



Centro Militare di Studi Strategici

Rapporto di Ricerca 2011 – STEPI AE-SA-22

**L'EFFICIENZA ENERGETICA
E L'UTILIZZO DI FONTI ALTERNATIVE:
IPOTESI DI RIDUZIONE DELLA DIPENDENZA
DELLE FORZE ARMATE DALLE FONTI
ENERGETICHE TRADIZIONALI**

di

Dott.ssa Silvia TESTARMATA

data di chiusura della ricerca: Settembre 2011

INDICE

L'EFFICIENZA ENERGETICA E L'UTILIZZO DI FONTI ALTERNATIVE: IPOTESI DI RIDUZIONE DELLA DIPENDENZA DELLE FORZE ARMATE DALLE FONTI ENERGETICHE TRADIZIONALI

<u>SOMMARIO</u>	pag. 1
<u>L'EFFICIENZA ENERGETICA E L'UTILIZZO DI FONTI ALTERNATIVE</u>	
<u>Capitolo 1</u>	pag. 7
Il “sistema energetico” in cui le Forze Armate sono inserite	
<u>Capitolo 2</u>	pag. 53
Produzione, trasporto e consumo di energia per le Forze Armate	
<u>Capitolo 3</u>	pag. 83
Energie alternative per il “ <i>core business</i> ” delle Forze Armate	
<u>Capitolo 4</u>	pag. 137
Energie alternative per le rimanenti esigenze delle Forze Armate	
<u>Capitolo 5</u>	pag. 145
Nuove tecnologie e nuovi concetti: credibilità scientifico-tecnologica	
<u>Capitolo 6</u>	pag. 181
Valutazioni di costo, efficacia, sostenibilità ed efficienza della spesa	
<u>Capitolo 7</u>	pag. 197
Contesto politico e strategico-militare: orientamento europeo ed internazionale	

<u>Capitolo 8</u>	pag. 247
Il documento “ <i>Alternative Fuels for Military Applications</i> ” di RAND Corporation (2011)	

<u>Capitolo 9</u>	pag. 271
Considerazioni conclusive e proposte	

[PARTE SPECIALISTICA](#)

LE FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA: SCHEDE TECNOLOGICHE

<u>Scheda 1</u> – L’eolico	pag. 285
--	----------

<u>Scheda 2</u> – Il solare fotovoltaico	pag. 286
--	----------

<u>Scheda 3</u> – Il solare termico	pag. 287
---	----------

<u>Scheda 4</u> – Il solare termodinamico	pag. 288
---	----------

<u>Scheda 5</u> – Le biomasse	pag. 289
---	----------

<u>Scheda 6</u> – Il biogas	pag. 290
---	----------

<u>Scheda 7</u> – I biocarburanti	pag. 291
---	----------

<u>Scheda 8</u> – La geotermia	pag. 292
--	----------

<u>Scheda 9</u> – L’idroelettrico	pag. 293
---	----------

<u>Bibliografia</u>	pag. 294
-------------------------------------	----------

<u>Sitografia</u>	pag. 296
-----------------------------------	----------

<u>NOTA SUL Ce.Mi.S.S. e NOTA SULL' AUTORE</u>	pag. 298
--	----------

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per la gentile e preziosa collaborazione:

- il dott. Sandro BRUNELLI, per il capitolo 5 sulle nuove tecnologie e nuovi concetti: credibilità scientifico-tecnologica;
- la dott.ssa Alessia MONTECCHIA, per il capitolo 7 sul contesto politico e strategico militare e per il capitolo 8 sul documento “*Alternative Fuels for Military Applications*” di RAND Corporation (2011).

Si ringrazia, infine, il dott. Giandomenico BELLIOTTI, per il costante supporto e la revisione generale dei contenuti editoriali del presente Rapporto di Ricerca.

SOMMARIO

L'EFFICIENZA ENERGETICA E L'UTILIZZO DI FONTI ALTERNATIVE: IPOTESI DI RIDUZIONE DELLA DIPENDENZA DELLE FORZE ARMATE DALLE FONTI ENERGETICHE TRADIZIONALI

In un mondo globalizzato, caratterizzato da un contesto ambientale fortemente dinamico e competitivo, che vede l'emergere di sempre più potenti economie industriali, l'energia rappresenta una variabile strategica di cruciale importanza per la crescita economica di ogni Paese e, in generale, costituisce il perno che sta ridisegnando le relazioni internazionali. Ogni potenza, sia antica che emergente, è consapevole che senza adeguati e coerenti approvvigionamenti energetici non può sussistere sviluppo economico e soprattutto avverte la necessità di muoversi sul piano della sicurezza energetica, concepita in termini di indipendenza e diversificazione delle fonti.

La recente crisi economica, il fondato timore di un prossimo – e ormai vicino – esaurimento delle fonti convenzionali di energia, le incertezze legate ai costi e all'approvvigionamento energetico, il crescente livello delle emissioni e il rischio di cambiamenti climatici, sono tutte variabili che hanno, da una parte, accentuato i termini della contesa, e, dall'altra, hanno seriamente messo in discussione l'attuale sostenibilità del sistema economico-produttivo mondiale.

È opinione condivisa che gli interventi prioritari da assumere, a livello globale, per affrontare tali problematiche, riguardino in primo luogo l'impegno nella ricerca e nello sviluppo di nuove tecnologie, che consentano un ricorso pulito alle fonti fossili e il pieno utilizzo delle fonti rinnovabili.

Partendo da tali premesse, la prima parte di questo elaborato verterà sulle problematiche che governano il mercato globale dell'energia, determinandone i costi, e quelle relative all'approvvigionamento. Successivamente, l'analisi si concentrerà sul contesto delle Forze Armate, uno dei più grandi consumatori di energia del nostro Paese e non solo. Tradizionalmente, infatti, le Forze Armate sono sempre state tra i grandi consumatori di energia ma – finora – hanno investito poco nella fase di produzione della stessa, dando per scon-

tata la sua disponibilità e accessibilità e ponendo poca attenzione ai costi da sostenere per l'approvvigionamento di energia e ai rischi di dipendenza energetica.

Alla luce del cambiamento climatico e dei crescenti rischi di sicurezza energetica dovuti principalmente all'aumento della dipendenza energetica da combustibili fossili sempre più scarsi e situati in Paesi ad alta instabilità politica, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'uso di fonti rinnovabili di energia è divenuta una questione di cruciale importanza per le Forze Armate di tutto il mondo, anche per ottemperare agli obblighi di riduzione delle emissioni di carbonio.

In questo elaborato verranno, quindi, affrontate le questioni ambientali e di sicurezza energetica da cui scaturisce la ricerca di una maggiore efficienza energetica e il ricorso alle fonti rinnovabili di energia per le Forze Armate. Si presenterà poi la nuova strategia per il consumo di risorse naturali adottata dal Dipartimento della Difesa americano, la *Net Zero Strategy*, che rappresenta ad oggi la migliore *best practice* in campo energetico e ambientale in ambito militare. Successivamente l'analisi si soffermerà sulla strategia energetica operativa per il miglioramento dell'efficienza energetica e sui possibili impieghi delle fonti rinnovabili di energia per il *core business* delle Forze Armate, ovvero per la produzione, il trasporto e il consumo di energia in teatri operativi. Al fine di avere un quadro esaustivo, verranno anche presi in rassegna gli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica e le modalità di impiego delle fonti rinnovabili di energia, applicabili in ambito militare in situazioni di pace e in Patria.

L'analisi poi continuerà con la rassegna delle nuove tecnologie che innovano in modo incrementale o radicale, avendo impatto ora sull'efficacia, ora sull'efficienza, le attuali modalità di produzione di energia nel contesto delle Forze Armate. A riguardo, per dare un ordine logico all'esposizione si tratterà prima a livello generale delle soluzioni tecnologiche già presenti, ed in continua evoluzione, adottabili in uno scenario di guerra, dopo di che ci si riferirà ad uno scenario di pace riferendo la trattazione a quel che è possibile fare sul fronte energetico per le Forze Armate operanti nel territorio del nostro Paese.

Per terminare il *focus* sulle Forze Armate verrà offerta una opportuna contestualizzazione dei concetti economico-aziendali di efficacia, efficienza e sostenibilità in ambito militare, analizzandoli con riferimento all'efficienza energetica e all'uso di fonti rinnovabili di energia da parte delle Forze Armate. Infine, verranno evidenziati i principali benefici ottenibili dalle

Forze Armate nel caso di adozione di una nuova cultura energetica rispettosa dell'ambiente – che miri al miglioramento dell'efficienza energetica e all'uso di fonti rinnovabili di energia – e sarà illustrato il processo di valutazione della fattibilità economico-tecnica di un progetto “green” in ambito militare.

Nell'ultima parte, si fornirà una panoramica delle dinamiche, sia politiche che economiche, che attualmente governano il mercato dell'energia. In particolare, si delinerà il contesto politico-strategico e le nuove alleanze che via via si stanno formando nel panorama internazionale. Seguirà un'analisi geopolitica dell'energia e verranno evidenziate le principali strategie, non solo di carattere europeo ma anche internazionale.

