nel campo nucleare o hanno reindirizzato il proprio approccio commerciale ad attività relative allo smantellamento e alla gestione delle scorie, in cui si è registrato un aumento dell'attività negli ultimi anni. Ciò ha prodotto un più piccolo gruppo di aziende, in un minore numero di paesi, con la capacità di gestire la costruzione di una centrale nucleare completa.⁶⁴

L'industria della costruzione delle centrali nucleare è chiaramente in uno stato di profonda riorganizzazione e ammodernamento. Gli investimenti in capacità di produzione con attrezzature pesanti sono molto *capital extensive*. I produttori non avviano investimenti del valore di centinaia di milioni di dollari se non hanno ordini sicuri per diversi anni a venire.

Rinnovabili

Come mostra la *Figura 16*, la mancanza di un effetto di apprendimento positivo e l'impatto negativo sugli aspetti economici nel settore nucleare non sono presenti nelle tecnologie dell'energia rinnovabile. L'ulteriore diffusione dell'energia eolica, dell'elettricità solare e dell'etanolo ha, in tutti i casi, portato a una riduzione significativa dei costi di installazione o produzione.

⁶³ Performance and Innovation Unit (PI U), "Energy Review Working Paper, The Economics of Nuclear Power" (PIU, 2002).

⁶⁴ AIEA, International Status and Prospects of Nuclear Power (2008).

LA TEMPISTICA DI INVESTIMENTO 35

Volume di etanolo cumulativo (1000m³) prezzo pagato ai produttori di etanolo (US\$/m³) US\$/KW (FV, eolica) Etanolo **Eolico** Capacità installata cumulativa in MW (FV, eolica)

Figura 16: Curve di apprendimento della tecnologia

Fonte: IPCC Fourth Assessment Report, Report 3, Mitigation of Climate Change

Nel 2002 la Performance Innovation Unit del governo britannico ha stimato quali potrebbero essere i costi di varie opzioni di approvvigionamento nel 2020. Questo si può osservare nella *Tabella 2*, dove i costi di produzione dell'energia

nucleare sono significativamente più elevati dei costi dell'eolico onshore e offshore e sono in un intervallo simile ai costi delle colture energetiche e dell'energia del moto ondoso.

Tabella 2: Proiezione di costi delle fonti di carburanti per l'elettricità nel 2020

| Tecnologia | Costo nel 2020 - p/kWh | Confidenza nella stima | Trend dei costi fino al 2050 |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| Combustibili tradizionali | | | |
| Carbone (IGCC) | 3.0-3.5 | Moderata | Riduzione |
| Gas (CCGT) | 2.0-2.3 | Alta | Riduzione limitata |
| Cattura e sequestro del carbonio | 3.0-4.5 | Moderata | Incerto |
| Grande CHP (gas) | Meno di 2 | Alta | Riduzione limitata |
| Micro CHP (gas) | 2.5-3.5 | Moderata | Riduzione sostenuta |
| Nucleare | 3.0-4.0 | Moderata | Riduzione |
| Rinnovabili | | | |
| Eolica onshore | 1.5-2.5 | Alta | Riduzione limitata |
| Eolica offshore | 2.0-3.0 | Moderata | Riduzione |
| Coltivazioni energetiche | 2.5-4.0 | Moderata | Riduzione |
| Energia del moto ondoso | 3-6 | Bassa | Incerto |
| Solare FV | 10-16 | Alta | Riduzione sostenuta |

Fonte: PIU, 200265

Negli anni recenti si è assistito a un aumento dell'opposizione all'energia eolica in alcuni paesi, che ha portato a cancellazioni e ritardi dei progetti. Nel Regno Unito nel 2009, solo il 25% dei siti di energia eolica onshore ha ricevuto l'approvazione locale necessaria - un calo rispetto al 63% nel 2007. La Renewable Energy Strategy (strategia delle energie rinnovabili) del governo, pubblicata nel luglio 2009, ha fissato un obiettivo di 14 GW di capacità installata per l'eolica onshore entro il 2020. Per l'onshore nel Regno Unito, a metà 2010, vi sono 3,2 GW installati, 0,8 GW costruiti e 3,4 GW in fase di costruzione - per un totale di 7,4 GW, ovvero poco più della metà rispetto all'obiettivo. Tuttavia, vi sono altri 7,4 GW in pianificazione sufficienti a raggiungere l'obiettivo per tempo se approvati.66 Anche i più grandi progetti offshore possono essere realizzati rapidamente, rispetto alle centrali nucleari. Nel gennaio 2010, il governo del Regno Unito ha annunciato piani per 32 GW, a complemento degli 8 GW attualmente in fase di sviluppo. Si prevede che questi saranno in esercizio entro il 2020.

È importante notare le differenze nella costruzione di un parco eolico rispetto alle centrali elettriche tradizionali. La European Wind Energy Association paragona la costruzione di un parco eolico all'acquisto di una flotta di camion, poiché ha notato che le turbine vengono acquistate a un costo fisso concordato in anticipo e che viene stabilito un piano di consegne. Anche l'infrastruttura elettrica può essere specificata con abbondante anticipo. È possibile che vi siano alcuni costi variabili associati alle opere civili, ma questa variazione di costo sarà comunque molto piccola rispetto al costo del progetto nel complesso.⁶⁷ Il tempo di costruzione per le turbine eoliche onshore è relativamente breve, con la possibilità di completare i parchi più piccoli in alcuni mesi, la maggior parte nel giro di un anno. Il settore eolico ha trasformato il vantaggio della velocità di implementazione in un importante strumento di marketing.68

⁶⁶ BWEA, Wind Farm Planning Approvals by Local Councils Slump to Record New Low of 25%, British Wind Energy Association (20 ottobre 2009).

⁶⁷ EWEA, Wind Energy, The Facts: volume 1, Technology, European Wind Energy Association (2003).

⁶⁸ Vestas (2009): "You can get a Vestas wind power plant up and running in a year - much faster than conventional energy plants - and this means a quick return on investment"

http://www.vestas.com/en/modern-energy/understanding-modern-energy/fast.aspx



Le valutazioni dell'Agenzia Internazionale dell'Energia e di altri evidenziano due tendenze importanti e in un certo senso in conflitto. In primo luogo che, nell'arco dei prossimi dieci anni, serviranno livelli di investimento nel settore dell'energia senza precedenti. Questo è la conseguenza di una serie di trend:

- la crescente domanda da parte dei paesi in via di sviluppo, in particolare nell'ambiente urbano:
- la necessità di dismettere un grande numero di impianti di generazione dell'elettricità nei paesi dell'OCSE, man mano che essi raggiungono il termine della loro vita utile e, in alcuni casi, per via dell'introduzione di legislazione di tutela ambientale;
- l'esaurimento delle riserve di energia esistenti e l'apertura di nuove riserve e fonti di energia.

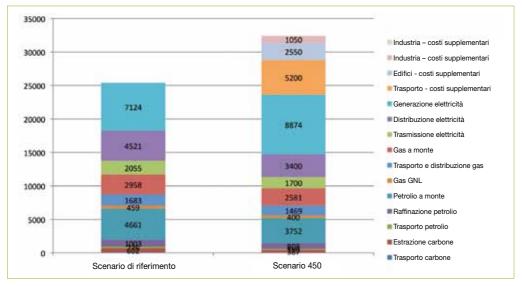
In secondo luogo, tuttavia, vi è stata una riduzione degli investimenti nel settore dell'energia nell'arco degli ultimi due anni, dovuta a: minore disponibilità e costo più elevato del capitale, minore domanda di energia in conseguenza della recessione globale e prezzi dell'energia più bassi, che portano a livelli più alti di incertezza finanziaria. Con molti analisti che ormai predicono la fine

della recessione globale, le condizioni che hanno rallentato o arrestato gli investimenti potrebbero essere interamente o parzialmente eliminate. Di conseguenza, un aumento dell'investimento nel settore energetico è sia probabile che incoraggiato. Tuttavia, nonostante la dichiarata ripresa economica, il capitale sarà limitato, in particolare per gli investimenti nel settore pubblico. Inoltre, vi sarà una notevole concorrenza per i fondi per gli investimenti tra i settori.

