



International  
Energy Agency

# LE PROSPETTIVE TECNOLOGICHE NELL'ENERGIA

2  
0  
1  
0

SINTESI

Scenari e  
strategie  
da oggi  
al 2050



## AGENZIA INTERNAZIONALE PER L'ENERGIA

L'Agenzia Internazionale per l'Energia (AIE) è un organismo autonomo istituito nel novembre del 1974. Ha un duplice compito: favorire la sicurezza energetica dei paesi membri attraverso un meccanismo di risposta collettiva all'interruzione fisica di forniture petrolifere e suggerire ai paesi membri una politica energetica solida ed efficace. L'AIE porta avanti un vasto programma di cooperazione energetica che coinvolge 28 paesi ad economia avanzata, ciascuno dei quali ha l'obbligo di detenere un livello di scorte petrolifere equivalente a 90 giorni delle rispettive importazioni nette.

I principali obiettivi dell'Agenzia sono:

- Assicurare ai paesi membri l'accesso a forniture affidabili e consistenti di tutte le forme di energia; in particolare, mantenendo efficaci strumenti di risposta a situazioni di emergenza dovute a crisi degli approvvigionamenti petroliferi.
- Promuovere politiche energetiche sostenibili che stimolino, su scala mondiale, la crescita economica e la protezione dell'ambiente - soprattutto in termini di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra che contribuiscono al cambiamento climatico.
- Migliorare la trasparenza dei mercati internazionali attraverso la raccolta e l'analisi dei dati energetici.
- Supportare la collaborazione mondiale in materia di tecnologie energetiche al fine di garantire le future disponibilità di energia e mitigarne l'impatto ambientale, anche grazie al miglioramento dell'efficienza energetica e allo sviluppo e alla diffusione di tecnologie a basso contenuto di carbonio.
- Trovare soluzioni alle sfide energetiche mondiali attraverso il coinvolgimento e il dialogo con i paesi non membri, l'industria, le organizzazioni internazionali e gli altri attori coinvolti.

I paesi membri dell'AIE sono:

Australia  
Austria  
Belgio  
Canada  
Danimarca  
Finlandia  
Francia  
Germania  
Giappone  
Grecia  
Irlanda  
Italia  
Lussemburgo  
Olanda  
Nuova Zelanda  
Norvegia  
Polonia  
Portogallo  
Regno Unito  
Repubblica Ceca  
Repubblica di Corea  
Repubblica Slovacca  
Spagna  
Svezia  
Svizzera  
Stati Uniti  
Turchia  
Ungheria



International  
Energy Agency

### Italian translation

© OECD/IEA, 2010  
International Energy Agency  
9 rue de la Fédération  
75739 Paris Cedex 15, France

La presente pubblicazione è soggetta a specifiche restrizioni che ne limitano l'uso e la distribuzione. I termini e le condizioni sono disponibili online al seguente indirizzo web:  
[www.iea.org/about/copyright.asp](http://www.iea.org/about/copyright.asp)

Anche la Commissione Europea partecipa ai lavori dell'AIE.

## SINTESI

Negli ultimi anni, la minaccia del cambiamento climatico ha assunto un ruolo di primo piano in ogni dibattito o discussione che ruota intorno alla questione energetica. Al contempo, sono tornati alla ribalta altri due elementi di preoccupazione. La crisi finanziaria del 2008/2009, che alcuni analisti collegano alla volatilità delle quotazioni petrolifere, ha rafforzato il timore che elevati prezzi dell'energia possano compromettere la crescita economica. I titoli di cronaca che annunciano tagli alle forniture di gas che attraversano l'Ucraina, petroliere ostaggio dei pirati lungo le coste somale, attacchi agli oleodotti in Nigeria e uragani che distruggono le piattaforme petrolifere del Golfo del Messico sono una dimostrazione di come le minacce alla sicurezza energetica possano assumere diverse forme e verificarsi in luoghi inaspettati. Per molti anni, l'AIE ha evidenziato la necessità di una rivoluzione energetica, basata sulla diffusione su scala mondiale di tecnologie a basso contenuto di carbonio, al fine di contrastare il cambiamento climatico. *Energy Technology Perspectives 2010 (ETP 2010)* vuole dimostrare che un futuro a basse emissioni di anidride carbonica è anche una soluzione efficace per accrescere il livello di sicurezza energetica e sostenere lo sviluppo economico.

Con altrettanta enfasi, *ETP 2010* sottolinea come la suddetta rivoluzione delle tecnologie energetiche sia già in atto, ponendo l'accento sui primi segnali indicativi di questo cambiamento. Gli investimenti in fonti rinnovabili, guidati da eolico e solare, stanno crescendo in maniera sostenuta. Diversi paesi stanno prendendo in considerazione la costruzione di nuovi impianti nucleari. Dopo molti anni di crescita contenuta, l'efficienza energetica dell'area OCSE sta tornando a crescere in modo consistente. Sono in aumento anche gli investimenti pubblici destinati ai programmi di Ricerca, Sviluppo e Dimostrazione (RSD) delle tecnologie a basso contenuto di carbonio. Nel settore trasporti, le principali compagnie automobilistiche stanno aggiungendo al loro parco auto veicoli ibridi ed elettrici e diversi governi hanno lanciato programmi che incentivano i consumatori all'acquisto di questi veicoli. Tuttavia, questi promettenti sviluppi rappresentano solo i primi piccoli e frammentati passi verso un lungo cammino che punta alla trasformazione del modo di produrre e consumare energia. I fattori che guidano la crescita della domanda energetica e delle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) associate al cambiamento climatico continuano ad aumentare ad un ritmo incessante.

Le attuali dinamiche della domanda di energia e delle emissioni di CO<sub>2</sub> si muovono in senso fortemente contrario a quello contenuto nei ripetuti allarmi lanciati dal Comitato Intergovernativo delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico (IPCC), che ravvisa la necessità di ridurre le emissioni globali di CO<sub>2</sub> di almeno il 50% rispetto ai livelli del 2000 entro il 2050 al fine di contenere il surriscaldamento globale medio tra i 2,0°C e i 2,4°C. Studi recenti suggeriscono che il cambiamento climatico si sta verificando anche più velocemente di quanto ipotizzato in passato e che anche un obiettivo di riduzione nell'ordine del 50% entro il 2050 potrebbe risultare inadeguato per prevenire cambiamenti climatici dannosi.

Nonostante gli sforzi continui per definire un quadro politico di lungo termine teso ad ostacolare il cambiamento climatico, la 15<sup>a</sup> Conferenza delle Parti (COP 15)

della Convenzione Quadro per i Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite ha dimostrato la difficoltà di raggiungere un accordo su obiettivi "top-down" vincolanti ex-lege. Tuttavia, la COP 15 ha permesso di compiere significativi passi avanti su alcune questioni cruciali. L'Accordo di Copenhagen, anche se non è stato formalmente adottato nell'ambito della COP 15, ha riscosso ampi consensi su un discreto numero di elementi di fondamentale importanza, quali: il contenimento entro i 2,0°C dell'aumento della temperatura terrestre; la realizzazione di drastici tagli alle emissioni mondiali di gas ad effetto serra entro il 2050; il ruolo della tecnologia nel soddisfare questi obiettivi e la necessità di un maggiore sostegno finanziario ai paesi in via di sviluppo. Molti governi stanno già collaborando nella direzione indicata dall'Accordo attraverso l'aumento dei fondi destinati a programmi di ricerca e sviluppo improntati sulle tecnologie a basse emissioni, la definizione di nuove e più efficienti politiche, l'imposizione di obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni.

*ETP 2010* si inserisce in questo contesto e illustra il punto di vista dell'AIE sul contributo che le tecnologie a basso contenuto di carbonio possono dare al raggiungimento di forti riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Avvalendosi di un approccio tecnico-economico che valuta costi e benefici, il rapporto propone una disamina delle opzioni meno costose in grado di conseguire obiettivi di politica energetica, proponendo al contempo misure tese a superare barriere di natura tecnica e politica. Nel dettaglio, *ETP 2010* esamina le future possibilità in termini di opzioni tecnologiche a disposizione della generazione elettrica e dei principali settori di uso finale dell'energia quali industria, residenziale e terziario, trasporti. Per la prima volta, l'edizione di quest'anno include un'analisi dei paesi Europei dell'OCSE, Stati Uniti, Cina ed India: aree che, congiuntamente, coprono il 56% circa della domanda mondiale di energia primaria. Lo studio descrive poi la transizione tecnologica necessaria per muoversi verso un futuro energetico sostenibile e fornisce una serie di linee-guida sulle tecnologie al fine di tracciarne l'evoluzione. I capitoli sui finanziamenti, sui cambiamenti comportamentali, sul trasferimento di tecnologie tra economie sviluppate ed emergenti e sugli impatti ambientali delle principali tecnologie energetiche rappresentano altri elementi di novità rispetto alle passate edizioni.