Termina la ricerca l'analisi del documento “*Alternative Fuels for Military Applications*” di Rand Corporation (2011) commissionato dal governo americano, che ha come finalità quella di individuare le politiche chiave, la loro gestione e i problemi tecnici connessi con gli sforzi attuali e prospettici che il Dipartimento della Difesa americano ha posto in essere per lo studio e la sperimentazione dei carburanti alternativi in campo militare.

Infine, a corredo della ricerca, un'analisi tecnica ed economica dello stato dell'arte dello sviluppo tecnologico e della diffusione delle diverse fonti rinnovabili di energia (eolica, solare fotovoltaica, solare termica, solare termodinamica, biomasse, biogas, biocarburanti, geotermica ed idroelettrica) verrà delineata nella parte specialistica del presente Rapporto.

Dall'analisi dell'andamento del sistema energetico e dei corrispondenti fabbisogni di energia delle Forze Armate e dallo studio dell'evoluzione del contesto strategico-militare e geopolitico appaiono sempre più evidenti i crescenti rischi a cui la sicurezza energetica delle Forze Armate, e più in generale del nostro Paese, è sottoposta.

Alla luce dell'analisi svolta è possibile affermare che la migliore strategia perseguibile dalle Forze Armate – per adempiere alla propria missione istituzionale – è quella di investire in efficienza energetica e di incrementare il ricorso alle fonti rinnovabili per la produzione di energia (principalmente energia elettrica e combustibili).

Il solare fotovoltaico, i biocombustibili (i carburanti Fischer-Tropsch sono i più promettenti) e le celle a combustibile mostrano le migliori potenzialità di impiego e sviluppo nelle applicazioni militari, con riferimento alla produzione, al trasporto e al consumo di energia delle Forze Armate.

Gli investimenti in energie alternative devono ovviamente rispondere ai requisiti di efficacia ed efficienza dell'azione delle Forze Armate, così da garantire nel tempo la sostenibilità della spesa militare, e più in generale, la sostenibilità delle finanze pubbliche, così come raccomandato dal Consiglio *Ecofin* dell'Unione europea.

Del resto, il presupposto fondamentale per una pianificazione efficace delle azioni e degli investimenti da compiere nel prossimo futuro è la conoscenza dello stato dell'arte. Si auspica quindi una rapida adozione di strumenti di misurazione e controllo dei consumi di energia da parte delle Forze Armate e il costante monitoraggio dei consumi di energia e dei loro costi, al fine di adottare prontamente adeguate strategie di risposta e fronteggiamento dei rischi energetici e di riduzione dei costi dell'energia, sulla scia della *Net Zero Strategy* adottata dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti.

In sintesi, investire in energie alternative risulta essere una valida strategia per ridurre il consumo di energia e la dipendenza energetica delle Forze Armate e contenere i relativi costi, nel rispetto della finalità ultima e specifica delle Forze Armate di fornire il servizio di difesa nazionale.

Per raggiungere gli obiettivi di sicurezza energetica, ambientale ed economica delle Forze Armate nel prossimo futuro, la transizione verso l'energia pulita dovrebbe essere inoltre accompagnata da un cambiamento culturale del personale che richiede lo sviluppo della consapevolezza energetica individuale, di nuove abitudini di consumo energetico e una fervida creatività nell'impiego delle metodologie per ridurre la domanda di energia. Le Forze Armate dovranno pertanto impegnarsi in una vasta attività di formazione e sensibilizzazione alla questione energetica ed ai suoi costi.

**L'EFFICIENZA ENERGETICA
E L'UTILIZZO DI FONTI ALTERNATIVE**

1

Il “sistema energetico” in cui le Forze Armate sono inserite

SOMMARIO: 1.1 Il sistema energetico internazionale – 1.1.1 Analisi della domanda di energia primaria – 1.1.2 Prezzi delle principali fonti energetiche fossili – 1.1.3 La sicurezza energetica – 1.2 Il sistema energetico europeo – 1.3 Il sistema energetico in Italia – 1.3.1 Gas naturale – 1.3.2 Energia elettrica – 1.3.3 Usi finali di energia – 1.3.4 I consumi dei principali prodotti petroliferi – 1.3.5 Dipendenza energetica e fattura energetica: aspetti strutturali delle importazioni di energia – 1.4 Scenari di evoluzione della domanda di energia – 1.4.1 Mondo – 1.4.2 Europa.

La recente crisi economica, le incertezze legate ai costi e all’approvvigionamento dell’energia, il crescente livello delle emissioni e il rischio di cambiamenti climatici, mettono seriamente in discussione la sostenibilità dell’attuale sistema economico-produttivo mondiale.

È opinione condivisa che gli interventi prioritari da assumere, a livello globale, per affrontare tali problematiche, riguardino in primo luogo la diffusione di tecnologie e di comportamenti per un uso razionale dell’energia.

Ma se gli interventi sull’efficienza, in particolare negli usi finali dell’energia, costituiscono una condizione necessaria per affrontare le sfide dell’energia e del clima, una prospettiva di lungo termine non può essere affrontata se non accelerando l’impegno nella ricerca e nello sviluppo di tecnologie, che consenta da una parte un ricorso pulito alle fonti fossili e dall’altra il pieno utilizzo delle fonti rinnovabili.

La definizione di una strategia di lungo periodo nel settore dell’energia, e in particolare in quello delle rinnovabili, è condizione necessaria per ridurre le numerose barriere che ostacolano lo sviluppo economico. In questo senso, le politiche che verranno adottate dovranno realizzare il necessario equilibrio tra strumenti che consentano la creazione di una adeguata domanda di tecnologie per le rinnovabili - con particolare attenzione al livello di

efficacia dei meccanismi di incentivazione - e strumenti in grado di stimolare l'innovazione e lo sviluppo tecnologico.

Partendo da tali premesse, in questo capitolo si tratterà delle problematiche che governano il mercato globale dell'energia, determinandone i costi, e di quelle relative all'approvvigionamento.

1.1 Il sistema energetico internazionale

Secondo il Rapporto Energia e Ambiente 2009 dell'ENEA ¹ un panorama esaustivo del sistema energetico internazionale non può prescindere dall'esame di tre principali questioni, tra loro interrelate: l'impatto in termini di emissioni di gas serra da usi energetici, la sicurezza energetica per i Paesi importatori ed esportatori e la sostenibilità economica del soddisfacimento del fabbisogno energetico.

Il cambiamento climatico

L'analisi dei dati storici e degli scenari tendenziali sviluppati dall'*International Energy Agency* (IEA) e dall'*U.S. Energy Information Administration* (EIA) mostra come il sistema energetico internazionale si stia muovendo su un sentiero di sviluppo non sostenibile e come sia quindi necessario prevedere degli interventi di *policy* che favoriscano lo sviluppo di una vasta gamma di tecnologie energetiche innovative.

L'IEA da tempo sottolinea come sia necessaria una rivoluzione energetica, basata sulla diffusione su scala mondiale di tecnologie a basso contenuto di carbonio. Questo processo – così come descritto dallo scenario di accelerazione tecnologica (BLUE Map) dell'*Energy Technology Perspectives 2010* (ETP 2010) ² – dovrebbe inizialmente comportare elevati costi di investimento, ma nel lungo termine essi dovrebbero essere più che

¹ Per maggiori approfondimenti sul sistema energetico internazionale ed europeo si consulti il Rapporto Energia e Ambiente 2009 dell'ENEA:

<http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-volumi/V2010REA2009.pdf>

² Per maggiori approfondimenti sugli scenari e le strategie fino al 2050 si consulti l'*Energy Technology Perspectives 2010* dell'IEA al link: http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2100

compensati dai benefici ottenuti, in termini di riduzione degli effetti sul clima, miglioramento del livello di sicurezza energetica e sostegno allo sviluppo economico.

Al fine di contenere il surriscaldamento globale medio tra i 2 °C e i 2,4 °C, il Comitato Intergovernativo delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico (IPCC) prospetta la necessità entro il 2050 di una riduzione delle emissioni globali di CO₂ di almeno il 50% rispetto ai livelli del 2000, valore suscettibile di variazioni a seconda dell'andamento cumulato delle emissioni e della loro concentrazione.

In ogni caso, il sistema energetico internazionale non mostra segnali promettenti in questo senso. In particolare, il contributo di origine energetica alla crescita delle emissioni è dato da due tendenze: l'aumento della domanda di energia nelle economie basate sul carbone e delle centrali elettriche alimentate a carbone, in risposta alla crescita dei prezzi di petrolio e gas naturale.

La sicurezza energetica

Nel prossimo futuro è previsto un aumento della dipendenza dai combustibili fossili, se non verranno messe in atto manovre correttive che salvaguardino la sicurezza energetica. In particolare è previsto un aumento della domanda di carbone e, dato anche il lungo ciclo di vita delle centrali a carbone, il sistema energetico internazionale risulterebbe vincolato su uno sviluppo ad alta intensità di carbonio.