Supponendo un'accelerazione degli investimenti nel settore energetico, le decisioni su quali tipi di investimento debbano essere effettuati oggi determineranno quale tipo di settore energetico opererà per una generazione. La figura seguente mostra la scala di investimenti necessaria nel settore correlato all'energia, secondo l'AIE, sulla base di diversi scenari. Lo Scenario di Riferimento dell'AIE presume un livello totale di investimento di 25,6 trilioni di dollari entro il 2030; mentre in base alle condizioni che impediscono alle emissioni di gas serra di innalzare la temperatura globale di oltre 2 gradi Celsius, l'investimento totale sarebbe aumentato di ulteriori 10,5 trilioni di dollari. La maggior parte dell'investimento sarà necessaria per migliorare l'efficienza dell'utilizzo finale, come negli edifici o veicoli, ma esiste anche un maggiore costo associato al cambiamento di carburante e all'elettricità generata da combustibili non fossili o alla cattura e sequestro del carbonio (CCS). Tuttavia, questo investimento supplementare porterebbe a una minore domanda di combustibili fossili, ridurrebbe il livello di nuovi investimenti richie-

sti per estrarre e trasportare i combustibili fossili di circa 2,1 trilioni di dollari e ridurrebbe l'importo speso per il combustibile. L'AIE prevede che il risparmio di combustibile fino al 2030 sarà nell'ordine di 8,6 trilioni di dollari e, nell'arco della vita dell'investimento di circa 17 trilioni di dollari.

Figura 17: Cambiamento degli investimenti nei settori energetici a basso tenore di carbonio



Fonte: AIE, World Energy Assessment, 2009

Questo esempio mostra la portata degli investimenti che gli obiettivi di politica energetica dovrebbero indirizzare. Non prenderne atto significa far fallire la politica o far arenare gli investimenti.

La stessa logica vale per le scelte di investimenti per il settore dell'energia elettrica. È chiaro che una penetrazione molto maggiore dell'efficienza energetica nell'utilizzo finale ridurrà potenzialmente la necessità di un'ulteriore esplorazione ed ulteriore sfruttamento dei combustibili fossili, nonché l'investimento nella trasmissione. Tuttavia, l'impatto più diretto sarà tra diverse fonti di elettricità, poiché chiaramente un aumento di investimento in una riduce la necessità di ricorrere ad un'altra.

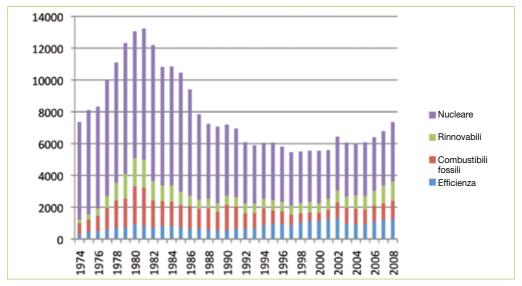
Praticamente in tutti gli scenari globali che producono un settore energetico con emissioni considerevolmente inferiori, il contributo del nucleare rispetto all'energia rinnovabile (al di là della conservazione e dell'efficienza) è relativamente piccolo. Tuttavia, si sostiene che l'energia nucleare dovrebbe comunque essere inclusa all'interno di un più ampio portafoglio di "opzioni energetiche a basso tenore di carbonio", in particolare unitamente al CCS da impianti alimentati a carbone o gas.

Cambiare il settore energetico in uno che sia autenticamente a basso tenore di carbonio e sostenibile richiederà un cambiamento trasformativo non solo delle fonti di energia, ma anche del modo in cui l'energia viene distribuita e utilizzata. Per consentire questa transizione, devono essere apportati cambiamenti nelle priorità e negli investimenti in tutta la catena di implementazione della tecnologia, dalla ricerca e sviluppo fino a un'ampia diffusione tecnologica. La sezione seguente analizzerà ciascuno stadio di implementazione e metterà a confronto l'energia nucleare e l'energia rinnovabile.

Ricerca e sviluppo

Esistono poche aree in cui vi sono confronti e concorrenza così diretti tra l'energia nucleare e l'energia rinnovabile come nel settore della ricerca e sviluppo statale. Nonostante le continue invocazioni a un incremento della R&S per affrontare la sicurezza dell'energia e del clima, in molti paesi il livello di spesa per la ricerca a livello pubblico è circa metà di quello degli anni '80. Ciò ha avuto effetti su tutte le fonti energetiche ed è un'indicazione sia del desiderio di un minor governo in generale, che del ruolo più grande del settore privato nel campo dell'energia negli ultimi decenni.

Figura 18: Budget nazionali per la ricerca e sviluppo nei paesi OCSE (milioni di dollari USA)



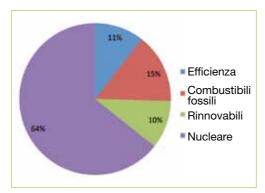
Fonte: AIE, 201069

Questa diminuzione dei budget ridurrà le opportunità e limiterà l'influenza dei governi nello sviluppo di nuove tecnologie energetiche. La Figura 19 mostra il predominio dell'energia nucleare all'interno di questi budget di R&S, poiché dispone di quasi due terzi della spesa totale nell'arco degli ultimi due decenni. Si tratta di un dato davvero notevole ed è il risultato di fattori particolari. In primo luogo, il settore nucleare comprende il finanziamento di fissione e fusione, di cui la fusione riceve attualmente la quota più grande di R&S, essendo stata data priorità allo sviluppo del progetto di fusione International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER). In secondo luogo, il finanziamento della ricerca sull'energia nucleare, e in particolare la realizzazione di strutture dimostrative o pilota, è costoso e richiede un livello di finanziamento sproporzionato, soprattutto se si considera l'assenza di un servizio energetico a breve termine. La complessità tecnica e la natura innovativa di queste strutture dimostrative comportano lo sforamento dei costi, mentre si sono verificati e continuano a verificarsi ritardi. Nel caso del progetto ITER nel 2006, si prevedeva un costo di circa 5 miliardi di euro (7,4 miliardi di dollari) per la costruzione, e di altri 5 miliardi di euro per l'esercizio nell'arco di 20 anni. Ma in seguito a un'ampia revisione del progetto, si prevede ora almeno un raddoppio dei costi di costruzione.70 Tale sforamento dei costi avrà con tutta probabilità un impatto sulla disponibilità dei governi di finanziare altri progetti energetici nei decenni a venire.

⁶⁹ AIE, Database del budget per ricerca e sviluppo (2010), http://www.iea.org/stats/rd.asp

^{70 &}quot;Fusion Dreams Delayed International Partners are Likely to Scale Back the First version of the ITER Reactor," Nature (27 maggio 2009): pp. 488-489.

Figura 19: Ripartizione tecnologica dei budget OCSE di ricerca e sviluppo per l'energia (1974-2008)



Fonte: AIE, 201071

Costi di investimento

Nei mercati concorrenziali, vi è una serie di fattori che influiscono sulle decisioni delle tipologie di fonti energetiche da impiegare. Tuttavia, di particolare importanza è il costo dell'energia prodotta, il prezzo a cui può essere venduta e il costo e rischi finanziari del suo sviluppo e del suo impiego.