E' evidente che, allo stato attuale, la rivoluzione tecnologica sta seguendo un percorso "bottom-up". Questo è un segnale positivo per diversi aspetti: molte sfide energetiche hanno un enorme impatto sulle popolazioni locali – le quali necessitano di trovare soluzioni idonee allo specifico contesto in cui vivono. In ultima analisi, la portata della sfida richiede l'adozione di una strategia globale, anche perché la globalizzazione rende le principali economie sempre più interdipendenti in termini di commercio, investimenti e diffusione della tecnologia. Un altro impressionante sviluppo consiste nel fatto che molti di questi sforzi sono già il riflesso di un maggiore impegno profuso da governi, industria e società. *ETP 2010* pone l'accento su quelle politiche ed azioni innovative che meritano un'attenta considerazione ed un'estesa applicazione.

Il prossimo decennio sarà critico. Se le emissioni non raggiungeranno un picco intorno al 2020 per poi declinare negli anni successivi, conseguire la necessaria riduzione del 50% entro il 2050 diventerà un obiettivo sempre più costoso. Di fatto, questa opportunità potrebbe addirittura venir meno. Differire nel tempo la

realizzazione di un taglio del 50% delle emissioni di CO<sub>2</sub> potrebbe richiedere uno sforzo significativamente più elevato, attuabile solo tramite l'uso di azioni ancora più radicali su un arco temporale più ristretto nonché il sostenimento di costi notevolmente superiori a quelli ritenuti politicamente accettabili.

I timori relativi alla sicurezza energetica, la minaccia del cambiamento climatico e la necessità di soddisfare una crescente domanda di energia (soprattutto nel mondo in via di sviluppo) sono tutte questioni che pongono grandi sfide a chi occupa ruoli di responsabilità decisionale. I progressi raggiunti con la rivoluzione energetica basata su tecnologie a basso contenuto di carbonio coinvolgeranno milioni di scelte effettuate da un'altrettanto vasta platea di soggetti – che agiscono a titolo personale o professionale. La scelta stessa può rappresentare una barriera: muoversi tra le insidie dell'informazione per compiere la scelta ottimale può rivelarsi un percorso molto difficile, al limite della non-scelta. Per affrontare queste sfide, il presente volume dimostra che è necessario avvalersi di una combinazione di tecnologie, nuove ed esistenti, e descrive le aree di azione prioritarie e i meccanismi che possono contribuire a realizzare un cambiamento. Questo approccio è stato concepito per aiutare i *decision makers* ad identificare il mix di tecnologie e politiche più efficace in relazione agli specifici contesti in cui operano. Includendo linee guida dettagliate per facilitare la diffusione delle tecnologie, *ETP 2010* ambisce a sottolineare due aspetti della rivoluzione energetica: la necessaria accelerazione del progresso ed un maggiore impegno da parte di tutti i paesi, settori e soggetti coinvolti.

## Gli scenari ETP presentano opzioni non previsioni

---

*ETP 2010* analizza e pone a confronto diversi scenari. Questo approccio non vuole prevedere cosa succederà in futuro, ma punta a dimostrare quali sono le principali opzioni che possono consentire di creare un futuro energetico più sicuro e sostenibile.

Lo scenario di Base contenuto nell'*ETP 2010* riprende lo scenario di Riferimento descritto nel *World Energy Outlook 2009* con orizzonte al 2030 e lo estende fino al 2050. L'ipotesi di base è l'assenza di introduzione da parte dei governi di qualsiasi nuova politica energetica e climatica. Per contro, lo scenario BLUE Map (proposto in diverse varianti) è target-oriented: definisce l'obiettivo di dimezzamento delle emissioni di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia all'orizzonte 2050 (rispetto ai livelli del 2005) ed esamina le opzioni meno costose per il suo raggiungimento attraverso la diffusione di tecnologie a basso contenuto di carbonio sia esistenti che nuove (Figura S.1). Gli scenari BLUE prevedono un maggior livello di sicurezza energetica (ad esempio grazie ad una minor dipendenza dai combustibili fossili) e il conseguimento di altri benefici che contribuiscono allo sviluppo economico (ad esempio il miglioramento della salute connesso ad un minor inquinamento dell'aria). Il raffronto tra i due scenari descritti nell'*ETP 2010* dimostra che le tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica possono consentire un futuro radicalmente differente (Tabella S.1).

**Tabella S1 ► Evoluzione della domanda di energia e delle emissioni nello Scenario di Base e nello Scenario BLUE Map: 2050 e 2007**

Scenario di Base	Scenario BLUE Map
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le emissioni di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia sono quasi il doppio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le emissioni di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia si riducono del 50%</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Il consumo di energia primaria aumenta dell'84%; l'intensità carbonica del consumo di energia primaria del 7%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il consumo di energia primaria diminuisce in misura superiore al 25%; l'intensità carbonica si riduce del 64%</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>La domanda di combustibili liquidi aumenta del 57%, il che implica un significativo ricorso a petrolio non convenzionale e a combustibili sintetici; la domanda primaria di carbone aumenta del 138%; la domanda di gas dell'85%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La domanda di combustibili liquidi diminuisce del 4% ed il peso dei biocarburanti sale al 20% del totale; la domanda di carbone cala del 36%; quella di gas naturale del 12%; le rinnovabili costituiscono quasi il 40% dell'energia primaria</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le emissioni di CO<sub>2</sub> associate alla generazione elettrica sono più del doppio; l'intensità carbonica della generazione elettrica diminuisce leggermente a 459 g CO<sub>2</sub>/kWh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le emissioni di CO<sub>2</sub> associate alla generazione elettrica si riducono del 76%; la loro intensità carbonica diminuisce a 67 g CO<sub>2</sub>/kWh</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>I combustibili fossili soddisfano oltre i 2/3 della domanda termoelettrica; la quota delle rinnovabili aumenta leggermente portandosi al 20%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le fonti rinnovabili coprono il 48% della domanda termoelettrica; il nucleare vi contribuisce per il 23% e le centrali dotate di sistemi di CCS per il 17%</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>La tecnologia di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) non è impiegata su scala commerciale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La tecnologia CCS è utilizzata per catturare 9,4 Gt di CO<sub>2</sub> da impianti di generazione elettrica (55%), industriali (21%) e di trasformazione dei combustibili (24%)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le emissioni di CO<sub>2</sub> dei settori residenziale e terziario, incluse quelle associate all'uso di energia elettrica, sono quasi il doppio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le emissioni di CO<sub>2</sub> dei settori residenziale e terziario sono i 2/3 in meno grazie all'uso di elettricità a basso contenuto di carbonio, all'efficienza energetica e alla transizione da tecnologie a basse emissioni a tecnologie a zero emissioni (sistemi di riscaldamento e condizionamento solare, pompe di calore e cogenerazione)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Quasi l'80% delle vendite di veicoli leggeri è caratterizzato da veicoli alimentati a benzina o a diesel; i prodotti petroliferi soddisfano oltre il 90% della domanda del settore trasporti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quasi l'80% delle vendite di veicoli leggeri è caratterizzato da veicoli ibridi plug-in, veicoli elettrici oppure alimentati con pile a combustibile; la quota di prodotti petroliferi sulla domanda finale del settore trasporti scende al 50%</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'industria crescono di circa il 50%, in seguito all'aumento della produzione industriale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'industria diminuiscono di circa un quarto, principalmente grazie ad una maggiore efficienza energetica, alla sostituzione dei combustibili, al riciclo dei materiali utilizzati, a sistemi di recupero energetico e di CCS</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gli investimenti relativi alla fornitura e al consumo di energia ammontano complessivamente a 270 mila miliardi di dollari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gli investimenti superano di 46 mila miliardi di dollari (+17%) quelli previsti nello scenario di Base; il risparmio cumulato sul costo del combustibile rispetto allo scenario di Base è a pari di 112 mila miliardi di dollari</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>I paesi non-OCSE contano per circa il 90% della crescita della domanda di energia e sono responsabili per circa i 3/4 delle emissioni globali di CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>I paesi non-OCSE conseguono una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> pari a circa il 30% rispetto al livello del 2007; i paesi OCSE sono responsabili per meno del 25% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub> avendo ridotto le stesse di una percentuale compresa tra il 70% e l'80% rispetto ai livelli 2007.</li> </ul>



**Box 5.1** ► **Principali messaggi dei modelli proposti**

I risultati contenuti nell'ETP 2010 rafforzano le conclusioni cui si giungeva nelle precedenti edizioni e in aggiunta sottolineano come, rispetto alla prima edizione del 2006, il mondo abbia continuato a muoversi – ad un ritmo addirittura accelerato – nella direzione sbagliata. Dal 1990 al 2000, le emissioni globali di CO<sub>2</sub> sono aumentate ad un tasso medio annuo dell'1,1%. Nei successivi sette anni, il tasso di crescita annua delle emissioni è salito al 3%. Emergono con evidenza due principali tendenze: l'aumento della domanda di energia nelle economie basate sul carbone e l'aumento delle centrali elettriche alimentate a carbone in risposta all'aumento dei prezzi di petrolio e gas. Il tasso annuo di incremento delle emissioni generate dall'uso del carbone è passato dallo 0,6% (nel periodo 1990-2000) al 4,8% (nel periodo 2000-2007).