Anche la domanda di gas e petrolio dovrebbe aumentare, e se i Paesi dell'*Organization of the Petroleum Exporting Countries* (OPEC) e la Russia non realizzeranno consistenti investimenti, i prezzi di petrolio e gas sono destinati ad avere un trend in aumento.

Una crescente dipendenza dai combustibili fossili continuerebbe a sostenere non solo le emissioni di CO₂ ma anche i prezzi degli stessi combustibili, mettendo seriamente a rischio la sicurezza energetica dei Paesi importatori come l'Italia.

Infatti, la crescente dipendenza dai combustibili fossili contribuirà anche a rendere i Paesi importatori di petrolio e gas naturale sempre più dipendenti da importazioni di combustibili provenienti da un ristretto numero di Paesi, aumentando il livello di rischio energetico e la stabilità della crescita economica.

La sostenibilità economica del soddisfacimento del fabbisogno energetico

La crisi finanziaria del 2008/2009 ha rafforzato il timore che elevati prezzi dell'energia possano compromettere la crescita economica. Secondo il *World Economic Outlook 2010* dell'*International Monetary Fund* (IMF), il Pil mondiale è diminuito in media dello 0,6% nel 2009, con un trend particolarmente negativo nelle economie avanzate (-3,2%) e un rallentamento del trend positivo delle economie emergenti (2,4%, a fronte di una crescita del 6,1% nel 2008). In particolare, dal 2008 al 2009 il Pil a prezzi costanti ha subito una diminuzione pari al 5,2% in Giappone, al 4,1% nella zona euro (4,9% in Gran Bretagna) e al 2,4% negli Usa. Tuttavia, a partire dal secondo trimestre del 2009 l'economia mondiale ha iniziato a mostrare segni di ripresa, con una ripresa preponderante dell'area asiatica.

Dal 1970, si è osservato un andamento parallelo della crescita della domanda di energia primaria e del Pil: secondo il *World Energy Outlook 2009* (WEO 2009) ³ un incremento nel Pil mondiale di un punto percentuale è stato accompagnato in media da un incremento dello 0,7% della domanda di energia.

1.1.1 Analisi della domanda di energia primaria

Secondo l'ultima edizione del WEO, per il primo anno dopo il 1981, il 2009 ha visto una diminuzione della domanda di energia primaria, causata dalla crisi economica, e i mercati energetici si sono modificati in maniera consistente. La crisi si è riflessa in una riduzione della domanda di energia dai settori industriale e domestico, prezzi più bassi e un rallentamento negli investimenti. Il WEO 2009 indica come la caduta della domanda di energia primaria sia stata particolarmente rilevante nei Paesi OECD. Negli Usa la domanda di energia primaria nei primi sei mesi del 2009 è stata del 6% minore rispetto all'anno precedente, con una diminuzione del consumo di petrolio dell'8%. Anche in Europa si è osservata una diminuzione nella prima metà del 2009.

Il petrolio è al primo posto come contributo al soddisfacimento della domanda di energia primaria mondiale, con una quota pari al 33,2% nel 2008 (*Renewable Energy Information*

³ Il 9 novembre 2010 l'*International Energy Agency* ha pubblicato il *World Energy Outlook 2010*: i suoi contenuti non sono però liberamente accessibili. Il *World Energy Outlook 2009* è consultabile al seguente link: <http://www.iea.org/weo/2009.asp>

2010). L'*Oil Market Report*⁴ indica che la domanda mondiale di petrolio è scesa del 3,3% e del 2,7% nei primi due trimestri del 2009 (rispetto all'anno precedente), per poi mostrare una diminuzione più lieve nel terzo trimestre (-0,6%) e una ripresa nell'ultimo trimestre (0,8%). Gli investimenti nel settore *upstream* per petrolio e gas sono stati tagliati del 19% rispetto al 2008, una riduzione pari a 90 miliardi di dollari, e un analogo impatto può essere osservato per gli investimenti nel settore elettrico (*World Energy Outlook 2009*).

Il carbone è, dopo il petrolio, il combustibile più importante nella domanda di energia primaria mondiale, con una quota pari al 27% nel 2008. La quota dei Paesi OECD nella domanda mondiale di carbone è diminuita in modo consistente dal 1980 al 2008, dal 54% al 34%. Nel 2009 le prime stime sugli investimenti nel settore del carbone indicano un forte calo rispetto ai livelli particolarmente elevati raggiunti nel 2007-2008 (*World Energy Outlook 2009*).

Il gas ha una quota pari al 21,1% nella domanda di energia primaria mondiale. Nonostante il 2009 sia stato l'inverno più freddo degli ultimi 20 anni, il *World Energy Outlook 2009* indica una diminuzione della domanda di gas in Europa del 9% rispetto all'anno precedente, in particolare in Italia, Spagna e Regno Unito (rispettivamente -14%, -13% e -11%).

Le fonti di energia rinnovabile (FER) sono cresciute dal 1990 ad oggi ad un tasso medio annuo (1,9%) pari a quello dell'offerta mondiale di energia primaria alla quale hanno contribuito nel 2008 per una quota pari al 12,8% del totale, essenzialmente attraverso la biomassa solida (9,1%). L'apporto delle rinnovabili alla produzione elettrica mondiale nel 2008 corrisponde invece al 18,5% del totale di cui la gran parte proveniente dall'idroelettrico (15,9%) (*Renewable Energy Information 2010*⁵). Nell'Unione europea i consumi di energia primaria da FER nel 2008 sono arrivati a quota 8,2% del totale con la biomassa solida che anche in questo caso è la fonte principale (66,1% totale FER), mentre nel settore elettrico le rinnovabili incidono per una quota pari al 16,4% del consumo lordo, soprattutto grazie all'idroelettrico (59,5%) (dati *EurObserv'ER*⁶).

⁴ L'*Oil Market Report* è un servizio d'informazione online dell'IEA consultabile al seguente link: <http://omrpublic.iea.org>

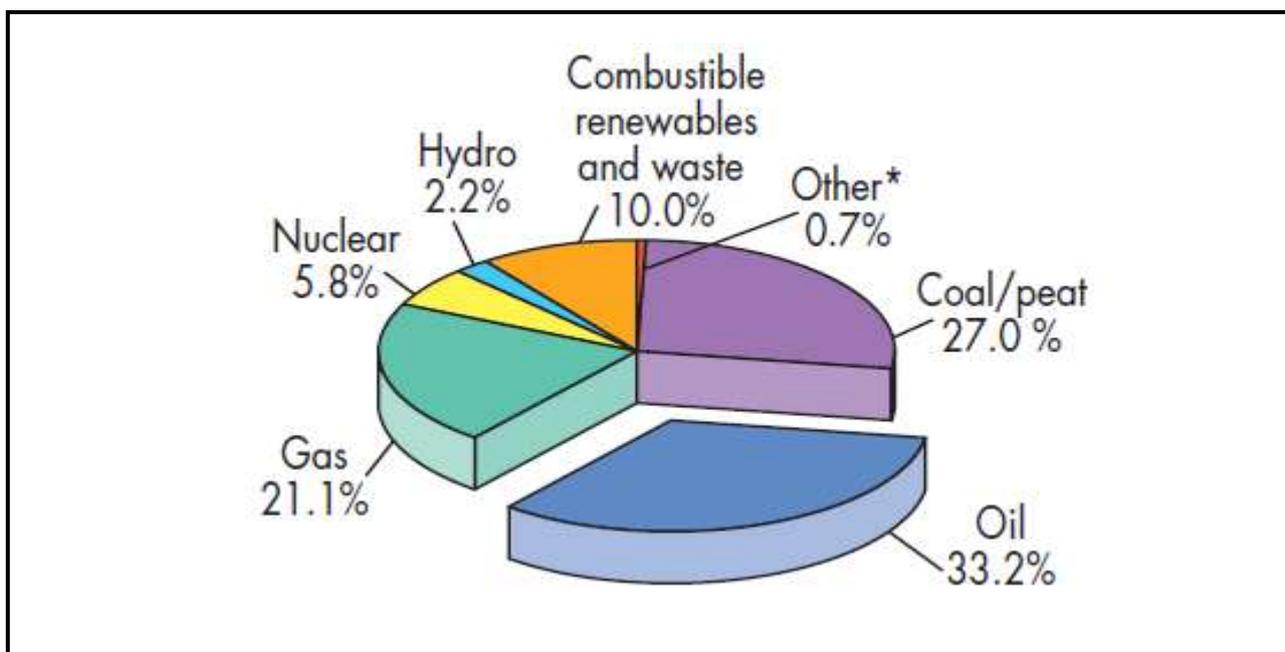
⁵ Per maggiori informazioni si veda <http://www.renewableenergyinformation.org>

⁶ L'*EurObserv'ER* è un osservatorio europeo di esperti in campo energetico, fondato nel 1997, con l'obiettivo di studiare le problematiche legate all'energia, l'ambiente e lo sviluppo. Tra i suoi compiti rientra anche il monitoraggio dei progressi compiuti dall'Unione europea nello sviluppo delle fonti rinnovabili di energia. Per ulteriori informazioni si consulti il link: <http://www.eurobserv-er.org>

Il 2008 e il 2009 sono stati due anni che hanno segnato un fatto molto importante per le rinnovabili. Per due anni consecutivi la nuova capacità installata da FER è stata superiore al 50% del totale delle nuove installazioni nell'Unione europea superando quindi quella delle fonti tradizionali. Nel 2009 questa quota è stata del 61% aumentando dal 14% nel 1995 ⁷.