L'energia nucleare si trova in una posizione di svantaggio finanziario in confronto alla maggior parte delle fonti energetiche, poiché ha grandi costi iniziali, lunghi tempi di costruzione e - data la complessità tecnologica - difficoltà a rispettare i budget previsti. La storia dell'energia nucleare è costellata di esempi in cui le aspettative di costo della costruzione della centrale non sono state rispettate, come si può vedere nel riquadro seguente. Tali sforamenti dei costi sono importanti, non solo perché influiscono in misura significativa sul costo del particolare progetto, ma perché ciò influirà sul costo del capitale per ulteriori progetti nucleari e/o per la utility in generale. Come osserva l'AIE, "i costi di costruzione sono un importante fattore di rischio per gli investitori".72

Sforamento dei costi del nucleare

I costi per la costruzione delle centrali nucleari ultimate durante gli anni '80 e i primi anni '90 negli Stati Uniti e in gran parte d'Europa sono stati molti elevati – e molto più elevati di quando previsto oggi dalle poche utility che costruiscono attualmente centrali nucleari e dal settore nucleare in generale.⁷³

MIT 2003

[L]e evidenze dimostrano che, storicamente, i costi preventivati dal settore sono stati massicciamente sottostimati – una inaccuratezza di tipo sorprendente, costantemente nell'arco di un periodo di 40, 50 anni.⁷⁴

Jonathan Porritt

Presidente della Sustainable Development Commission del governo britannico 2005

Non ho alcun motivo di credere alla ČEZ [la utility ceca che costruisce la centrale nucleare di Temelin]. Mi hanno mentito nove volte. Non so perché dovrei crederle per la decima .⁷⁵ *Vaclac Havel*

allora Presidente della Repubblica Ceca 1999

La Figura 14, tratta da un rapporto della Vermont Law School, mostra la misura sia dell'aumento dei costi della costruzione di reattori negli Stati Uniti negli anni '70 e '80, sia il rapido cambiamento delle aspettative dei costi nucleari negli ultimi anni. È importante notare che questi aumenti di costi non sono stati il risultato di effettive esperienze negli Stati Uniti, poiché nessun reattore è attualmente in costruzione, ma presumibilmente il risultato di un'analisi economica più approfondita e dell'impatto delle esperienze in altre parti del mondo.

⁷¹ AIE, Database del budget per ricerca e sviluppo (2010).

⁷² IEA, World Energy Outlook 2009, p. 268.

⁷³ Massachusetts Institute of Technology, The Future of Nuclear Power (MIT, 2003).

⁷⁴ Citato nel Trade and Industry Committee della House of Commons "New Nuclear? Examining the Issues," Fourth Report of Session 2005-2006, vol. I.

⁷⁵ Ufficio del Presidente, comunicato dell'Ufficio Stampa (12 maggio 1999).

Spesso questi costi di costruzione più elevati non sono incorporati nell'analisi economica che viene utilizzata per valutare i costi della produzione di energia.

Ad esempio, nella sua analisi economica più recente, l'AIE afferma che i costi di costruzione al netto degli interessi (*overnight*) per il nucleare sono nell'ordine di 3.200-4.500 dollari per kW.⁷⁶ Questo è ben al di sotto della sintesi di analisi eseguita dagli accademici della Vermont Law School e altri.⁷⁷ Su questa base, l'AIE presume che i costi di produzione per l'elettricità saranno compresi tra 55 e 80 dollari per MWh.

Costi di costruzione più elevati hanno un impatto significativo sul costo complessivo dell'elettricità nucleare. Lo studio dell'Università del Vermont cita tre fonti per l'impatto dei più elevati costi di costruzione sui prezzi dell'elettricità:

- il modello del MIT suggerisce che, per ogni 1.000 dollari di aumento dei costi *overnight*, i costi *busbar*⁷⁸ salgono di 1,8 centesimi di dollaro/ kWh nel modello di *utility finance* e 2,4 cent nel modello di *merchant finance*;
- nello studio Harding, i costi busbar salgono di circa 2,4 cent per kWh per ogni 1.000 dollari di aumento dei costi overnight;
- nello studio dell'Università di Chicago,
 l'aumento dei costi busbar per 1.000 dollari di costi overnight era di 3,0 cent per kWh .

Facendo una media di queste cifre si avrebbe un aumento di \$40/MWh, se il costo dell'elettricità fosse una cifra di \$5.500 per kW installato utilizzato, che è linea con la fascia più alta dell'attuale previsione di costi attesi della utility e nella previsione più bassa degli analisti di Wall Street e indipendenti (vedere *Figura 14*). Ciò porterebbe i costi medi dell'AIE nell'ordine di \$95-\$120 per MWh.

Anche l'Europa sta osservando costi più elevati di quelli previsti. Il primo ordine per un reattore presso l'impianto di Olkiluoto in Finlandia aveva un prezzo sulla carta, nel 2004, di circa 3 miliardi di euro. Dopo cinque anni di costruzione, anche se avrebbe dovuto essere completato entro l'anno scorso, è ancora lontano tre anni dal completamento e del 90% sopra il budget, a circa 5,7 miliardi di euro.

È probabile che costi di costruzione più elevati riducano inoltre la capacità delle utility o dei governi di investire in altre centrali o strategie di gestione dell'energia alternative. Attualmente, l'AIE presume che l'aumento dell'uso di energia nucleare richiederà il 16% dell'investimento totale. Supporre un costo di investimento più in linea con le attuali aspettative statunitensi o europee condurrà a una riduzione dell'investimento di circa il 40% oppure alla necessità di aumento simile nei finanziamenti. Sia l'una che l'altra opzione creeranno potenziali difficoltà per il settore dell'energia elettrica.

La *Figura 20*, tratta dal rapporto del governo britannico del 2002, mostra i costi di abbattimento del carbonio di diverse opzioni di approvvigionamento non fossili e dell'efficienza energetica. Si prevedeva che l'energia nucleare fosse molto più costosa di tutte le altre misure di efficienza energetica e dell'eolico onshore e offshore; su un livello simile delle coltivazioni energetiche; ma forse più economica delle energie marine.

⁷⁶ AIE, World Energy Outlook 2009, p. 266.

⁷⁷ Vedi New Nuclear- The Economics Say No, Citi Investment Research & Analysis (novembre 2009).

⁷⁸ Costo per kilowattora della produzione di elettricità; comprende il costo di capitale, il servizio del debito, l'esercizio e la manutenzione e il combustibile. Il bus della centrale, o busbar, è il punto oltre il generatore ma prima del punto di trasformazione della tensione nel centro di commutazione della centrale.

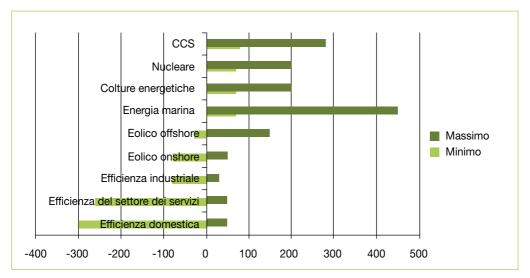


Figura 20: Costi stimati di abbattimento del carbonio nel Regno Unito nel 2020 (£/tC)

Fonte: PIU, 2002

Un'altra più recente analisi suggerisce che i costi dell'energia nucleare e dell'energia rinnovabile potrebbero essere più vicini a quelli ipotizzati dal governo britannico. Una valutazione del 2009 della società di consulenza McKinsey79 valuta i costi di abbattimento di una serie di tecnologie di domanda e offerta e conclude che "diverse tecnologie a basso tenore di carbonio hanno un costo di abbattimento simile per il 2030, ciò riflette l'alto livello di incertezza in merito a quali tecnologie si riveleranno verosimilmente 'vincitrici". L'analisi McKinsey mostra una gamma di tecnologie nucleari e rinnovabili di nuova costruzione, con costi di abbattimento del carbonio tra €5 e 20/tCO₂ equivalente; geotermica: €5/tCO₂ e; nucleare: €10/tCO e; eolica a bassa penetrazione: €12/tCO e; energia solare a concentrazione: €13/ tCO₂ e; eolica ad alta penetrazione: €20/tCO₂ e.80 Tuttavia, sull'energia nucleare, l'analisi McKinsey utilizza €3.000 per kW nel 2005 per i paesi sviluppati (€2.000 per kW per i paesi in via di sviluppo). Questa stima dei costi della capacità installata è inferiore agli attuali costi di costruzione effettivi e all'analisi indipendente.