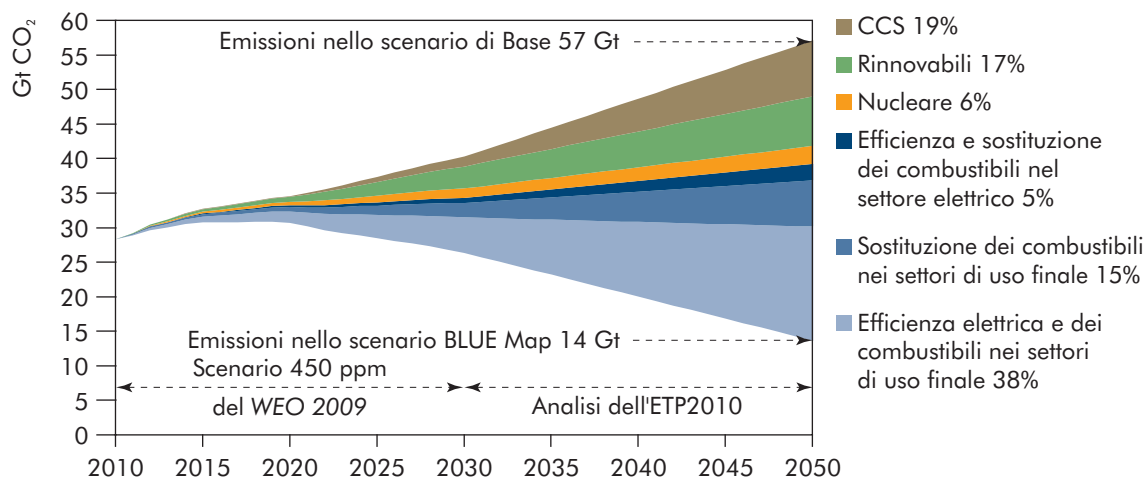
Il messaggio principale rimane lo stesso: i trend attuali – come descritti nello scenario di Base – non sono sostenibili in termini di impatto ambientale, sicurezza energetica e sviluppo economico. La crescente dipendenza dai combustibili fossili (principalmente dal carbone) continua a sostenere sia le emissioni di CO<sub>2</sub> che i prezzi dei combustibili stessi. Le quotazioni petrolifere, ad esempio, si pensa raggiungeranno nel 2050 i 121 dollari al barile (in dollari 2008).

Ma questo futuro ad alta intensità carbonica non è un dato di fatto. Usando una combinazione di tecnologie esistenti e nuove, come descritto nello scenario BLUE, è possibile dimezzare le emissioni mondiali di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia entro il 2050. Sarà un obiettivo difficile da raggiungere e richiederà significativi investimenti, ma saranno altrettanto grandi i benefici conseguibili in termini di miglior impatto ambientale, maggiore sicurezza energetica e riduzione della fattura energetica. In questo scenario, si assume che al 2050 i prezzi del petrolio si attestino a 70 dollari al barile (valore reale 2008).

- Un portafoglio di tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica con costi, a piena commercializzazione, fino a 175 dollari per tonnellata di CO<sub>2</sub>, è necessario per dimezzare le emissioni di CO<sub>2</sub> all'orizzonte 2050. Non esiste una sola tecnologia o un ristretto gruppo di tecnologie che possa altrimenti condurre ad un cambiamento di portata simile a quello richiesto.
- Una diffusione su larga scala di tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica può ridurre la domanda mondiale di petrolio, carbone e gas al di sotto dei livelli attuali all'orizzonte 2050. Nonostante ciò, i combustibili fossili sono destinati a rimanere una fonte energetica importante a livello mondiale anche in futuro.
- I miglioramenti di efficienza energetica, molti dei quali sono ottenibili tramite opzioni tecnologiche a basso costo, offrono il maggiore potenziale di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Pertanto, nel breve termine, vanno considerati con il massimo livello di priorità.
- La decarbonizzazione del settore elettrico, la seconda maggiore fonte di emissioni, è un'opzione di cruciale importanza e deve coinvolgere un notevolissimo aumento della quota di rinnovabili e nucleare nonché utilizzare sistemi di cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub> (CCS) nelle centrali elettriche alimentate da combustibili fossili.
- Una produzione di elettricità decarbonizzata offre considerevoli opportunità di riduzione delle emissioni nei settori finali tramite la penetrazione dell'energia elettrica (ad esempio, passando da veicoli alimentati da motori a combustione interna a veicoli elettrici e a veicoli ibridi plug-in, oppure passando dal riscaldamento a mezzo di fonti fossili all'uso di efficienti pompe di calore).
- Sono necessarie nuove tecnologie a basso contenuto di carbonio per sostenere la riduzione delle emissioni oltre il 2030, soprattutto nei settori di consumo finale quali trasporti, industria, e residenziale e terziario.

Il futuro è per sua natura incerto e lo sarà sempre. L'evoluzione della crescita economica (e quindi dell'uso di energia e delle emissioni) e lo sviluppo tecnologico sono dinamiche difficili da prevedere. Un approccio flessibile basato sullo sviluppo e sulla diffusione di diverse tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica può contribuire a fronteggiare questo stato di incertezza.

**Figura S.1** ▶ Le principali opzioni tecnologiche per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nello scenario BLUE Map



#### Nota bene

Per ridurre in modo significativo le emissioni di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia è necessario ricorrere ad un'ampia gamma di tecnologie..

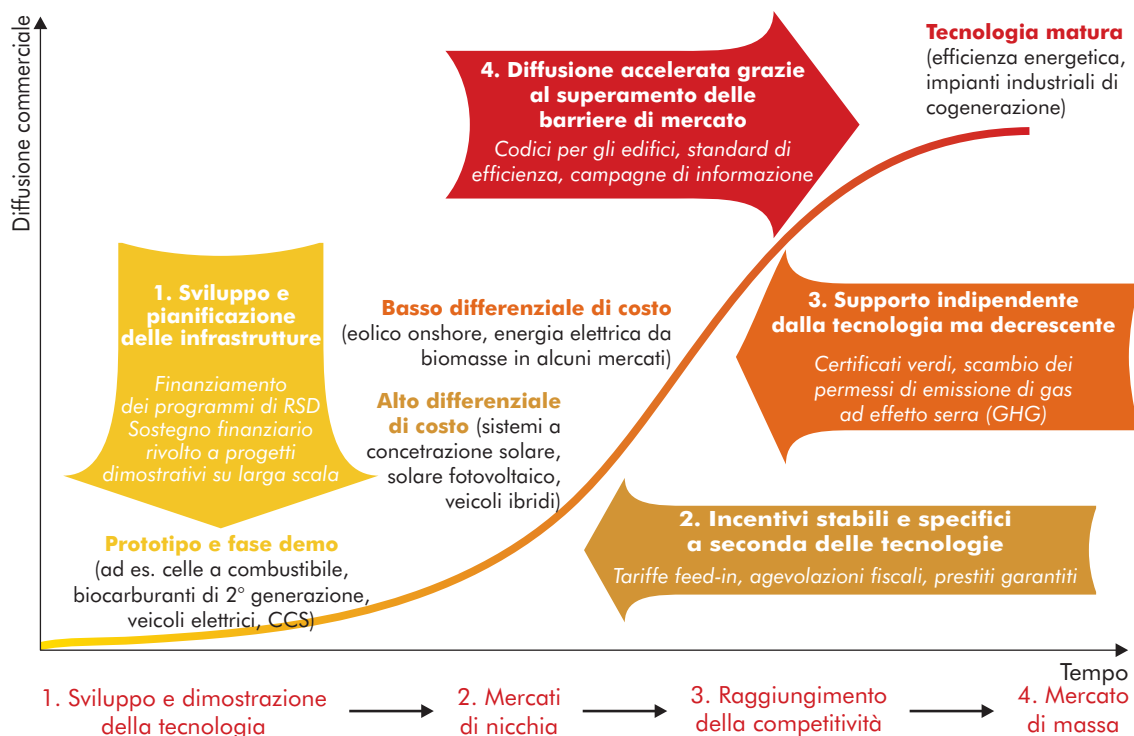
## Politiche tecnologiche

Molte delle più promettenti tecnologie a basso contenuto di carbonio presentano, allo stato attuale, costi più elevati rispetto a quelle basate sull'uso dei tradizionali combustibili fossili. È solo attraverso un percorso di apprendimento tecnologico derivante da attività di ricerca, sviluppo, dimostrazione e diffusione (RSD&D) che si possono conseguire significative riduzioni di costo tali da rendere economicamente competitive le suddette tecnologie. Pertanto, i governi e l'industria devono perseguire l'innovazione tecnologica attraverso un certo numero di strade correlate e parallele. Gran parte delle nuove tecnologie richiederà, in alcune fasi, sia il sostegno dei programmi di RSD&D che una diffusione a livello di mercato.