Il nucleare, infine, contribuisce per il 5,8% al soddisfacimento della domanda di energia primaria mondiale.

Tav. 1 – La domanda di energia primaria mondiale



Fonte: IEA, Key World Energy Statistics 2010.

1.1.2 Prezzi delle principali fonti energetiche fossili

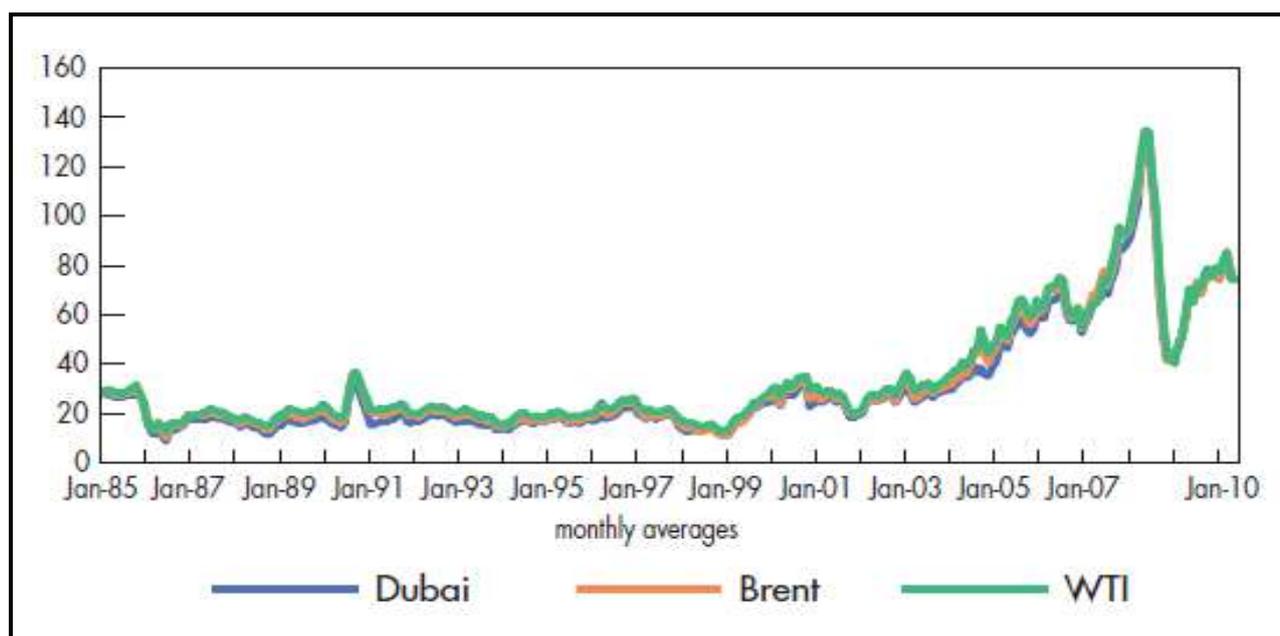
Dopo aver analizzato la domanda di energia primaria a livello mondiale, sembra importante esaminare l'andamento seguito dai prezzi delle principali fonti energetiche fossili, in quanto questi ultimi hanno importanti ripercussioni sulla sostenibilità economica del soddisfacimento del fabbisogno energetico nazionale e in generale sulla stabilità dei processi di crescita economica.

⁷ Per maggiori approfondimenti si veda *Wind in Power. European Wind Energy Association*, 2010, al seguente link: <http://www.ewea.org>

Il prezzo del petrolio al barile, qui di seguito commentato, è la media del prezzo spot del petrolio esportato dai diversi Paesi OPEC, ponderata per i volumi esportati. Negli ultimi anni il prezzo del petrolio ha mostrato un'elevata variabilità: in costante crescita dal 2003, esso ha raggiunto il picco di 140 dollari al barile nel luglio 2008, per poi crollare in seguito all'intensificarsi della crisi economica.

Le statistiche dell'*U.S. Energy Information Administration* (EIA) e del *Department of Energy* (DOE) mostrano che nel corso del 2009 il prezzo del petrolio ha assunto nuovamente un andamento crescente, nonostante la crisi economica ancora in atto: da circa 42 dollari al barile in gennaio è salito a 74 dollari al barile a dicembre, principalmente in seguito all'aumento del consumo del settore trasporti nelle economie emergenti. Nel corso del primo semestre del 2010 il prezzo del petrolio si è attestato intorno ad una media di 75 dollari al barile, con un picco nel mese di aprile pari a più di 80 dollari al barile.

Tav. 2 – Prezzi del petrolio greggio in dollari al barile



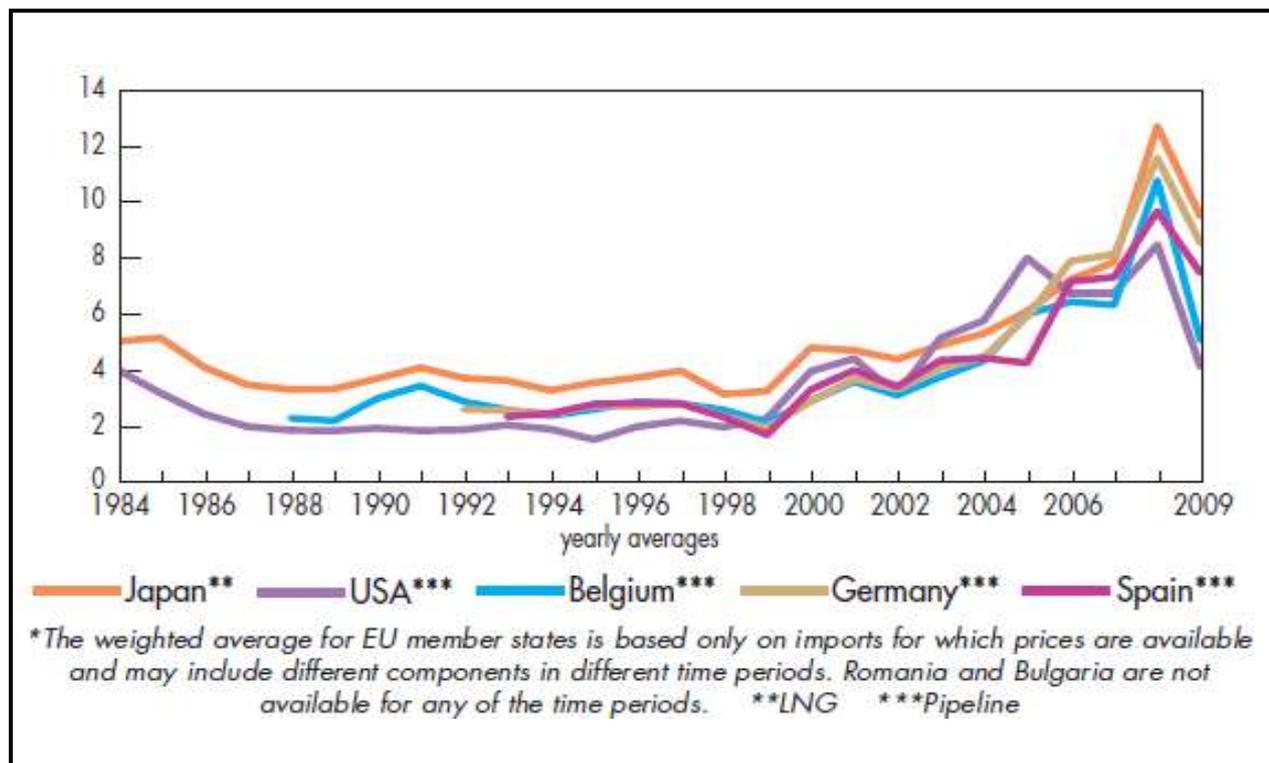
Fonte: IEA, *Key World Energy Statistics 2010*.

I prezzi del gas naturale hanno seguito andamenti differenziati a seconda del legame contrattuale con i prezzi del petrolio, e il controllo esercitato da parte dei diversi governi. In Europa, dove il gas è prevalentemente commercializzato, con contratti di lungo termine indicizzati al prezzo del petrolio, i prezzi hanno raggiunto un picco alla fine del 2008, per poi seguire l'andamento dei prezzi petroliferi nel corso del 2009.

Diversamente in Nord America, dove il principale meccanismo di formazione del prezzo è la *gas-to-gas competition* (commercio spot e indicizzazione al prezzo del gas), i prezzi del gas hanno raggiunto il picco a metà 2008, per poi scendere a causa della diminuzione della domanda.