Il CEO della più grande utility nucleare statunitense, Exelon, ha dichiarato di recente che "gli aspetti economici delle opzioni a basso tenore di carbonio sono cambiati radicalmente" in soli due anni, e le stime dei costi del nuovo nucleare eseguite dall'azienda sono più che raddoppiate, a circa \$100/tCO₂ (vedere *Figura 21*), dieci volte il costo stimato da McKinsey.⁸¹

Infrastruttura e reti

L'investimento nell'infrastruttura per l'elettricità dovrà essere accelerato nel prossimo decennio, indipendentemente dall'energia utilizzata per la generazione. L'ultima valutazione dell'AIE, nel suo World Energy Outlook 2009, conclude per il suo Scenario di Riferimento che l'investimento totale necessario entro il 2030 nel settore dell'energia elettrica sarà di 13,7 trilioni di dollari, il 48% dei quali serviranno per la trasmissione e la distribuzione (2 trilioni per la trasmissione e 4,5 trilioni per la distribuzione). È probabile che i costi di investimento per un sistema che produce minori emissioni di carbonio saranno più elevati.

⁷⁹ McKinsey, Pathway to a Low Carbon Economy – Version 2 of the Global Greenhouse Gas Carbon Abatement Cost Curve (McKinsey and Company, 2009).

⁸⁰ Ibid., sulla base di una stima dell'allegato 8.1.3 a pagina 63.

⁸¹ John Rowe, "Fixing the Carbon Problem Without Breaking the Economy", Exelon, 12 maggio 2010.

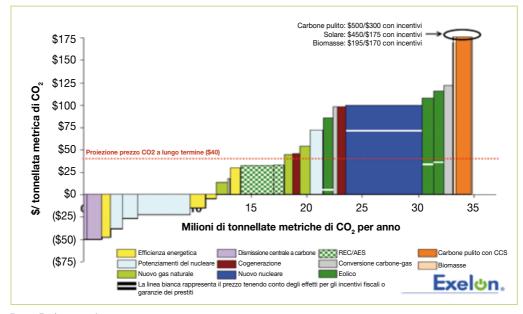


Figura 21: Stime Exelon dei costi di abbattimento del carbonio 2010 (in US\$/t di CO2)

Fonte: Exelon, maggio 2010

La rete esistente si basa in larga misura sull'attività di grandi produttori di energia elettrica centralizzati, che utilizzano cavi ad alta tensione per trasportarla su lunghe distanze verso aree urbane o industriali, dove fili a più bassa tensione portano l'elettricità al consumatore finale. Queste reti sono state costruite per lo più in un momento in cui il settore elettricità era completamente di proprietà statale. Di conseguenza, le nuove centrali elettriche non dovevano pagare i collegamenti alla rete che consentivano loro di operare. Questo crea potenzialmente un costo supplementare e uno svantaggio economico per la nuova capacità di generazione che entra nel mercato, in zone che non sono nel sistema di rete esistente, se esse devono pagare il potenziamento o i collegamenti alla rete.

L'attuale sistema si basa largamente su un modello "prevedi e rifornisci", con cui le utility centralizzate tentano di assicurare che la domanda/il fabbisogno dei consumatori siano sempre soddisfatti. Tuttavia, come è stato osservato nel capitolo precedente, questo sistema è inefficiente e inidoneo per la creazione di un settore energetico a basso tenore di carbonio e sostenibile. Inoltre, serviranno cambiamenti

su grande scala per l'ambito e il funzionamento della rete, al fine di accogliere la produzione di energia rinnovabile proveniente da una serie di generatori posti in una vasta area geografica e di dimensioni variabili. In alcuni casi, ad esempio l'eolico offshore, non può esserci ambiguità riguardo alla necessità di investimento per la rete. Senza questo investimento nella rete, lo sviluppo non avrà luogo.

Tali cambiamenti sono stati riconosciuti sia nelle dichiarazioni di politica che nelle proposte di investimento, in particolare nei pacchetti di stimolo all'economia. Tuttavia, in molti casi, mancano i dettagli e permane confusione riguardo alle definizioni e alla misura in cui un cambiamento radicale sia realmente in corso.

In particolare, l'uso del termine "intelligente" è ormai diventato sinonimo di cambiamento, ma non c'è ancora un'intesa chiara e universale sul suo significato. Uno degli esempi più singolari è stato un comunicato stampa del ministero britannico per l'energia e il cambiamento climatico, appena prima della conferenza di Copenaghen. Questa dichiarazione, intitolata "UK energy

system gets smart" (Il sistema energetico britannico diventa intelligente), utilizzava la parola "intelligente" 22 volte in un testo di 19 frasi. 82

I pacchetti nazionali britannici di stimolo all'economia, prodotti in conseguenza della crisi economica, hanno messo in evidenza sia le attività "verdi" che la necessità di un investimento nelle "reti intelligenti", in particolare. Secondo un'analisi della banca londinese HSBC, i fondi totali impegnati per le nuove reti a livello globale ammontavano a 92 miliardi di dollari, sebbene la maggioranza di questi, circa 70 miliardi, fossero in Cina (su finanziamenti totali per le attività "verdi" di 430 miliardi di dollari).⁸³ È evidente, tuttavia, che non tutti i progetti classificati come "a basso tenore di carbonio" o "verdi" differiscono significativamente da piani di manutenzione o espansione esistenti.

Il pacchetto di stimoli dell'UE per l'energia è incentrato sul programma energetico europeo per la ripresa (European Energy Programme for Recovery), che ha creato le basi per fornire un sostanziale co-finanziamento dal bilancio dell'Unione a progetti energetici chiave, attraverso un piano da 4 miliardi di euro finalizzato a "tutelare i posti di lavoro e il potere d'acquisto, potenziare l'infrastruttura e creare posti di lavoro nei settori a basso tasso di carbonio del futuro". Gli investimenti in progetti di infrastruttura del gas e dell'elettricità hanno ricevuto la quota maggiore, 2,365 miliardi di euro (60% del bilancio), poi CCS 1,05 miliardi (26% del bilancio) e infine i progetti di energia eolica offshore 0,565 miliardi (14% del bilancio). Sono stati resi noti i dettagli in merito ai progetti di CCS ed energia eolica offshore, ma non quelli sui progetti di infrastruttura del gas ed elettricità, che sono ancora in fase di considerazione. Tuttavia, i progetti in fase di considerazione non sembrano correlati all'energia a basso tenore di carbonio, in particolare all'energia rinnovabile, ma rafforzano il mercato dell'elettricità esistente.84

Inoltre, solo il 10% dei criteri per giudicare l'idoneità dei progetti è legato a questioni ambientali e, anche qui, non vi è riferimento all'"impatto dell'azione, tra l'altro, su natura, emissioni, rumore, utilizzo del suolo e le misure per ridurre o compensare eventuali impatti negativi". Nella sottocategoria dell'energia eolica offshore, devono essere finanziati tre importanti progetti di infrastruttura di rete, che riceveranno circa 310 milioni di euro per progetti il cui costo è previsto nell'ordine di 1,8 miliardi di euro.