Il ruolo dei governi nello sviluppo di una politica tecnologica efficiente è di cruciale importanza: la politica deve creare un contesto solido in cui gli altri soggetti coinvolti, industria inclusa, possano operare. Laddove necessario, le politiche dovranno abbracciare l'intero spettro dei programmi di RSD&D. In questo modo, i governi potranno ridurre il rischio cui sono esposti gli altri attori, almeno nelle prime fasi dello sviluppo tecnologico, mentre successivamente potranno aprire il settore ad una maggiore concorrenza, consentendo al contempo ai soggetti coinvolti di realizzare adeguati ritorni sugli investimenti effettuati nel momento in cui si raggiunga un'economia a basse emissioni.

Nel prossimo decennio, l'intervento dei governi dovrà essere molto più incisivo che in passato se non si vuole rimanere vincolati a tecnologie ad alte emissioni ed inefficienti. Occorre intraprendere azioni rapide volte ad adottare una gamma di politiche tecnologiche che puntino a superare la barriera dovuta al costo



**Figura S.2** ► Politiche di supporto alle tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica

Nota: La figura presenta una classificazione generale delle diverse fasi delle tecnologie; nella maggioranza dei casi, le tecnologie, in ogni dato momento, ricadranno in più di una fase.

#### Nota bene

Le politiche governative di sostegno alle tecnologie devono essere concepite in maniera tale da potersi adattare ai loro diversi stadi di sviluppo..

più alto di alcune tecnologie rispetto ad altre, al contempo riflettendo pienamente la maturità e la competitività di singole opzioni tecnologiche e di specifici mercati (Figura S.2). Gli obiettivi prioritari dovrebbero consistere nel ridurre il rischio, stimolare la diffusione, e diminuire i costi. La storia insegna che la maggior parte delle innovazioni più rivoluzionarie trae origine da nuove imprese che sfidano i modelli di business esistenti. Pertanto, i progressi dei governi nella rimozione delle barriere che limitano le possibilità di entrata e crescita nel mercato delle nuove imprese avranno un ruolo importante nel processo di sviluppo delle tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica.

Negli ultimi anni, è stata dedicata molta attenzione alle politiche che fissano un prezzo alle emissioni come strumento atto a stimolare lo sviluppo di tecnologie pulite e la loro diffusione, elementi necessari per giungere ad una rivoluzione energetica. L'Accordo di Copenhagen avalla il ricorso ad approcci di mercato per aumentare l'efficienza economica. Se da un lato simili politiche (ad esempio lo scambio dei permessi di emissione o carbon trading) rappresentano probabilmente un importante driver di cambiamento, dall'altro non sono necessariamente il modo più efficiente per realizzare investimenti di breve termine in tecnologie più costose ma capaci di apportare benefici di più lungo periodo in termini di riduzione

delle emissioni. Inoltre, è probabile che siano necessari molti anni prima che possa crearsi un mercato dei permessi di emissione effettivamente globale.

I governi possono definire un'ampia gamma di strumenti che contribuiscono a creare un mercato per quelle tecnologie che incontrano gli obiettivi di politica nazionale; ne sono un esempio le regolamentazioni, le agevolazioni fiscali, i programmi volontari, i sussidi e le campagne d'informazione. Ma i governi devono anche avere vie d'uscita: il livello di sostegno fornito deve diminuire nel tempo e deve essere rimosso quando la tecnologia diventa competitiva – o, al contrario, se risulta evidente che non lo potrà mai diventare.

*ETP 2010* stima che, per dimezzare le emissioni, i fondi governativi destinati ai programmi di RSD per le tecnologie a basso contenuto di carbonio dovranno essere tra le due e le cinque volte superiori ai livelli attuali. Questo messaggio viene preso in seria considerazione da diversi paesi. I governi dei paesi aderenti al Major Economies Forum e all'AIE sono concordi nel ritenere necessario un massiccio aumento ed un maggior livello di coordinamento degli investimenti del settore pubblico nelle attività di RSD&D dedicate alle opzioni a basse emissioni, con la prospettiva di raddoppiare simili investimenti entro il 2015. Il semplice aumento degli stessi, tuttavia, non sarà sufficiente per realizzare le tecnologie a basso contenuto di carbonio ritenute necessarie. Pertanto, è di fondamentale importanza migliorare gli attuali programmi governativi di RSD&D e le politiche ad essi associate tramite l'adozione delle *best practices* esistenti in materia di progettazione e diffusione. Le migliorie richieste includono: la concezione di programmi strategici che siano in linea con le priorità di politica nazionale e la disponibilità delle risorse; la rigorosa valutazione dei risultati e l'adattamento del livello di sostegno fornito, qualora necessario; e l'intensificazione dei legami tra governo e industria e tra scienza di base e ricerca applicata all'energia al fine di accelerare il processo di innovazione.

La riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> dipende, infine, dalla capacità di apprendimento dimostrata dall'industria nel suo complesso, così come dalle singole imprese e dai consumatori relativamente alle tecnologie a basse emissioni. Fino ad oggi, gli sforzi per incoraggiare l'adozione di tecnologie energeticamente efficienti e a basso contenuto di carbonio si sono principalmente focalizzati sul superamento delle barriere tecnologiche ed economiche. In realtà, la ricerca indica che le scelte del consumatore vengono maggiormente influenzate da fattori sociali e comportamentali. Una maggiore comprensione della dimensione umana del consumo di energia, soprattutto nei settori residenziale e terziario e nei trasporti privati, aiuterà i decisori politici a catalizzare ed amplificare i risparmi connessi alla tecnologia. Tramite la descrizione di alcuni programmi di successo, *ETP 2010* pone l'accento su come le strategie politiche, per influenzare le scelte del consumatore, devono rivolgersi, informare, motivare e dare maggior potere al consumatore stesso.

I governi rivestono inoltre un ruolo importante nell'incoraggiare gli altri soggetti a mantenere il controllo di aree ritenute rilevanti. L'industria può dimostrare la sua *leadership* attraverso un'attiva partecipazione a partenariati di tipo pubblico-privato. Le università possono aumentare l'offerta formativa per sviluppare ed utilizzare capitale umano, necessario per la diffusione delle tecnologie energetiche innovative. Le organizzazioni non-governative possono contribuire ad attirare

l'attenzione della collettività e a comunicare l'urgenza della diffusione su vasta scala di queste nuove tecnologie nonché i costi e i benefici che la suddetta diffusione comporta. Infine, i soggetti coinvolti devono lavorare congiuntamente al fine di rafforzare, a livello internazionale, la collaborazione tecnologica, necessaria per accelerare le attività di RSD&D, la diffusione e gli investimenti. Linee guida sulle tecnologie possono aiutare questo processo.

### **Box 5.2 ► Linee guida sulle tecnologie proposte dall'AIE**

*Su richiesta dei Ministri del G8, l'AIE sta sviluppando linee guida finalizzate ad accelerare lo sviluppo e la diffusione delle più importanti tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica. Ogni linea guida presenta lo scenario condiviso all'orizzonte 2050 e descrive le azioni richieste, a livello internazionale e nazionale, ai principali soggetti coinvolti. Questo approccio collettivo è di fondamentale importanza per massimizzare il beneficio netto degli investimenti in programmi di RSD&D rivolti alle nuove tecnologie. Le linee guida affrontano anche diverse questioni trasversali, su scala internazionale e regionale, che metteranno in risalto i successi conseguibili con la diffusione delle suddette tecnologie.*

*Per accelerare il processo innovativo e la transizione dalla fase di dimostrazione a quella di diffusione commerciale, molte delle linee guida proposte dall'AIE suggeriscono partnership di tipo pubblico-privato. Simili partnership sono particolarmente adatte per tecnologie come la cattura e lo stoccaggio dell'anidride carbonica (CCS) e i veicoli elettrici, che dipenderanno dalla creazione di nuovi modelli di business sia per le industrie che per le tecnologie.*

## **La crescente diffusione della tecnologia su scala internazionale**

Tutti gli scenari descritti nell'*ETP 2010* confermano un elemento in un certo senso sorprendente: quasi tutta la futura crescita della domanda di energia e delle emissioni avrà luogo nei paesi non-OCSE. In quest'area, accelerare la diffusione di tecnologie a basso contenuto di carbonio rappresenta pertanto una sfida critica, principalmente per quelle economie interessate da una crescita più sostenuta e rapida come Brasile, Cina, India, Federazione Russa e Sud Africa.