Si sottolinea, inoltre, che nella seconda metà del 2008 e nel 2009 i prezzi spot del gas in Europa (relativi agli *hub* Zeebrugge in Belgio, TTF in Olanda, NBP in Gran Bretagna) e Usa si sono mantenuti allineati, andamento che può essere riconducibile – tra gli altri fattori – anche alla forte crescita della produzione di gas non convenzionale degli Usa e alla conseguente diminuzione delle importazioni di gas naturale liquefatto (GNL). Ciò costituisce un primo e importante segnale di disaccoppiamento dei prezzi del gas naturale da quello del petrolio.

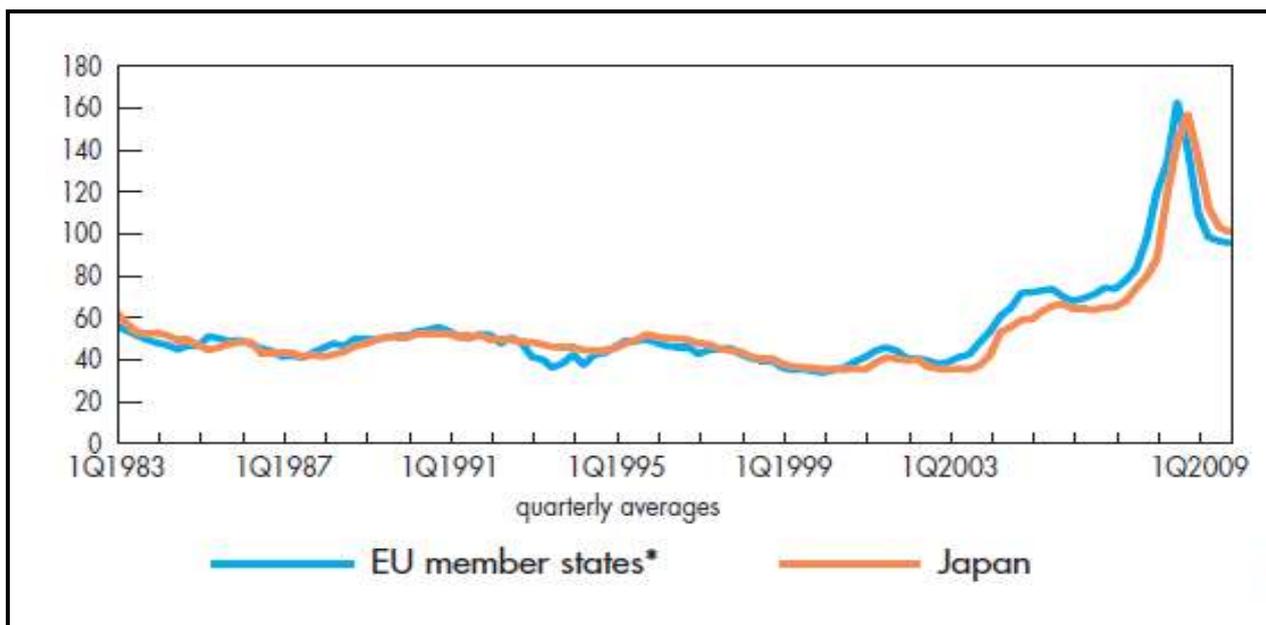
Tav. 3 – Prezzi del gas naturale in dollari per milioni di Btu



Fonte: IEA, Key World Energy Statistics 2010.

I prezzi del carbone hanno sostanzialmente seguito l'andamento dei prezzi di petrolio e gas naturale, per effetto della competizione tra combustibili e dell'incidenza dei prezzi del petrolio sui costi di trasporto del carbone.

Tav. 4 – Prezzi del carbone in dollari a tonnellata



Fonte: IEA, Key World Energy Statistics 2010.

1.1.3 La sicurezza energetica

Il problema della sicurezza energetica consiste nell'assicurare una sufficiente offerta di energia a prezzi adeguati. Dal punto di vista dei Paesi importatori, il rafforzamento dei mercati energetici può contribuire a migliorare il livello di sicurezza energetica, aumentando il numero dei fornitori e appiattendone le variazioni della domanda. Poiché il petrolio, e in minor misura il gas, sono spesso importati da Paesi con elevata instabilità politica, conflitti, sconvolgimenti politici e attacchi terroristici possono creare seri danni al funzionamento dei mercati, creando interruzioni temporanee di diversa durata nelle catene di approvvigionamento o mettendo a repentaglio la loro affidabilità.

I Paesi esportatori, invece, vedono la questione della sicurezza energetica nel senso di avere garanzie di accesso ai mercati e un adeguato livello dei prezzi per le proprie risorse energetiche. Per i Paesi esportatori, l'importanza della sicurezza della domanda di energia è anche determinata dai consistenti investimenti necessari per realizzare le infrastrutture per l'estrazione e la produzione.

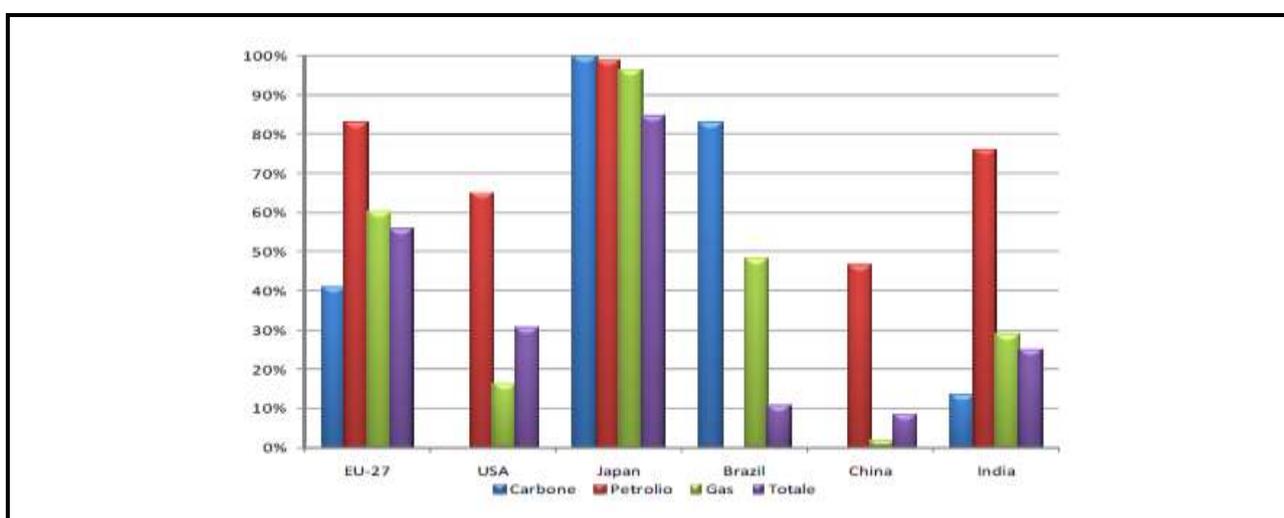
Nell'ottica dei Paesi importatori, i principali indicatori utilizzati per indagare la sicurezza energetica sono rappresentati dalla diversificazione del *mix* energetico, dalla dipendenza energetica e dall'ammontare assoluto delle importazioni.

Un'analisi dell'offerta di energia primaria (TPES) dagli ultimi bilanci IEA disponibili indica che il petrolio costituisce la fonte di maggiore importanza in Giappone, Usa e Unione europea (rispettivamente il 45%, 39% e 35% dell'offerta di energia primaria), mentre in Cina e India tale ruolo è ricoperto dal carbone (66% e 41%). Per l'Unione europea il gas è il secondo combustibile di maggiore importanza (25%), seguito dal carbone (19%). Negli Usa petrolio e gas hanno praticamente pari importanza (24%). Mentre il petrolio svolge un ruolo rilevante nell'offerta di energia primaria della Cina (18%), la quota del gas rimane trascurabile (3%).

Tali dati sono da analizzare parallelamente a quelli sulla dipendenza energetica dalle importazioni dall'estero: metà del petrolio consumato in Cina nel 2007 è importato, più della metà in Usa e India e la quasi totalità nell'Unione europea. Il Giappone ha un'elevatissima dipendenza energetica per tutte le materie prime energetiche (Tav. 5).