Anche se resta l'attenzione sul pesante investimento nell'infrastruttura per il trasporto dell'energia elettrica ad alta tensione, un'analisi sistemica approfondita sulle dinamiche di investimento in conflitto è attesa da tempo. L'assoluta priorità data ai sistemi di trasporto e distribuzione centralizzati ad alta potenza e ad alta perdita, in costante crescita, costituisce una barriera effettiva alla rapida introduzione di reti intelligenti decentrate, altamente efficienti, che riducono al minimo le perdite di trasmissioni e rappresentano un ingrediente chiave delle reti intelligenti del futuro, che ridefiniscono profondamente i ruoli del produttore/utilizzatore di elettricità.

Un'auto elettrica, ad esempio, trasforma l'elettricità in potenza meccanica in modo molto più efficiente di un motore a combustione. Tuttavia, questa realtà fisica rimane pura teoria a meno che l'elettricità non sia generata in modo sostenibile. È cruciale riorientare gli investimenti infrastrutturali verso un approccio sistemico totalmente diverso, anziché continuare a rattoppare la vecchia infrastruttura inefficiente con nuovi dispositivi che non miglioreranno in alcun modo le prestazioni generali del sistema.

In anni recenti, le difficoltà nella capacità di integrare maggiori quantità di energia rinnovabile intermittente nella rete erano già state osservate in una manciata di casi. Questi problemi sono stati

⁸² http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/news/pn139/pn139.aspx (16 marzo 2010).

⁸³ HSBC, A Climate for Recovery; The Colour of Stimulus Goes Green (febbraio 2009).

⁸⁴ GU, Regolamento (CE) N. 663/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 13 luglio 2009, che istituisce un programma per favorire la ripresa economica tramite la concessione di un sostegno finanziario comunitario a favore di progetti nel settore dell'energia L/200/31 (31 luglio 2009).

⁸⁵ Commissione Europea, Giornata d'Informazione (2009), http://ec.europa.eu/energy/grants/docs/eepr/eepr_info_day_presentation_interconnections.pdf

esacerbati dalle grandi centrali nucleari ingombranti, che richiedono un accesso permanente alla rete. La crescita dell'energia rinnovabile negli ultimi anni ha dimostrato che i progetti vengono costruiti puntualmente ed entro il budget stabilito, e che il collegamento alla rete non è stato un problema. Inoltre, è chiaramente opportuno dare un accesso prioritario all'energia rinnovabile, perché non utilizza combustibile. Salvo un cambiamento sistematico, l'uso inefficiente delle rinnovabili è destinato ad aumentare. Deve esserci, quindi, una riforma fondamentale della gestione delle reti, con un investimento significativo in nuova infrastruttura e sviluppo di prodotti. Questo deve basarsi su livelli più elevati di efficienza di approvvigionamento, che dia la priorità alla produzione e all'uso localizzati dell'energia, fornisca consumo e stoccaggio reattivi, integri le reti di elettricità regionali e crei gruppi di micro-reti per ridurre la necessità della generazione di riserva e, ove necessario, sfrutti le più grandi risorse rinnovabili, come l'eolico offshore.

Meccanismi di mercato

Negli ultimi decenni, la tendenza globale verso una maggiore liberalizzazione del mercato ha comportato un minore intervento dello stato nella gestione dei mercati del gas e dell'elettricità. Tuttavia, questo non ha condotto a un approccio di totale "non intervento" alla fornitura di energia, piuttosto all'introduzione di più meccanismi basati sul mercato per supportare particolari tecnologie.

Questi meccanismi di mercato sono stati utilizzati recentemente ed efficacemente - in alcuni, ma non in tutti i casi - per contribuire all'affermazione dell'energia rinnovabile. In particolare, all'interno del mercato dell'elettricità, sono stati introdotti meccanismi come le tariffe di incentivazione e le garanzie sulla quota di mercato. All'inizio del 2009, esistevano obiettivi di politica per l'energia rinnovabile in almeno 73 paesi. Ciò comprende obiettivi di livello statali/provinciali negli Stati Uniti e in Canada, che non hanno obiettivi

nazionali.⁸⁶ Questi meccanismi di politica sono la base del successo dell'energia rinnovabile.

È importante sottolineare che è stato affermato e giuridicamente verificato in Europa che questi meccanismi non costituiscono aiuti di stato. Nello specifico, con il precedente giudiziario di una sentenza emanata nel 2001, la Corte di Giustizia Europea ha affermato chiaramente che le tariffe di incentivazione non rappresentano aiuti di stato, ma sono giustificate come mezzo per bilanciare i costi esterni che non sono considerati nella determinazione del prezzo. Questa sentenza è stata ripresa dalla Commissione Europea, aggiungendo che, da un punto di vista di efficienza economica, una serie di lacune del mercato giustifica l'intervento dello stato nei mercati dell'elettricità rinnovabile.⁸⁷ Le ragioni addotte al riguardo erano le seguenti.

- "Poiché la completa internalizzazione dei [...] costi esterni non appare politicamente fattibile al momento nella maggior parte dei paesi [...] il sostegno alle rinnovabili, per tenere conto del loro profilo di emissioni ridotte, può essere giustificato per motivi di efficienza".
- "Sebbene alcune rinnovabili, come l'eolico in zone primarie, presentino strutture di costi vicine a quelle della fonti tradizionali, le rinnovabili sono in genere ritenute non ancora commercialmente competitive in un mercato dell'elettricità non protetto, soprattutto perché questo mercato è tuttora distorto da un gran numero di sussidi diretti e indiretti per il sistema di elettricità esistente, e si basa su un'infrastruttura costruita principalmente quando il settore dell'elettricità era di proprietà pubblica [...] Nonostante le prospettive a lungo termine delle rinnovabili, il mercato sta ancora sotto-investendo nella ricerca e sviluppo, motivo per cui i governi dovrebbero fornire incentivi all'innovazione".
- "I sistemi regolatori oggigiorno favoriscono le energie tradizionali, che inoltre hanno approfittato di un massiccio supporto governativo per la R&S in passato".

⁸⁷ Commissione Europea, Comunicazione della Commissione: *The Support of Electricity from Renewable Energy Sources*, SEC(2005) 1571, COM(2005)627 final, (2005).

I sussidi al nucleare statunitensi a confronto

Nei primi 15 anni, la tecnologia nucleare ed eolica hanno prodotto energia in quantità paragonabile (nucleare: 2,6 miliardi di kWh; eolica 1,9 miliardi di kWh), ma il sussidio al nucleare ha superato quello all'eolico di un fattore di oltre 40 (39,4 miliardi di dollari a 900 milioni di dollari).

Marshall Goldberg, "Federal Energy Subsidies: Not All Technologies Are Created Equal," REPP no. 11 (luglio 2000).

La mancanza di ordini per nuova energia nucleare nella maggior parte dei mercati liberalizzati ha comportato minori meccanismi di supporto alla tecnologia effettivamente utilizzata, sebbene siano resi disponibili o stanziati maggiori finanziamenti. L'esempio più evidente è negli Stati Uniti, nei quali l'Energy Act del 2005 ha espresso chiaramente il suo sostegno finanziario all'energia nucleare, tra cui:

- crediti d'imposta per la produzione: credito d'imposta di 1,8 cent per ogni kWh da nuovi reattori, per otto anni, per sei reattori – costo per il tesoro USA: 5,7 miliardi di dollari;
- garanzie dei prestiti per i primi 6-8 reattori (del valore fino a 18,5 miliardi di dollari);
- una struttura di supporto a protezione dei ritardi regolatori o giudiziari, del valore fino a 500 milioni di dollari per i primi due reattori e 250 milioni per i successivi quattro;
- ulteriore finanziamento a ricerca e sviluppo del valore di 850 milioni di dollari;
- assistenza con i costi di smantellamento storici (fino a 1,3 miliardi di dollari).