Convenzionalmente, i paesi non-OCSE accedono alle nuove tecnologie a seguito del trasferimento delle stesse dai paesi industrializzati, il che presuppone un flusso di conoscenze tecnologiche che trae origine dai paesi con le maggiori capacità tecniche per propagarsi verso quelli con capacità minori. Tuttavia, la situazione sta diventando sempre più complicata in ragione dei crescenti flussi multidirezionali delle tecnologie tra e all'interno dell'area OCSE e non-OCSE, dello sviluppo da parte delle economie emergenti di una solida industria manifatturiera e dalla loro evoluzione verso una condizione di esportatori netti.

Per avere successo, un'economia a basse emissioni di anidride carbonica dovrebbe basarsi su logiche di mercato tali per cui i principali mezzi di diffusione

delle tecnologie energetiche sono le transazioni commerciali. La sfida consiste nel ri-orientare queste transazioni al fine di incentivare il trasferimento di tecnologie a basso contenuto di carbonio, aiutando al contempo i paesi emergenti a diventare essi stessi sviluppatori di tecnologie e attori del mercato. Occorre dedicare particolare attenzione alla capacità dei singoli paesi di assorbire le nuove tecnologie. Alcune economie emergenti, in primis la Cina, stanno rapidamente migliorando la loro capacità di sviluppare e diffondere importanti opzioni tecnologiche a basse emissioni. Dati i loro tassi di crescita, devono procedere ancor più rapidamente per diminuire le emissioni di CO<sub>2</sub> generate dalla loro attività economica.

## Costi e redditività degli investimenti

*ETP 2010* sottolinea la necessità di ingenti investimenti per soddisfare il crescente fabbisogno mondiale di energia. Lo scenario di Base stima, per il periodo 2010-2050, un livello di investimenti pari a 270 mila miliardi di dollari.<sup>11</sup> Gran parte di questo ammontare (240 mila miliardi di dollari - circa il 90%) riflette gli investimenti lato domanda che realizzeranno i consumatori in beni che consumano energia, inclusi veicoli, apparecchiature elettriche ed impianti utilizzati nell'industria pesante.

Soddisfare la crescente domanda di energia conseguendo al contempo l'obiettivo di riduzione delle emissioni del 50% all'orizzonte 2050 richiede costi ancora più sostenuti: nello Scenario BLUE Map, gli investimenti necessari sono pari a 316 mila miliardi di dollari, un livello superiore del 17% (46 mila miliardi di dollari) a quello indicato nello Scenario di Base.

Negli ultimi tre anni, gli investimenti in tecnologie a basso contenuto di carbonio sono stati mediamente pari a 165 miliardi di dollari. L'implementazione dello scenario BLUE Map richiede investimenti annui prossimi ai 750 miliardi di dollari fino al 2030 e superiori agli 1,6 mila miliardi nel periodo 2030-2050. Nell'ultimo arco temporale considerato, il livello degli investimenti raddoppia in ragione della maggiore domanda di veicoli e di altri prodotti che consumano energia, in linea con la crescita del reddito nei paesi emergenti ed in via di sviluppo.

L'altra faccia della medaglia riguarda i significativi ritorni sugli investimenti che sarà possibile conseguire grazie alla rivoluzione tecnologica. Un'economia a basso contenuto di carbonio consente, ad esempio, significativi risparmi di combustibile grazie ai miglioramenti di efficienza energetica ed al calo dei prezzi legato alla riduzione della domanda di energia. *ETP 2010* calcola che i 46 mila miliardi di dollari di investimenti aggiuntivi dello scenario BLUE Map fruttino, nel periodo 2010-2050, un risparmio cumulato, dovuto al minor consumo di combustibile, pari a 112 mila miliardi di dollari. Se si considera il valore attuale degli investimenti e dei risparmi di combustibile che si realizzano durante l'orizzonte di proiezione, utilizzando un tasso di sconto pari al 10%, il risparmio netto ammonta a 8 mila miliardi di dollari.

Inoltre, la rivoluzione energetica offre significative opportunità alle imprese. Quelle lungimiranti riconoscono l'enorme potenziale associato allo sviluppo e all'utilizzo –

---

1. Non si considerano gli investimenti a monte relativi alla produzione e al trasporto di carbone, petrolio e gas.



su scala globale – di un ampio ventaglio di innovazioni e di tecnologie emergenti, così come la possibilità di avvalersi di meccanismi che facilitano gli investimenti nei paesi non-OCSE (ad esempio in cambio di crediti di emissione). Si è già parlato del ruolo dei governi nella definizione di un quadro politico stabile e nel fornire parte dei fondi da destinare ai programmi di RSD&D. Un secondo aspetto da sottolineare riguarda la necessità di intensificare il dialogo tra i governi e la comunità degli investitori al fine di creare una maggiore collaborazione e definire in modo appropriato i rispettivi ma complementari ambiti di azione.

L'edizione ETP 2010 esamina anche i maggiori impatti in termini economici, sociali ed ambientali (definiti come co-impatti in ragione del loro grado di interrelazione) delle tecnologie a basso contenuto di carbonio. L'analisi si focalizza principalmente su quelle questioni che, soprattutto nei paesi in via di sviluppo, possono rappresentare priorità politiche e sociali più immediate rispetto alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> ed in particolare: qualità dell'aria e il conseguente impatto sulla salute dell'uomo, qualità e disponibilità di acqua ed uso dei terreni. Ridurre l'inquinamento dell'aria attraverso tecnologie a basso contenuto di carbonio apporta, ad esempio, altri benefici ambientali legati all'energia e mitiga l'impatto negativo in termini di salute sulle popolazioni locali.

Per affinare le stime contenute in questo volume, è necessario predisporre un ulteriore studio che descriva come valutare i co-benefici ed assicurare che ogni co-impatto negativo venga incorporato, quantificato e se possibile mitigato. E' altrettanto importante valutare i co-benefici e i conflitti potenziali a livello regionale, nazionale e locale, in quanto molti di questi saranno specifici in funzione delle diverse realtà considerate.

## Risultati settoriali

---

Circa l'84% delle attuali emissioni di CO<sub>2</sub> è legato all'energia e circa il 56% delle emissioni totali di gas ad effetto serra può essere imputato alla produzione e al consumo di energia. Se le emissioni globali di CO<sub>2</sub> dovranno essere dimezzate, tutti i settori dovranno ridurre drasticamente la loro intensità carbonica ma ciò non significa che ognuno di questi dovrà operare un taglio nell'ordine del 50% (Figura S.3). Nello scenario di Base, ogni settore presenta diverse prospettive di crescita nonché una diversa gamma di opzioni a basso contenuto di carbonio che possono essere implementate per ridurre le emissioni. ETP2010 esamina nel dettaglio il potenziale di ogni settore nel contribuire ad un futuro a basso contenuto di carbonio ed ottimale in termini di costi, delineando le tecnologie e le politiche che saranno necessarie per conseguire detto obiettivo.

Per una maggiore diffusione in tutti i settori di tecnologie sia nuove che già esistenti, è necessario adottare un'azione rapida che prenda in considerazione obiettivi di lungo termine. Senza una prospettiva di ampio raggio, si corre il rischio di realizzare nel breve termine investimenti inadeguati e costosi che potrebbero compromettere gli obiettivi di riduzione o richiedere una dismissione anticipata rispetto al loro normale ciclo di vita.

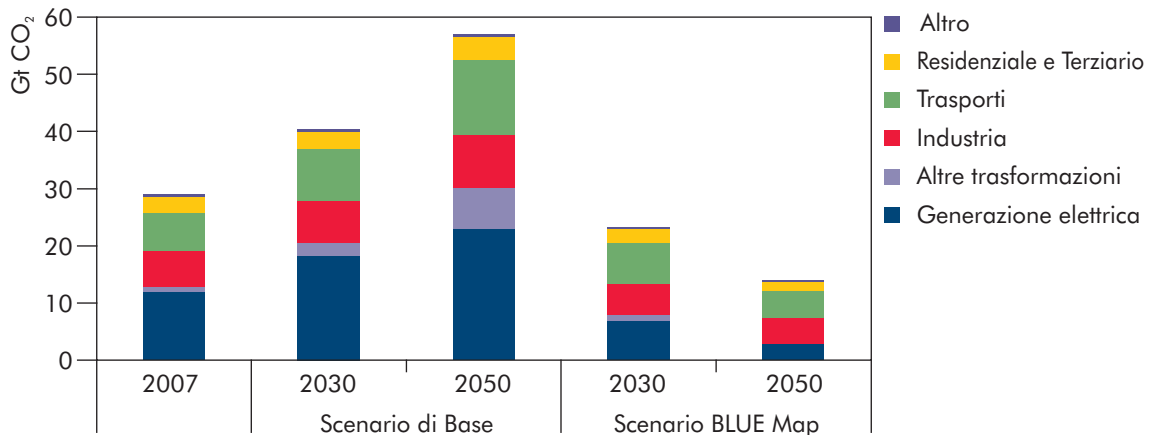
## Settore elettrico

Come già anticipato, è nella decarbonizzazione del settore elettrico che si concentreranno gli sforzi di riduzione delle emissioni mondiali di CO<sub>2</sub>. Allo stato attuale, il settore elettrico contribuisce al 41% delle emissioni di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia. Nel 2050, lo scenario di Base prevede il raddoppio di queste emissioni, in ragione della continua dipendenza dai combustibili fossili. Per contro, lo scenario BLUE Map indica una riduzione quasi del 90% (rispetto ai livelli del 2007) dell'intensità carbonica della generazione elettrica, con le fonti rinnovabili che coprono quasi la metà della produzione mondiale di elettricità e con il nucleare che conta per poco meno del 25%. L'altro cambiamento cruciale riguarda il fatto che la restante produzione di energia elettrica da combustibili fossili genera un livello significativamente inferiore di emissioni di CO<sub>2</sub> grazie all'adozione diffusa di sistemi di CCS.