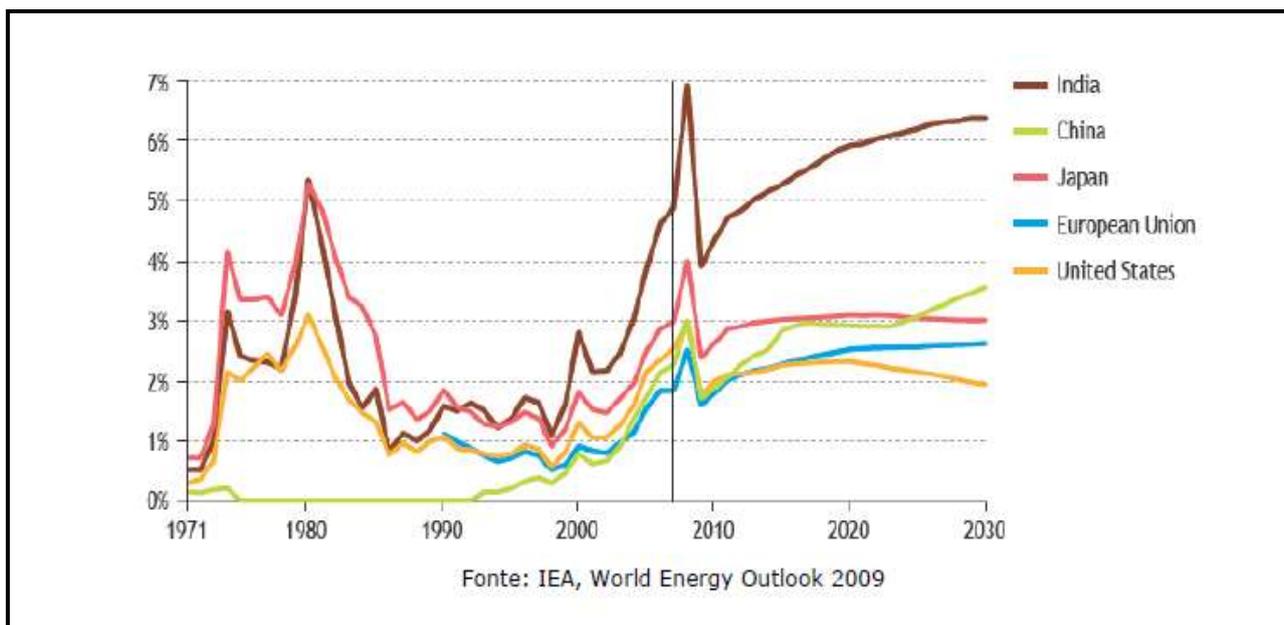
In un'analisi della sicurezza energetica dal lato dei Paesi importatori, anche l'esame della spesa nazionale per l'importazione delle risorse energetiche può fornire utili informazioni. Per i Paesi OECD nel 2008 la spesa per l'importazione di petrolio e gas ha raggiunto il 2.3% del Pil, un livello vicino ai picchi raggiunti durante lo shock petrolifero del 1979 (si veda Tav. 6).

Tav. 5 – Dipendenza energetica nel 2007



Fonte: ENEA, Rapporto Energia Ambiente 2009.

Tav. 6 – Spesa in importazioni nette di petrolio e gas in percentuale del Pil ai tassi di cambio di mercato



Fonte: IEA, World Energy Outlook 2009.

Nello scenario tendenziale ⁸ IEA, il livello di spesa per l'importazione di petrolio e gas dovrebbe stabilizzarsi intorno all'1,8% per i Paesi OECD e rimanere particolarmente elevato per il Giappone, a causa della sua quasi totale dipendenza dalle importazioni. Nelle economie emergenti esso dovrebbe continuare a crescere, anche a causa di una minore efficienza dell'uso di energia per la produzione di un'unità di *output*. Ben pochi sono i Paesi al mondo completamente autosufficienti in materia energetica, mentre i maggiori Paesi importatori di energia sono rappresentati da Cina e Usa.

⁸ Da ora in avanti, il termine "tendenziale" qualificherà uno scenario basato sull'ipotesi di introduzione di nessuna nuova politica rispetto all'anno di riferimento. I termini "di base" e "Baseline" sono da considerare come sinonimi.

I rischi energetici

Quando si parla di sicurezza energetica è molto importante porre l'accento anche sui rischi che possono verificarsi durante all'estrazione e fornitura di energia. Il progetto europeo REACCESS propone la seguente classificazione per l'origine dei rischi: guerre, instabilità politica, attacchi terroristici, restrizioni all'esportazione, incidenti, condizioni meteorologiche, pratiche monopolistiche/cartelli.

La tabella seguente offre una ricognizione dei principali incidenti verificatisi nell'ultimo decennio.

Periodo	Incidente	Perdita di offerta
1998	Esplosione in un impianto processing gas naturale nello stato Australiano Victoria	N/A
Dicembre 1999	Incidente del tanker Erika	10000 t di olio combustibile denso
Dicembre 2000	Incidente del tanker VOLTONEFT	N/A
Luglio 2000	Interruzione dell'interconnettore inglese	N/A
Agosto 2000	Esplosione di un gasdotto in New Mexico	1.2 bcm
Marzo 2001	Incidente del tanker BALTIC CARRIER	2700 t di olio combustibile denso
Novembre 2002	Incidente del tanker PRESTIGE	38000 t di olio combustibile denso
Marzo 2005	Esplosione alla raffineria petrolifera BP di Texas City	N/A
Agosto 2005	Incendio nel giacimento petrolifero BP Shiehallion	120000-250000 barili al giorno
Marzo 2006	Perdita ad un gasdotto in Alaska	100000 barili al giorno
Aprile 2006	Incendio in una raffineria Italiana	160000 barili al giorno
Giugno 2006	Incendio in un terminal per l'esportazione di petrolio in Iraq	N/A
Luglio 2006	Perdita in un oleodotto Nigeriano	180000 barili al giorno
Agosto 2006	Perdita in un gasdotto connesso a TAPS	400000 barili al giorno

Fonte: REACCESS project

Il 20 aprile 2010 nel Golfo del Messico si è verificata un'esplosione nella piattaforma petrolifera Deepwater Horizon, a 1.500 metri di profondità e a 52 km a sud-est di Venice (Louisiana), di proprietà della Transocean e affittata alla British Petroleum. Il Dipartimento dell'Energia (DOE) statunitense ha inizialmente stimato la perdita a 5.000 barili di greggio al giorno. Il 27 maggio la fuoriuscita di petrolio ha superato quella del 1989 della Exxon Valdez (262 mila barili di greggio), diventando il peggior disastro ambientale della storia degli Stati Uniti. British Petroleum ha accettato di pagare un indennizzo di 20 miliardi di dollari.

La Commissione europea sta al momento analizzando la legislazione esistente a livello europeo e nazionale, per valutare l'opportunità di intervenire con una proposta legislativa il prossimo autunno (IP/10/779). Attualmente le piattaforme petrolifere sono regolate dalla direttiva 94/9/CE, che pone standard di sicurezza minimi lasciando le competenze di controllo alle autorità nazionali.

Rapporto Energia Ambiente 2009

<http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-volumi/V2010REA2009.pdf>

1.2 Il sistema energetico europeo

L'analisi del sistema energetico si sofferma inizialmente sull'analisi delle principali dimensioni del settore dell'energia che caratterizzano l'Unione europea, ovvero la composizione del *mix* delle fonti primarie di energia e la dipendenza energetica dall'estero.

L'analisi si concentra sullo studio delle dinamiche assunte dalle grandezze indagate nei principali paesi dell'Europa continentale (Germania, Spagna, Francia e Italia), oltre che in Gran Bretagna⁹. Successivamente verranno analizzate in dettaglio le caratteristiche che il sistema energetico assume in Italia, prestando particolare attenzione alla struttura produttiva, all'assetto del mercato e al grado di sviluppo dell'industria.

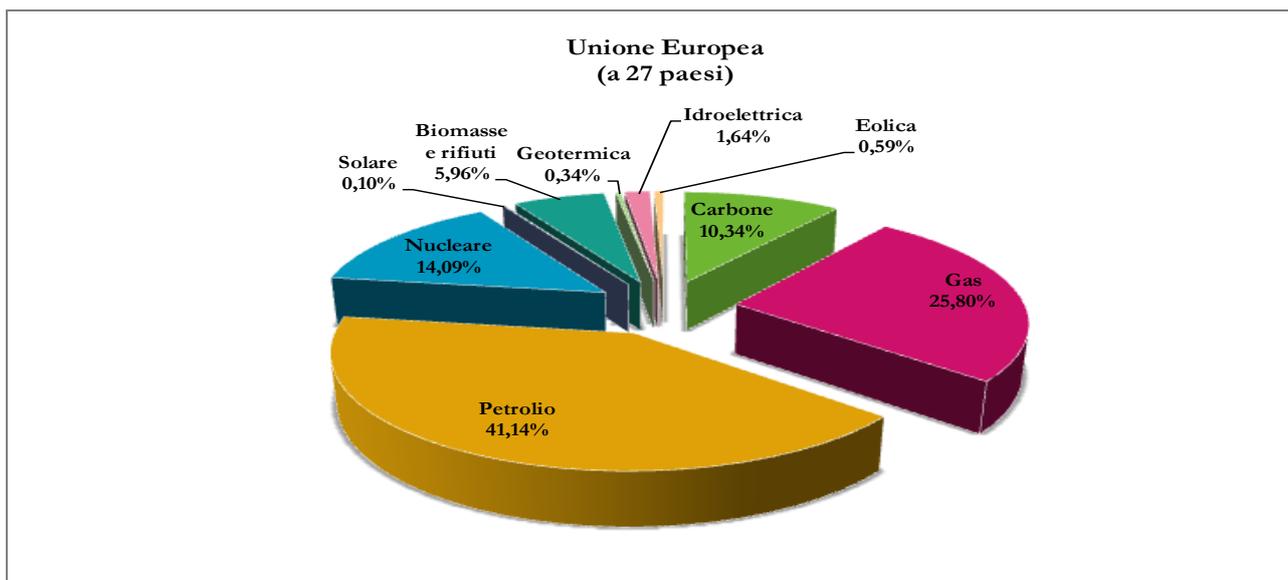
Innanzitutto, si noti che una delle principali criticità dell'Unione europea è rappresentata dalla dipendenza dall'estero per gli *approvvigionamenti di fonti primarie di energia* (gas naturale e petrolio), a cui si aggiunge un secondo aspetto di vulnerabilità, legato al fatto che le importazioni di fonti fossili provengono in larga misura da Paesi con elevato profilo di rischio geopolitico.