Nel dicembre 2007, Christopher Crane, presidente di Exelon Generation, una delle utility che ha espresso l'intenzione di costruire nuove centrali nucleari, ha dichiarato: "Se il programma di garanzia dei prestiti non sarà in essere entro il 2009, noi non procederemo". L'importanza

di questo particolare meccanismo di mercato è emersa con evidenza nel gennaio 2010, quando il Presidente Obama ha triplicato il potenziale finanziamento disponibile, assicurando lo stanziamento fino a 54 miliardi di dollari nell'ambito della sua proposta di legge energetica.

Come notato, in altri paesi con mercati dell'elettricità liberalizzati, vi sono al momento meno meccanismi di mercato pensati solo per l'energia nucleare. Tuttavia, sono in fase di sviluppo meccanismi di sostegno più ampi, che potrebbero consentire ulteriore supporto finanziario per l'energia nucleare. Al summit informale ad Hampton Court in ottobre 2005, durante il governo del primo ministro britannico Tony Blair, Dieter Helm ha proposto un documento informale, "European Energy Policy, Securing Supplies and Meeting the Challenge of Climate Change" (Politica energetica europea, assicurare le forniture e vincere la sfida del cambiamento climatico).89 Questo documento suggeriva che la necessità di investimento - dovuta alla dismissione di gran parte dell'attuale capacità di generazione - era un'opportunità ideale di investire in "fonti energetiche alternative al carbonio". Inoltre, il documento affermava "l'UE dovrebbe considerare un ampliamento della definizione di rinnovabili, verso una definizione che comprenda una serie di tecnologie di riduzione delle emissioni".

In alcuni casi, sono stati compiuti tentativi più espliciti di riclassificare l'energia nucleare come fonte di energia rinnovabile. Nello stato dell'Arizona, il testo del disegno di legge sull'energia rinnovabile è stato respinto in febbraio 2010: proponeva di includere l'energia nucleare nella definizione di energia rinnovabile. Ciò avrebbe consentito l'inserimento del nucleare nell'obiettivo che prevedeva per le utility di acquisire il 15% dell'elettricità da fonti rinnovabili. Il Governatore dell'Arizona Jan Brewer ha rilasciato una dichiarazione quando le parti sul nucleare erano state tolte dal disegno di legge: "Questo manda un messaggio chiaro e unitario agli imprenditori di

tutto il mondo: l'Arizona resta la principale destinazione per le industrie solari".90

La Commissione Europea ha pubblicato, l'8 marzo 2006, il Libro Verde "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura," che comprendeva il seguente paragrafo sulle tecnologie a basse emissioni di carbonio:

Inoltre, può essere opportuno concordare un obiettivo strategico generale, tendendo verso l'equilibrio tra l'utilizzo dell'energia sostenibile, la competitività e la sicurezza dell'approvvigionamento. Tale obiettivo dovrebbe essere definito sulla base di una valutazione d'impatto approfondita e introdurre un valore di riferimento che potrebbe servire all'UE per valutare lo sviluppo di un mix energetico e aiutarla a contenere la crescente dipendenza dalle importazioni. Ad esempio, uno degli obiettivi potrebbe consistere nel mirare ad ottenere un mix energetico generale per l'UE che provenga da fonti di energia sicure e a basse emissioni di carbonio. Tale valore di riferimento rispecchierebbe i potenziali rischi della dipendenza dalle importazioni, individuerebbe una aspirazione generale allo sviluppo nel lungo periodo di fonti energetiche a basse emissioni di carbonio e consentirebbe di definire le misure necessarie, essenzialmente interne, per conseguire questo obiettivo.

Tali misure vengono ora proposte in Europa e, nel febbraio 2010, l'organismo di regolamentazione dell'energia britannico – l'OFGEM – ha annunciato che "esiste un sempre maggiore consenso sul fatto che lasciare immutato l'attuale sistema di accordi di mercato e altri incentivi non sia ipotizzabile", per la sicurezza degli approvvigionamenti e per motivi ambientali. ⁹² Una delle misure considerate dall'OFGEM riguardava appalti di capacità per tutte le forme di generazione, incluse le rinnovabili

e l'energia nucleare, per fornire segnali di investimento a lungo termine più chiari.

L'uso di meccanismi di mercato per il più ampio impiego di energia rinnovabile è stato legalmente giustificato, in Europa, dato che essi cercano di bilanciare le distorsioni ambientali ed economiche esistenti sul mercato. Inoltre, essi facilitano lo sviluppo di nuova tecnologia che non ha beneficiato né dei budget di ricerca e sviluppo, storicamente molto maggiori, né della costruzione di infrastruttura che si è verificata quando il sistema era di proprietà statale. Le stesse giustificazioni non possono essere valide per l'energia nucleare, poiché la tecnologia ha ricevuto, e continua a ricevere, la quota più grande di ricerca e sviluppo; è stata favorita dall'implementazione dell'infrastruttura; e non è responsabile per intero del suo costo ambientale effettivo e potenziale. Tuttavia, come osservato, negli Stati Uniti vengono ora introdotte misure per sostenere finanziariamente ancora una volta l'introduzione dell'energia nucleare, mentre in Europa sono in atto tentativi di allontanarsi dagli obiettivi specifici per l'introduzione dell'energia rinnovabile e di creare un obiettivo di "basse emissioni di carbonio". Queste misure diluiranno potenzialmente l'efficacia delle politiche rinnovabili e, aspetto più importante, sollevano dubbi nella mente degli investitori riguardo alla serietà dell'impegno dei governi verso l'energia rinnovabile.

Questa sezione ha analizzato i costi opportunità dell'energia nucleare e dell'energia rinnovabile. Vi sono, tuttavia, molte altre questioni che un confronto diretto permetterebbe di affrontare. Uno studio di Mark Jacobson, pubblicato sulla rivista *Energy and Environmental Science*, 93 ha esaminato una serie di fonti energetiche e il loro potenziale nell'affrontare i temi del cambiamento climatico, dell'inquinamento atmosferico e della sicurezza dell'energia, considerando al

^{90 &}quot;Bill to Classify Nuclear as Renewable Energy Killed", Phoenix Business Journal (22 febbraio 2010), http://phoenix.bizjournals.com/phoenix/stories/2010/02/22/daily51.html

⁹¹ http://europa.eu.int/comm/energy/green-paper-energy/index en.htm

⁹² OFGEM, "Action Needed to Ensure Britain's Energy Supplies Remain Secure," comunicato stampa (4 febbraio 2010).

⁹³ Mark Z. Jacobson, "Review of Solutions to Global Warming, Air Pollution and Energy Security", Energy and Environmental Science (1 dicembre 2008).

contempo una serie di altre questioni, come approvvigionamento idrico, uso del suolo, fauna, disponibilità delle risorse, inquinamento termico, inquinamento delle acque, proliferazione nucleare e malnutrizione. Le conclusioni della ricerca del Professor Jacobson dimostrano che l'energia nucleare⁹⁴ si classifica al di sotto di tutte

le opzioni di energia rinnovabile utilizzate per generare elettricità. Le tecnologie considerate erano solare FV, energia solare a concentrazione, eolico, geotermico, idroelettrico, moto ondoso, di marea, nucleare e carbone con CCS, unitamente a biocombustibili, mais e cellulosa.