Un radicale cambiamento delle politiche energetiche, unito ad ingenti investimenti, è un requisito necessario per interrompere l'attuale dipendenza dalle fonti fossili che caratterizza il settore elettrico. Nello scenario BLUE Map, l'ammontare di investimenti necessari è pari a 35,8 mila miliardi di dollari (il 40% in più dei 23,5 mila miliardi richiesti nello scenario di Base), oltre la metà dei quali destinati alla creazione di nuove centrali. La criticità più evidente è che, allo stato attuale, molte tecnologie a basso contenuto di carbonio sono molto più costose di quelle tradizionali basate sull'impiego di combustibili fossili. Inoltre, per sostenere i programmi di RSD e creare meccanismi di mercato che accelerino il processo di innovazione, i governi dovrebbero adottare politiche tese ad incoraggiare una veloce chiusura degli impianti più inquinanti e meno efficienti. Inoltre, occorre perseguire tutte le opzioni di generazione a basso contenuto di carbonio: escluderne una potrebbe comportare un aumento dei costi associati al conseguimento dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del settore.

Alcune tecnologie di generazione a basse emissioni presentano criticità specifiche. Ad esempio, per supportare grandi quantità di fonti energetiche rinnovabili tra loro

**Figura S.3** ► Emissioni globali di CO<sub>2</sub> nello scenario di Base e nello scenario BLUE Map



### Nota bene

Lo scenario BLUE Map richiede drastici tagli alle emissioni in tutti i settori.

differenti (come eolico, solare fotovoltaico, idroelettrico ad acqua fluente, energia da moto ondoso e mareomotrice) è necessaria un'integrazione a livello di sistema. Vi è anche urgente bisogno di accelerare la fase dimostrativa dei sistemi di CCS nel settore elettrico e di sviluppare sistemi normativi esaustivi che ne consentano la diffusione su larga scala. Anche sul fronte dell'energia nucleare, è necessario compiere ulteriori progressi in materia di costruzione e funzionamento degli impianti di smaltimento delle scorie radioattive.

Conseguire una produzione elettrica prossima alle zero emissioni consente a sua volta di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in tutti i settori di consumo finale, spostando la domanda di energia dai combustibili fossili all'elettricità. Ad esempio, passando da veicoli con motori a combustione interna alimentati a gasolio o a benzina a veicoli elettrici e ibridi plug-in, oppure passando dal riscaldamento a mezzo di combustibili fossili all'utilizzo di efficienti pompe di calore.

Alcuni segnali indicativi di un cambiamento nel settore della generazione elettrica sono già evidenti. Nel 2008 gli investimenti in fonti rinnovabili, guidati da eolico e solare, hanno raggiunto il loro record storico e anche nel 2009, nonostante la recessione economica, si sono mantenuti su simili livelli. In Europa, l'energia eolica installata nel 2009 ha superato qualsiasi altra tecnologia di generazione elettrica. Sviluppi analoghi si sono verificati anche in altre parti del mondo; in termini di capacità rinnovabile installata a livello globale, la Cina si classifica seconda mentre l'India è quinta. Ci sono anche alcuni evidenti segni di una rinascita dell'energia nucleare. I principali piani di espansione della capacità nucleare sono concentrati in Cina, India e Russia; molti altri paesi dotati di simili impianti, ma che negli ultimi anni non sono stati interessati da nuove costruzioni, stanno prendendo seriamente in considerazione la possibilità di creare nuova capacità.

## Reti elettriche

Cambiare i profili di domanda e di generazione richiederà modifiche nella progettazione, nel funzionamento e nella implementazione delle reti elettriche, tenendo in debito conto le caratteristiche regionali che diventano sempre più importanti nel determinare la configurazione della rete.

Nonostante sia ancora necessaria una dimostrazione a livello di sistema, la flessibilità delle *smart grids* (che integrano tecnologie di stoccaggio di elettricità e calore) mostra di essere in grado di mantenere l'equilibrio tra domanda e generazione, consentendo anche una migliore gestione dei carichi di punta e la distribuzione dei programmi di efficienza energetica. Le *smart grids* possono contribuire alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> sia nella generazione che nell'uso di elettricità. Nei paesi in via di sviluppo, faciliteranno l'espansione dei servizi elettrici e favoriranno significativamente la riduzione delle perdite nelle fasi di trasmissione e distribuzione.

## Industria

Negli ultimi decenni, l'efficienza energetica dell'industria è migliorata e l'intensità carbonica è diminuita in diversi comparti. Tuttavia, tale progresso è stato più che compensato da una crescente produzione industriale a livello mondiale. Le emissioni

dirette di CO<sub>2</sub> provenienti dall'industria ammontano a circa il 20% del livello attuale complessivo. Operare un taglio consistente implicherà, pertanto, l'adozione diffusa delle migliori tecnologie disponibili così come lo sviluppo e la diffusione di una gamma di tecnologie innovative (come i sistemi di CCS, i processi di *smelting reduction*, la separazione tramite membrane e la gassificazione del *black liquor*).

Potenzialmente, la corretta applicazione dei sistemi di cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub> in un certo numero di settori industriali ad alto consumo di energia (ad es. siderurgia, acciaio, cementifici, chimica, petrolchimica e carta) rappresenta la più importante opzione tecnologica emergente per ridurre le emissioni dirette dell'industria. Per far sì che questo avvenga, occorre mettere in atto una dimostrazione su vasta scala della tecnologia di cattura di CO<sub>2</sub> applicata all'industria, in parallelo a progetti dimostrativi per il settore elettrico. La sostituzione di combustibili e materie prime tradizionali con biomasse e scarti di lavorazione rappresenta un'altra importante opzione. Tuttavia, dal momento che le risorse disponibili saranno piuttosto limitate, la concorrenza potrebbe spingere i prezzi verso l'alto e renderne così meno convenienti le applicazioni industriali. La decarbonizzazione del settore elettrico offrirà nuove opportunità per ridurre l'intensità carbonica attraverso la penetrazione dell'elettricità nei processi industriali.

Un quadro politico chiaro, stabile e di lungo termine che incorpori sistemi di fissazione del prezzo dell'anidride carbonica sarà necessario per stimolare la transizione tecnologica nell'industria. La situazione attuale, in cui i vincoli alle emissioni incombono solo sui paesi sviluppati, legittima le preoccupazioni in materia di competitività e di *carbon leakage*. Un sistema globale di scambio dei permessi di emissione potrebbe essere più efficace; al contempo, accordi internazionali da applicare a specifici settori ad alto consumo di energia possono costituire un primo passo effettivo in questa direzione. L'intervento dei governi sarà necessario per definire standard, incentivi e riforme normative. Laddove persistono, la rimozione dei sussidi ai prezzi energetici dovrebbe rappresentare una priorità.

## Residenziale e terziario

I settori residenziale e terziario sono direttamente responsabili del 10% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub>; includendo anche le emissioni indirette associate all'uso di elettricità del comparto, la quota sale a circa il 30%. Da un punto di vista energetico, gli edifici sono sistemi complessi costituiti da una struttura portante, sistemi di isolamento, impianti di riscaldamento/raffreddamento degli ambienti e di riscaldamento dell'acqua sanitaria, sistemi di illuminazione, apparecchiature, beni di consumo e dispositivi commerciali.

Molti edifici presentano un lungo ciclo di vita, il che significa che oltre la metà del parco edilizio oggi esistente a livello mondiale ci sarà ancora nel 2050. Nei paesi OCSE e nelle economie in transizione, il basso tasso di dismissione degli edifici, combinato con una crescita relativamente modesta, fa sì che gran parte dei risparmi potenziali in termini di consumo di energia e di CO<sub>2</sub> sia conseguibile tramite il *retrofitting* e l'acquisto di nuove tecnologie da applicare agli immobili esistenti. Nei paesi in via di sviluppo, dove la crescita del settore sarà molto rapida, è possibile conseguire significativi risparmi energetici (velocemente ed in misura sostenuta) imponendo alle nuove costruzioni standard più severi di efficienza energetica.