In particolare, si osserva che la forte dipendenza dall'estero che caratterizza l'Unione europea deriva dalla configurazione dell'*energy mix* di fonti primarie di energia (considerando cioè anche il settore dell'industria, dei servizi e dei trasporti, oltre a quello elettrico), mentre ha un'importanza meno accentuata per la generazione elettrica, dove il ricorso all'energia nucleare o al carbone riesce nel complesso a ridurre la dipendenza dall'estero (tenendo presenti le debite differenze tra i singoli Stati).

A tal proposito, la Tav. 7 illustra il *mix* globale delle fonti energetiche dell'Unione europea nel 2008. Come si vede, il petrolio e il gas naturale, in larga parte importati dall'estero, soddisfano quasi il 67% del fabbisogno energetico dell'Unione europea. Il nucleare contribuisce per il 14,09%, mentre la parte restante del *mix* energetico dell'Unione europea è soddisfatta dal ricorso al carbone (10,34%) e alle fonti rinnovabili (8,63%).

⁹ Per quanto concerne la selezione dei Paesi europei da analizzare, la scelta è inevitabilmente ricaduta sui principali Paesi dell'Europa continentale (Germania, Francia, Spagna ed Italia), oltre che alla Gran Bretagna, Paese che ha guidato e spinto il resto dell'Europa verso la liberalizzazione dei servizi di pubblica utilità. Questa scelta risponde alla volontà di analizzare i Paesi che hanno un peso maggiore all'interno dell'Unione europea sia in termini di valore aggiunto prodotto (circa il 51% dell'intera Unione europea, considerata a 27 Stati membri, e pari al 68% dell'Unione europea a 15 Paesi nel 2009), sia in termini di mercato potenziale di riferimento (circa 300.000 milioni di potenziali clienti).

Tav. 7 – L'energy mix dell'Unione europea



Fonte: Nostra elaborazione su dati Eurostat.

Del resto, anche l'analisi dell'*energy mix* dei singoli Paesi europei, conferma che petrolio e gas naturale dominano anche la fornitura di energia primaria in quasi tutti i paesi oggetto d'analisi, come illustrato dalla Tav. 8.

Si osserva, infatti, che le quote di petrolio e gas naturale nella fornitura di energia primaria in Italia – Paese notoriamente caratterizzato da un basso livello di diversificazione delle fonti di energia – sono entrambe sopra i valori medi europei (48% e 43% rispettivamente). La parte restante del *mix* energetico italiano è coperta soprattutto da fonti rinnovabili (8,5%)¹⁰ e, solo in minima parte, dal carbone (0,5%).

La Germania ha un *mix* energetico abbastanza diversificato, in cui però il petrolio detiene la quota più grande (38%), seguito dal gas naturale (24%), dal carbone (quasi 16%) e dal nucleare (12%). Tuttavia la Germania sta progressivamente aumentando il ricorso a fonti rinnovabili di energia (che nel 2008 sono pari al 10% del *mix* complessivo) in sostituzione dei combustibili solidi.

In Spagna, petrolio e gas naturale dominano la fornitura di energia primaria, con il 79% del totale (con quote singole rispettivamente del 54% e del 25%). Il consumo di entrambe le

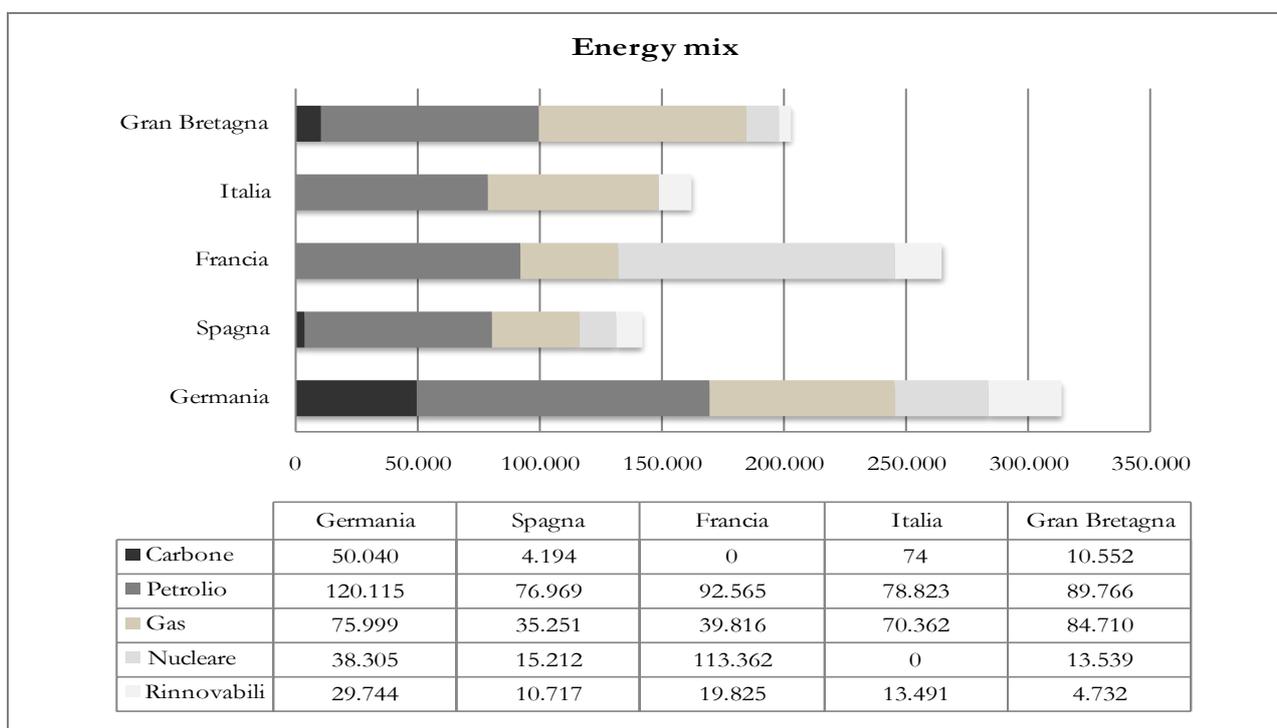
¹⁰ Si ricorda, peraltro, che gran parte dell'energia prodotta da fonti rinnovabili è riconducibile all'idroelettrico, che è una fonte primaria ampiamente sfruttata in Italia.

fonti, ma soprattutto di gas naturale, è aumentato drasticamente negli ultimi dieci anni. Si è infatti registrato un aumento dell'uso del petrolio del 25%, mentre l'impiego di gas naturale è quasi raddoppiato (+90%)¹¹. Il nucleare contribuisce alla produzione di energia per quasi l'11%, le altre fonti rinnovabili per il 7,5% mentre il carbone contribuisce solo in minima parte (3%).

La Francia, invece, è fortemente sbilanciata verso l'energia nucleare che rappresenta quasi il 43% delle fonti energetiche primarie. Tuttavia la metà del fabbisogno energetico francese è coperto dal petrolio (34,4%) e dal gas naturale (14,6%) importati dall'estero. Peraltro, anche la Francia ha implementato una politica di incentivazione delle fonti rinnovabili di energia, che contribuiscono al *mix* energetico francese per il 7,5% circa.

La Gran Bretagna, infine, produce autonomamente il 74% del proprio fabbisogno energetico, coperto per il 44,1% dal petrolio e per il 41,7% dal gas naturale. Le quote di contribuzione dell'energia nucleare, del carbone e delle fonti rinnovabili sono rispettivamente pari al 6,7%, al 5,2% e al 2,3% del *mix* energetico inglese.