L'energia nucleare è già stata e continua ad essere la destinataria di grandi interventi statali. Come si osserva in questo esempio: nei loro primi 15 anni, le tecnologie nucleare ed eolica hanno prodotto quantità di energia comparabile negli Stati Uniti (nucleare: 2,6 miliardi di kWh; eolico: 1,9 miliardi di kWh), ma il sussidio al nucleare ha superato quello dell'eolico di un fattore di oltre 40 (39,4 miliardi di dollari vs. 900 milioni). Perfino oggi, con la scomparsa di nuovi ordini per l'energia nucleare e l'ascesa di altre tecnologie, l'energia nucleare continua a godere di un accesso senza paragoni ai finanziamenti statali per la ricerca e lo sviluppo.

Inoltre, continua a ricevere grandi sussidi indiretti, ⁹⁵ attraverso la mancata inclusione dei costi ambientali nei prezzi dell'elettricità, in particolare tramite le garanzie statali per lo stoccaggio finale o lo smaltimento delle scorie radioattive. Un'assistenza finanziaria più diretta è fornita attraverso le limitazioni e le garanzie finanziarie statali per l'assicurazione di responsabilità civile, attraverso garanzie di agenzie di credito all'espor-

tazione, crediti d'imposta per la produzione o garanzie dei prestiti.

L'esperienza globale della costruzione nucleare evidenzia una tendenza allo sforamento dei costi e a ritardi. La storia dei due maggiori programmi di costruzione del mondo, quello degli Stati Uniti e quello della Francia, mostra un aumento rispettivamente di cinque e di tre volte dei costi di costruzione. Ciò non può essere imputato ai costi legati al primo impianto di un determinato tipo (first of a kind) o a problemi iniziali, ma a problemi sistemici associati a progetti così grandi, politici e complicati. L'esperienza recente, nel progetto di Olkiluoto in Finlandia e nel progetto di Flamanville in Francia, evidenzia il fatto che ciò rimane un problema. L'aumento dei costi e i ritardi con la costruzione nucleare non solo assorbono quantità sempre maggiori di investimenti, ma i ritardi aumentano le emissioni provenienti dal settore.

Da un punto di vista sistemico, l'approccio nucleare e quello dell'efficienza energetica+energia rinnovabile si escludono chiaramente a vicenda, non solo in termini di investimento. Ciò diventa sempre più evidente in paesi o regioni in cui l'energia rinnovabile sta occupando una grande quota della generazione di elettricità, come in Germania e Spagna. I motivi principali sono i seguenti.

- Concorrenza per fondi per gli investimenti limitati. Un euro, dollaro o yuan può essere speso una sola volta, e dovrebbe essere speso per opzioni che forniscano le maggiori riduzioni delle emissioni il più rapidamente possibile. L'energia nucleare è non solo una delle opzioni più costose, ma anche la più lenta.
- La sovracapacità uccide gli incentivi all'efficienza. Le grandi unità di generazione dell'energia elettrica centralizzate tendono a condurre a sovracapacità strutturali. Le sovracapacità non lasciano spazio all'efficienza.
- Necessità di una capacità complementare flessibile. I maggiori livelli di fonti di elettricità rinnovabili necessiteranno di strutture complementari a medio carico flessibili, non di grandi centrali elettriche di base poco flessibili.
- Le reti del futuro vanno in entrambe le direzioni. I contatori intelligenti, gli elettrodomestici intelligenti e le reti intelligenti sono ormai partiti. La logica è un sistema interamente riprogettato, in cui l'utente riceve anche una funzione di generazione e stoccaggio. È un approccio radicalmente diverso da quello centralizzato "top-down".

Ai fini della pianificazione futura, in particolare per i paesi in via di sviluppo, è cruciale che le caratteristiche sistemiche contraddittorie del nucleare rispetto alle strategie di efficienza energetica+energia rinnovabile siano chiaramente identificate. Esistono numerosi effetti di sistema che finora sono stati insufficientemente documentati o addirittura compresi. Servono urgentemente ricerca e analisi future in quest'area.

Questo è particolarmente importante nel momento attuale, perché il prossimo decennio sarà vitale nel determinare la sostenibilità, la sicurezza e la realizzabilità finanziaria del settore energetico per almeno una generazione. Si sono incontrati tre motori di politica e considerazioni chiave, che devono trasformare il modo in cui vengono forniti i servizi energetici e in cui vengono generati, trasportati e utilizzati vettori energetici (elettricità, idrogeno, ecc.) e combustibili. Questi sono:

- la crescente consapevolezza della necessità di agire per ridurre le minacce del cambiamento climatico pericoloso e la comprensione dell'importante contributo del settore energetico;
- l'aumento e gli aumenti ulteriormente previsti nella competizione globale per le risorse energetiche tradizionali, e il fatto che a questo aumento della domanda non corrisponderà la nuova scoperta di più grandi riserve di risorse;
- e la necessità di un investimento accelerato nel settore energetico, nei paesi dell'OCSE, come risultato dell'obsolescenza dell'infrastruttura esistente, e nei paesi in via di sviluppo in conseguenza dell'accelerata urbanizzazione e della domanda di servizi energetici diversi e ampliati.

Come è stato rilevato dall'Agenzia Internazionale dell'Energia dell'OCSE e da altri, continuare come al solito non è un'opzione valida. L'energia rinnovabile è stata una delle principali, se non la principale, storia di successo industriale dell'ultimo decennio. A livello globale, nel 2009, la spesa per nuova capacità di energia rinnovabile, escludendo le grandi idroelettriche, è stata per il secondo anno consecutivo superiore all'investimento in nuova capacità basata su combustibili fossili. Nel 2009 in Europa, è stato effettuato un investimento in eolico di 13 miliardi di euro, che ha portato gli impianti di energia eolica a rappresentare il 39% delle nuove installazioni per la produzione di energia elettrica - per il secondo anno consecutivo è stata installata più energia eolica di qualsiasi altra tecnologia di generazione. Inoltre, gli impianti di energia rinnovabile, in generale, hanno rappresentato il 61% dei nuovi collegamenti alla rete nell'UE nel 2009. Il settore dell'energia elettrica dell'UE continua ad allontanarsi dal carbone, dall'olio combustibile e dal nucleare, e ciascuna tecnologia continua a smantellare più di quanto installi. Pur essendo chiaro che alcuni paesi hanno maggior successo nell'implementazione dell'energia rinnovabile, esiste un tentativo globale di incrementare l'uso della tecnologia con obiettivi di politica per l'energia rinnovabile presenti in almeno 73 paesi. È imporCONCLUSIONI 51

tante osservare che molti paesi in via di sviluppo sono all'avanguardia nella produzione e nell'uso di energia rinnovabile. La Cina è già leader mondiale nell'uso del solare termico, e si prevede che diventerà a breve il più grande produttore di turbine eoliche e, nel 2009, è stata responsabile del maggiore incremento della capacità eolica installata. Inoltre, si prevede che l'uso di energia rinnovabile in Europa triplicherà nel prossimo decennio e che aumenterà significativamente nella maggior parte dei paesi OCSE.

L'uso di energia rinnovabile ha dimostrato che si tratta di un insieme cruciale di tecnologie per ridurre le emissioni dal settore dell'energia elettrica. Tuttavia, a oggi, il suo ruolo per altri settori, in particolare per trasporto, riscaldamento e raffreddamento, deve essere ancora riconosciuto appieno. Di conseguenza, il suo contributo al mix energetico è notevolmente inferiore rispetto all'elettricità in molti paesi, se non si considerano le fonti di energia tradizionali e non commerciali.