L'utilizzo delle opzioni a basso costo, energeticamente efficienti, a bassa intensità carbonica ed attualmente disponibili è di fondamentale importanza per il conseguimento, nel breve termine, di una riduzione economicamente sostenibile delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Servirà invece tempo per sviluppare e diffondere le tecnologie meno mature e ad oggi più costose che potranno svolgere un ruolo importante nel lungo periodo. Per il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua, queste tecnologie includono pompe di calore ad alta efficienza energetica, impianti solari termici e unità di cogenerazione di elettricità e calore (CHP) basate su pile a combustibile alimentate ad idrogeno.

Nel settore residenziale, le principali barriere al cambiamento sono i maggiori costi iniziali, la mancanza di informazione del consumatore nei confronti delle nuove tecnologie, la "separazione degli incentivi" e la bassa priorità assegnata all'efficienza energetica. Superare questi vincoli sarà possibile solo in presenza di un quadro politico esaustivo che può includere campagne di informazione, incentivi fiscali e finanziari, e altre politiche di diffusione così come la definizione di standard minimi di performance energetica. Simili politiche devono far fronte ai vincoli finanziari, sviluppare capacità industriali e stimolare gli investimenti in RSD.

Nel terziario, saranno necessarie politiche volte a conseguire miglioramenti nella struttura dei nuovi edifici unitamente a sistemi altamente efficienti di riscaldamento, raffreddamento e ventilazione. Dato il forte peso del comparto sul consumo totale di energia (rispetto al settore residenziale), occorrerà adottare provvedimenti politici significativi volti a migliorare l'efficienza energetica nell'illuminazione e in altri usi elettrici finali quali le apparecchiature degli uffici, i dispositivi informatici e i sistemi di condizionamento dell'aria.

Negli ultimi anni sono emersi alcuni incoraggianti segni di uno slittamento delle preferenze del consumatore verso le nuove tecnologie che riducono le emissioni di CO<sub>2</sub>. Nel 2007/08, la vendita di pompe di calore ha riportato un tasso di crescita a doppia cifra in diversi mercati chiave d'Europa. Sta crescendo rapidamente anche la domanda di sistemi solari termici che producono calore a basse temperature da destinare al raffreddamento e/o al riscaldamento dell'acqua e dell'ambiente.

## Trasporti

Il settore trasporti è attualmente responsabile per il 23% delle emissioni di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia. Data la crescita di tutte le modalità di trasporto, soprattutto dei veicoli leggeri per il trasporto passeggeri (VL) e del settore aereo, nello scenario di Base si stima che al 2050 la domanda di energia espressa dal settore trasporti raddoppierà rispetto ai livelli correnti e le associate emissioni di CO<sub>2</sub> mostreranno una crescita leggermente superiore al doppio. L'attuazione di profondi tagli alle emissioni di CO<sub>2</sub> entro l'orizzonte di proiezione considerato dipenderà dal minor uso di carburanti tradizionali, reso possibile da una maggiore efficienza energetica e da un aumento della quota di carburanti a basse emissioni. Incoraggiare i viaggiatori e i trasportatori a passare dall'uso di mezzi di trasporto quali automobili, camion ed aerei ad un più frequente ricorso a bus e treni è un'altra strada per conseguire significativi risparmi.

Mentre nei paesi OCSE è possibile conseguire riduzioni in termini assoluti delle emissioni nel settore trasporti rispetto ai livelli del 2007, la forte crescita demografica e del reddito nei paesi non-OCSE renderà questo obiettivo estremamente difficile. Nello scenario BLUE Map, al 2050 le emissioni dei paesi OCSE saranno diminuite di circa il 60% sul livello del 2007, ma quelle dei paesi non-OCSE saranno cresciute del 60% sulla base dell'intero ciclo di vita del combustibile (ovvero *well-to-wheel*, dal pozzo alla ruota).

Il comparto delle automobili presenta significative opportunità di riduzione del consumo di carburante e delle emissioni di CO<sub>2</sub> grazie al miglioramento dell'efficienza dei motori a combustione interna, all'ibridazione dei veicoli e all'adozione di veicoli ibridi plug-in (PHEV), veicoli elettrici (VE) e veicoli alimentati da pile a combustibile. In linea teorica, tutti i miglioramenti incrementali di efficienza conseguiti nei veicoli a benzina e diesel considerati nello scenario BLUE Map si traducono in risparmi di carburante lungo l'intera vita del veicolo. La maggior parte dei governi OCSE ha definito standard stringenti in termini di efficienza nel consumo di carburante e molti governi in diverse parti del mondo hanno lanciato piani per sostenere l'uso diffuso di veicoli elettrici e ibridi plug-in. Considerati nel loro insieme, questi impegni potrebbero consentire, entro il 2020, la messa in circolazione di oltre 5 milioni di queste tipologie di veicoli.

Nello scenario BLUE Map, i biocarburanti, l'elettricità e l'idrogeno conteranno congiuntamente per il 50% del consumo di energia del settore trasporti all'orizzonte 2050, sostituendosi a benzina e diesel. La domanda di biocombustibili per veicoli leggeri con motori a combustione interna comincia a diminuire dopo il 2030 in ragione di uno slittamento delle preferenze verso veicoli elettrici ed alimentati ad idrogeno. Tuttavia, al 2050 l'uso dei biocarburanti aumenta rapidamente per camion, navi e aerei a seguito della loro sostituzione ai distillati medi.

Nonostante vi siano segnali promettenti circa l'introduzione da parte dei governi di politiche rivolte a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> originate dal settore trasporti, sono necessari sforzi ben più grandi per aumentare i sostegni finanziari ai programmi di RSD&D nonché il coordinamento degli stessi specialmente per tagliare i costi delle tecnologie avanzate. Inoltre, deve essere dedicata maggiore attenzione per incentivare i consumatori all'adozione di tecnologie e di stili di vita che evidenzino il minor ricorso a mezzi di trasporto ad alto consumo di energia e alimentati da combustibili fossili.

**Box 5.3 ► Differenze regionali**

ETP 2010 propone una dettagliata analisi degli andamenti delle emissioni di CO<sub>2</sub> e delle relative opzioni di abbattimento per quattro paesi o regioni che avranno un ruolo importante nella riduzione delle emissioni globali: i paesi Europei dell'OCSE, gli Stati Uniti, la Cina e l'India. Ciascuna di queste aree affronta criticità specifiche che riflettono i livelli presenti e futuri di sviluppo economico e la diversa dotazione di risorse naturali (rappresentate dal loro mix energetico). Pertanto, ognuna di esse è caratterizzata da diversi punti di partenza e da diversi andamenti futuri in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> e di sviluppo, e segue cammini di sviluppo differenti sia nello scenario di Base che in quello BLUE Map. Anche se per ridurre le emissioni saranno necessarie molte delle stesse opzioni tecnologiche, le opzioni politiche associate alla loro applicazione possono essere radicalmente differenti.

Nello scenario di Base, le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'India mostrano l'incremento relativo maggiore, aumentando di quasi cinque volte all'orizzonte 2050. Anche per la Cina si ha una crescita sostenuta, con le emissioni attese triplicarsi tra il 2007 e il 2050. Gli Stati Uniti presentano un aumento ben più contenuto dell'1% e le emissioni dei paesi Europei dell'OCSE diminuiscono dell'8%. Nello scenario BLUE Map, tutti i paesi riportano consistenti riduzioni rispetto allo scenario di Base; le emissioni al 2050 (rispetto al livello 2007) sono inferiori del 81% per gli Stati Uniti, del 74% per i paesi Europei dell'OCSE e del 30% per la Cina, mentre in India aumentano del 10%.

Lo scenario BLUE Map genera anche significativi benefici in termini di sicurezza degli approvvigionamenti per tutti e quattro questi paesi o regioni, soprattutto grazie al minor consumo di petrolio. Negli Stati Uniti e nei paesi Europei dell'OCSE, la domanda di petrolio al 2050 è inferiore ai livelli del 2007 in misura compresa tra il 62% e il 51% (anche la domanda di gas mostrerà simili riduzioni). In Cina e India, la domanda di petrolio aumenta anche nello scenario Blue Map ma è inferiore a quella dello scenario di Base in misura compresa tra il 51% e il 56%.

Nei **paesi Europei dell'OCSE**, il settore elettrico deve essere quasi completamente decarbonizzato all'orizzonte 2050. Oltre il 50% della generazione elettrica viene da fonti rinnovabili, e la maggior parte del resto da nucleare e combustibili fossili che usano sistemi di CCS (il mix energetico specifico varia significativamente da paese a paese, riflettendo le condizioni e le opportunità locali). Nell'industria, l'efficienza energetica e i sistemi di CCS rappresentano le principali misure di riduzione delle emissioni. Nel residenziale e nel terziario, i miglioramenti di efficienza nel riscaldamento degli ambienti possono consentire i risparmi energetici più significativi e contribuire a ridurre di oltre il 50% le emissioni del settore nello scenario BLUE Map. Altre misure di mitigazione includono il riscaldamento tramite sistemi solari termici, le pompe di calore, le unità di cogenerazione/teleriscaldamento e i miglioramenti di efficienza delle apparecchiature. La domanda di mobilità espressa dal settore trasporti è attesa rimanere relativamente costante. In questo comparto, significative riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub> possono essere raggiunte tramite l'uso di veicoli più efficienti, lo slittamento della domanda verso elettricità e biocarburanti, e la progressiva adozione del gas naturale seguita da una transizione verso biogas e bio-syngas.