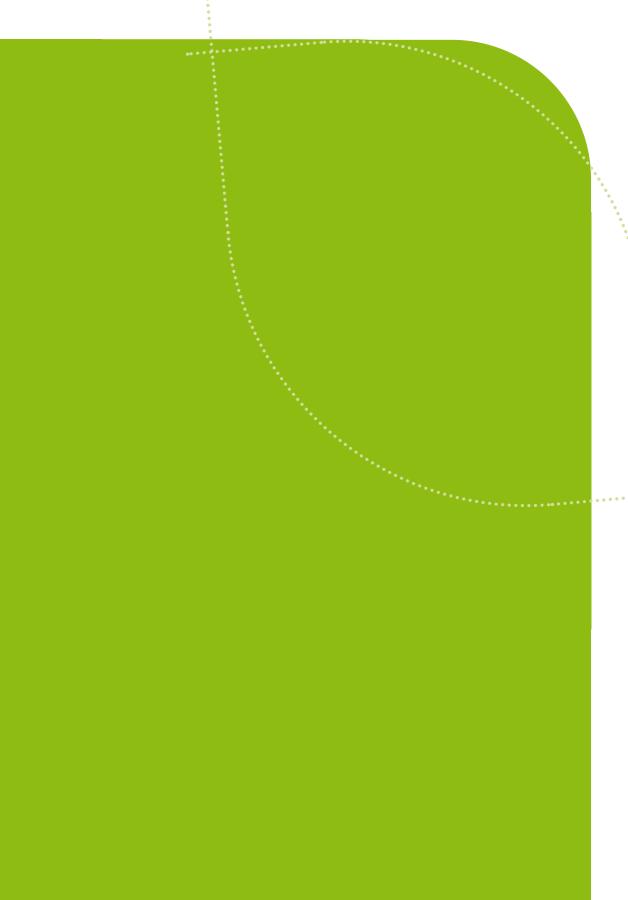
È cruciale, però, rendersi conto che le politiche per l'energia rinnovabile non conseguiranno gli indispensabili risultati di riduzione delle emissioni senza uno sforzo massiccio nell'efficienza energetica, in tutti i sistemi energetici. Il settore dell'energia nucleare in Germania è un esempio eclatante, poiché i consumi sono aumentati più rapidamente rispetto alla decarbonizzazione del kWh, spazzando via la maggior parte degli effetti ambientali benefici del programma di energia rinnovabile di grande successo. Questo

parte da una configurazione appropriata per gli investimenti infrastrutturali a lungo termine, in particolare nell'urbanistica, nella progettazione degli edifici e nell'uso del suolo. Non possiamo permetterci di continuare a creare ulteriori esigenze di trasporto artificiali, perché costruiamo edifici per uffici e centri commerciali dove non ci sono abitazioni. Non abbiamo né il tempo né le risorse da sprecare investendo in edifici inefficienti prima e (magari) adeguarli dopo.

La fiducia nella longevità e nell'efficacia delle politiche statali è vitale se si vuole attirare la finanza privata verso il settore dell'efficienza energetica+energia rinnovabile. Politiche di energia rinnovabile "investment grade"96 devono restare in essere ed essere prorogate a lungo termine. Idealmente, queste politiche e questi obiettivi dovrebbero spiegare chiaramente le opportunità e gli scopi per ciascun settore di energia rinnovabile, lo stato del mercato e di ciascuna tecnologia, per assicurare che sia fornito un sostegno adeguato, ma non eccessivo. Tuttavia, il contributo relativamente basso dell'energia rinnovabile non idroelettrica alla fornitura di elettricità globale dimostra sia il mercato potenziale che esiste che la scala dell'investimento che sarà necessario a breve e a lungo termine. Devono quindi essere introdotti segnali chiari a lungo termine, che dimostrino gli impegni da parte dei governi verso questo settore. Inviare segnali confusi, con proposte per mescolare gli obiettivi di energia rinnovabile con obiettivi a "basse emissioni di carbonio", creerà incertezza e ritarderà o arresterà senza dubbio gli investimenti.

Antony Froggatt è Senior Research Fellow presso Chatham House, Londra, dove è specializzato in tematiche relative al cambiamento climatico, alla politica energetica dell'UE e all'energia nucleare. Da oltre 20 anni lavora su vasta scala alla politica energetica dell'UE per ONG e think tank, e in qualità di consulente per i governi europei, la Commissione Europea e il Parlamento Europeo, e organismi commerciali. Alla Chatham House è stato co-autore di rapporti sulle sinergie e i conflitti tra politiche energetiche e di sicurezza climatica e lo sviluppo a basse emissioni di carbonio in Cina.

Mycle Schneider lavora come consulente internazionale indipendente sulla politica energetica e nucleare, con sede a Parigi. Attualmente fornisce consulenza per il programma finanziato da USAID ECO-Asia sull'efficienza energetica e sulla politica delle energie rinnovabili. Tra il 1983 e l'aprile 2003, Mycle Schneider è stato consigliere delegato del servizio informativo sull'energia WISE-Paris e caporedattore del progetto web *Plutonium Investigation*. Tra il 2000 e il 2009 è stato consulente del Ministero dell'Ambiente tedesco. Dal 2004 è responsabile anche del Corso di Ambiente e Strategie Energetiche dell'International Master of Science for Project Management for Environmental and Energy Engineering presso l'*École des Mines* di Nantes, Francia. Nel 2006/2007 ha fatto parte di un consorzio di consulenti, che ha valutato le problematiche dei finanziamenti per lo smantellamento nucleare e la gestione delle scorie per conto della Commissione Europea. Mycle Schneider ha fornito informazioni e servizi di consulenza a un'ampia varietà di clienti, tra cui l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA), Greenpeace International, UNESCO, World Wide Fund for Nature (WWF), la Commissione Europea, la Direzione Generale per la Ricerca del Parlamento Europeo, e l'Istituto di radioprotezione e sicurezza nucleare francese (IRSN). Nel 1997 è stato insignito del Right Livelihood Award ("Nobel Alternativo"), insieme a Jinzaburo Takagi, per il lavoro congiunto sui problemi del plutonio.



L'energia nucleare come "tecnologia ponte"? Nei giorni ventosi e di basso consumo, la domanda di energia in Germania è già coperta in larga misura dall'approvvigionamento di energia eolica. Poiché l'energia erogata dalle centrali nucleari esistenti (così come dalle grandi centrali alimentate a carbone) non viene ridotta con breve preavviso per motivi economici, il surplus di energia deve essere esportato verso altri paesi, in perdita. C'è del metodo in questa follia. Molti problemi sistemici non sono stati ancora studiati approfonditamente in termini di compatibilità o incompatibilità dell'approccio nucleare centralizzato, rispetto alla strategia efficienza+rinnovabili decentrata.

Quali sono le consequenze per lo sviluppo delle reti, in che modo le scelte riguardo alle caratteristiche di rete influiscono sulle strategie di investimento nella generazione di energia? In quale misura le dimensioni dell'impianto sono co-responsabili delle sovracapacità strutturali, e guindi di una mancanza di incentivi per l'efficienza? In che modo le sovvenzioni / i sussidi governativi stimolano il processo decisionale a lungo termine? I grandi impianti delle rinnovabili riprodurranno gli stessi effetti di sistema delle grandi centrali a carbone/nucleari? Questo rapporto presenta la situazione di base e solleva domande che devono essere affrontate con urgenza. È ovvio che l'energia nucleare non ha portato a un accesso equo e su vasta scala ai servizi energetici nei paesi che hanno optato per tale energia. Ma una strategia nucleare è effettivamente controproducente per lo sviluppo di un futuro di servizi a energia pulita, basato su efficienza+rinnovabili? Esistono solide evidenze a sostegno di questa tesi.



1 Rue du Fort Elisabeth, 1463 Lussemburgo

Ufficio di Bruxelles: T +32 (2) 234 65 70 F +32 (2) 234 65 79 info@gef.eu www.gef.eu