Per gli **Stati Uniti**, l'efficienza energetica e l'uso di combustibili alternativi sono importanti misure di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in tutti i settori di consumo finale. Gli investimenti in infrastrutture sono fondamentali per sostenere la transizione verso un'economia a bassa intensità di carbonio, soprattutto nella rete elettrica nazionale e nelle reti di trasporto. La maggior parte

delle unità di generazione esistenti è sostituita entro il 2050 e le tecnologie a basse emissioni come l'eolico, il solare, le biomasse e il nucleare offrono sostanziali opportunità di abbattimento. Molte industrie ad alto consumo di energia hanno l'opportunità di aumentare l'efficienza energetica attraverso miglioramenti tecnologici. Analogamente, essendo l'intensità energetica media dei veicoli leggeri relativamente alta, all'orizzonte 2030 il raddoppio dell'efficienza in termini di consumo di carburante che caratterizza le nuove automobili contribuisce alla riduzione delle emissioni. Anche l'applicazione di tecnologie avanzate può svolgere un ruolo importante nel segmento delle automobili ed in quello degli autoveicoli leggeri e pesanti per il trasporto delle merci. Nel residenziale e terziario, i miglioramenti di efficienza nei sistemi di riscaldamento degli ambienti, congiuntamente all'impiego di apparecchiature più efficienti, rappresentano la maggiore opportunità di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Data la prevalenza del carbone, la **Cina** deve investire massicciamente in tecnologie pulite legate al carbone (come i sistemi di CCS) e migliorare l'efficienza nell'impiego del carbone per la generazione elettrica e l'industria (attualmente il carbone conta per la maggior parte dell'approvvigionamento di energia e delle emissioni di CO<sub>2</sub> della Cina). Sono altrettanto importanti misure di miglioramento dell'efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nei settori ad alto consumo di energia come quelli della manifattura di ferro, acciaio, cemento e prodotti chimici. Il comparto trasporti della Cina si sta evolvendo molto rapidamente in termini di vendite di veicoli, costruzione di infrastrutture e introduzione di nuove tecnologie. Lo scenario BLUE Map illustra come significative riduzioni delle emissioni dipendano dalla penetrazione dell'elettricità nelle diverse modalità di trasporto e da una significativa decarbonizzazione del settore elettrico.

Per l'**India**, la sfida consiste nel raggiungere un rapido sviluppo economico – il che implica, per una popolazione in crescita, un significativo aumento della domanda di energia – accompagnato da un contenuto aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub>. La domanda elettrica cresce in misura sostenuta e la necessità di creare volumi significativi di capacità addizionale rappresenta un'opportunità unica in termini di costruzione di un sistema elettrico a bassa intensità di carbonio. Se da un lato l'India vanta alcuni degli impianti industriali più efficienti su scala mondiale, dall'altro possiede anche un elevato numero di piccole unità inefficienti. Pertanto, i miglioramenti in termini di efficienza industriale complessiva rappresentano una sfida impegnativa. L'aumento del reddito e la crescita della produzione industriale determinano una maggiore domanda di mobilità, il che rende imperativo promuovere il trasporto pubblico e nuove tecnologie per l'approntamento di veicoli a basse emissioni. Anche la domanda di energia del settore residenziale e terziario mostra una crescita sostenuta: i miglioramenti di efficienza nei sistemi di condizionamento degli ambienti e nelle apparecchiature sono elementi critici per contenere consumi ed emissioni.



## Conclusioni

---

Per affrontare le interconnesse sfide della sicurezza energetica e del cambiamento climatico e per soddisfare al contempo il crescente fabbisogno di energia dei paesi in via di sviluppo, il mondo dell'energia deve essere interessato da una rivoluzione tecnologica integrata e su scala mondiale. Nell'edizione *ETP 2010*, i principali attori, sia nel settore pubblico che in quello privato, stanno cominciando a muovere i primi passi per sviluppare e diffondere un'ampia gamma di nuove tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica. Questa dinamica è tangibile in tutti i principali settori ed in gran parte delle regioni del mondo.

Ovviamente, la variabile finanziaria rimane un elemento di criticità sostanziale in quanto identificativa dei meccanismi idonei ad accelerare la diffusione di tecnologie a basse emissioni nei principali paesi in via di sviluppo. Inoltre, numerose fonti informative prevedono un grave vuoto di competenze che potrebbe rapidamente diventare un'importante barriera alla diffusione tecnologica in tutti i settori e in tutte le regioni. Vi è quindi un'urgente necessità di valutare adeguatamente le competenze necessarie, prendendo in considerazione le specificità regionali e la disponibilità di risorse umane, e sviluppare di conseguenza alcune linee guida sulle modalità di soddisfacimento di questi bisogni.

In quanto cittadini di un mondo in cambiamento, stiamo vivendo in un clima di massima incertezza; poiché sia i produttori che i consumatori di energia stanno vivendo una fase caratterizzata da grandi evoluzioni, il senso di incertezza risulta amplificato. Le linee guida e i percorsi di transizione presentati nell'*ETP 2010* puntano a superare i vincoli esistenti e a sostenere gli indispensabili programmi di RSD&D sia nel brevissimo termine che all'orizzonte 2050. I dati, le previsioni e le analisi contenute nel presente documento forniscono a chi occupa ruoli di responsabilità decisionale le dettagliate informazioni di cui necessita al fine di accelerare – nel contesto locale in cui opera o a livello internazionale – una transizione verso un futuro energetico più sicuro e a basse emissioni.

In sintesi, il messaggio principale contenuto nell'edizione *ETP 2010* è che la rivoluzione tecnologica è a portata di mano. Il suo raggiungimento richiederà un significativo sforzo di tutti i soggetti coinvolti nei settori energetici e comporterà elevati costi iniziali di investimento, ma nel lungo termine tutto questo verrà più che compensato dai benefici ottenuti. I governi, gli investitori e i consumatori di tutto il mondo devono intraprendere un'azione coraggiosa e decisa per avviare e portare avanti il cambiamento nei loro rispettivi ambiti di azione – ed aumentare il loro impegno a lavorare insieme.

*Il presente documento è stato originariamente pubblicato in lingua inglese. Nonostante gli sforzi compiuti per assicurare che questa traduzione sia il più possibile aderente al testo originale, potrebbero esserci alcune lievi differenze.*





International  
Energy Agency

# Online bookshop

Buy IEA publications  
online:

**[www.iea.org/books](http://www.iea.org/books)**

PDF versions available  
at 20% discount

Books published before January 2009  
- except statistics publications -  
are freely available in pdf

International Energy Agency • 9 rue de la Fédération • 75739 Paris Cedex 15, France

**iea**

Tel: +33 (0)1 40 57 66 90

E-mail:  
[books@iea.org](mailto:books@iea.org)

# LE PROSPETTIVE TECNOLOGICHE NELL'ENERGIA

2  
0  
1  
0

## Scenari e strategie da oggi al 2050

Per affrontare le sfide di sicurezza energetica e cambiamento climatico e al contempo soddisfare il crescente fabbisogno di energia dei paesi in via di sviluppo, è necessario realizzare una rivoluzione tecnologica in ambito energetico. Era questo il messaggio principale contenuto nell'edizione 2008 dell'*Energy Technology Perspectives (ETP)*. Ma questa necessaria trasformazione si sta di fatto verificando? Quali sono le tecnologie chiave che possono assumere un ruolo determinante? Quali i costi e i benefici associati? E quali politiche è necessario attuare?

La nuova edizione dell'*ETP 2010* risponde a questi e a molti altri quesiti, avvalendosi delle comprovate competenze dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) e della sua rete di esperti nel settore energetico - tecnologico.

*ETP 2010* presenta scenari aggiornati che si estendono al 2050 e che descrivono quali nuove tecnologie svolgeranno un ruolo determinante nei settori energetici chiave e in diverse regioni del mondo. Sottolinea l'importanza della variabile finanziaria per realizzare il necessario cambiamento, esamina le implicazioni degli scenari in termini di sicurezza energetica e descrive come accelerare la diffusione di tecnologie a basso contenuto di carbonio nei principali paesi in via di sviluppo. Presenta, inoltre, linee guida e percorsi di transizione volti a stimolare la diffusione delle più importanti tecnologie pulite e a superare le barriere esistenti.

Basandosi su un esaustivo insieme di dati, proiezioni ed analisi, *Energy Technology Perspectives 2010* fornisce a chi occupa ruoli di responsabilità decisionale un quadro informativo completo e dettagliato per accelerare la transizione verso un futuro energetico più sicuro e a basse emissioni.