Tav. 8 – L'energy mix dei principali Paesi dell'Ue (espresso in migliaia di toe)

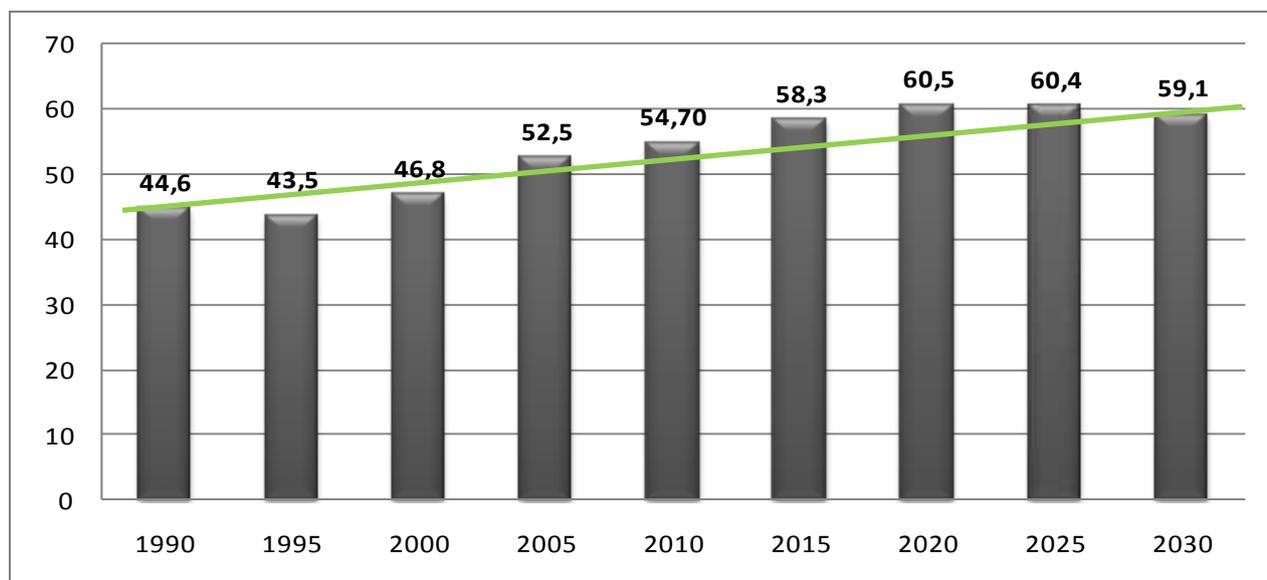


Fonte: Nostra elaborazione su dati Eurostat.

¹¹ Cfr. THE EUROPEAN HOUSE AMBROSETTI (2007), "Le caratteristiche del settore energetico in Europa", in *Linee guida per la politica delle fonti energetiche primarie come chiave per la competitività e sicurezza dell'Italia e dell'Europa in futuro*, Ambrosetti SpA, Milano.

Al di là della composizione del *mix* delle fonti di energia, si rileva una forte preoccupazione da parte dei Paesi dell'Unione europea in merito alla sicurezza degli approvvigionamenti di energia primaria. Infatti, se si osserva la Tav. 9, che mostra la dipendenza percentuale dell'Unione europea dalle *importazioni di fonti energetiche primarie*, si riscontra un costante aumento della dipendenza energetica nel tempo.

Tav. 9 – Il trend di crescita delle importazioni di fonti energetiche primarie

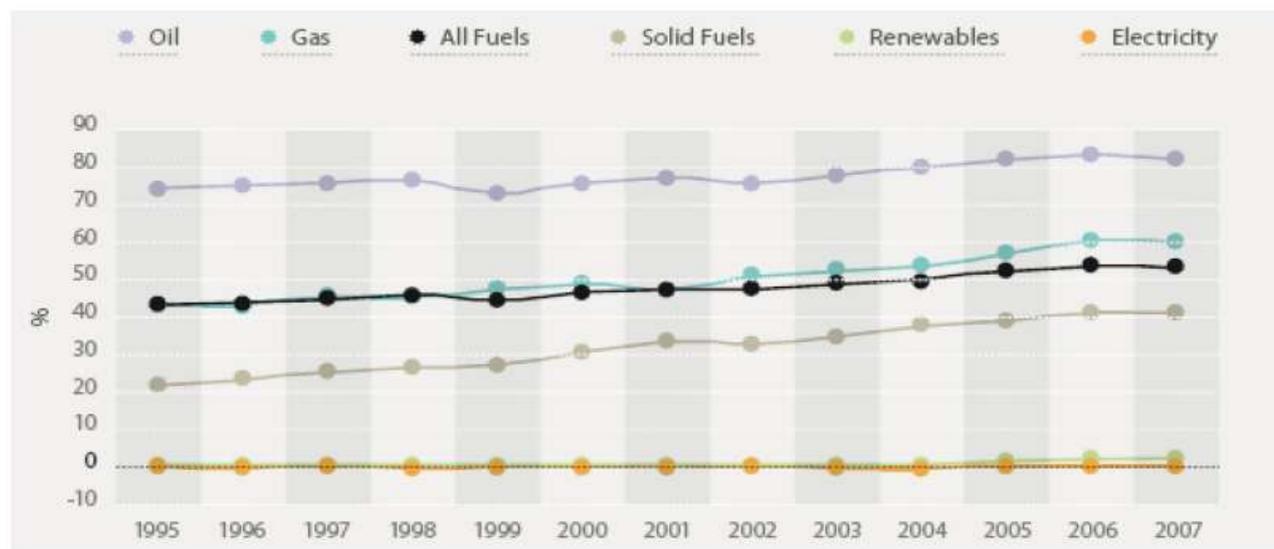


Fonte: Elaborazione propria su dati Commissione europea.

Inoltre, secondo le recenti stime della Commissione europea, il *trend* di dipendenza energetica è destinato a crescere, passando dall'attuale 55% circa al 59% previsto per il 2030, nell'ipotesi che l'Europa mantenga il suo *"business as usual"*, con possibili ripercussioni in termini di sicurezza nell'approvvigionamento di energia ¹². Secondo la Commissione europea, sono destinate a crescere soprattutto le importazioni di gas naturale, la cui percentuale dovrebbe passare dal 64% attuale all'83% circa per il 2030. Per quel che riguarda le importazioni di petrolio, la crescita prevista è più contenuta, dall'attuale 85% al 94% previsto per il 2030, anche perché i Paesi dell'Unione europea già importano gran parte del petrolio che utilizzano (Tav. 10). Quindi appare evidente che, per l'effetto combinato della crescita delle importazioni di gas naturale e di petrolio, la dipendenza energetica dell'approvvigionamento di combustibili fossili dall'estero è destinata a crescere ancora nel prossimo futuro.

¹² Cfr. COMMISSIONE EUROPEA (2010), *EU Energy Trends to 2030 - Update 2009*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Tav. 10 – La dipendenza energetica europea



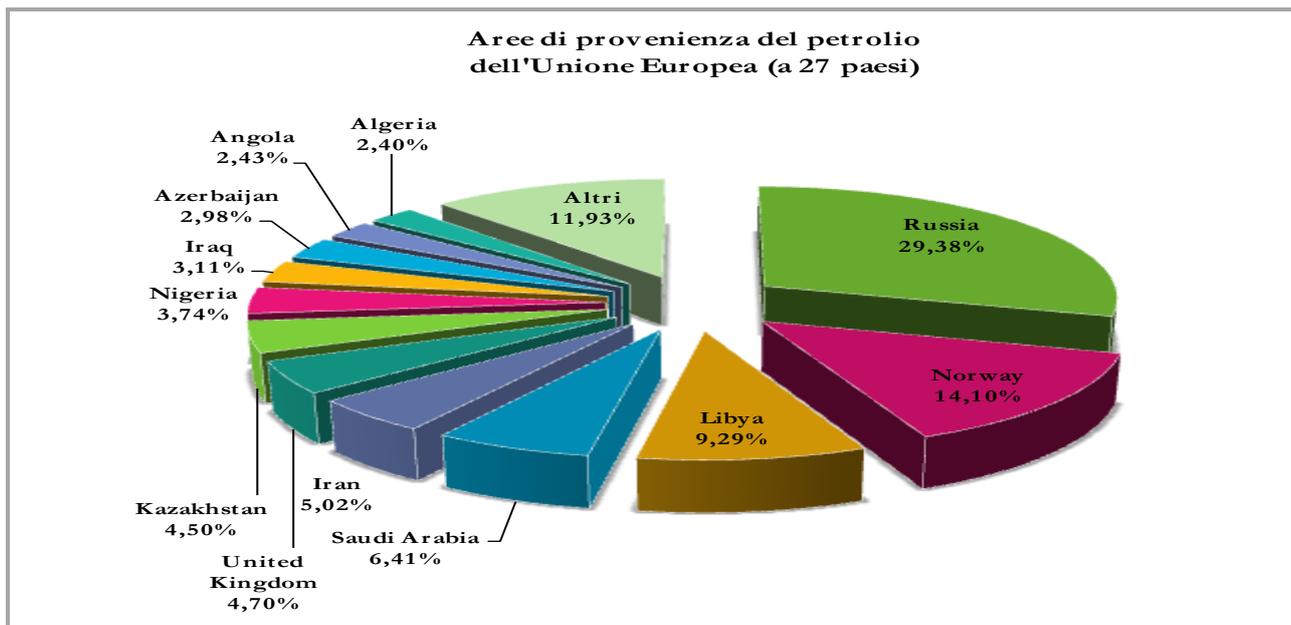
Fonte: Market Observatory for Energy, Annual Report 2009.

Tuttavia si rileva che, negli ultimi anni, l'Unione europea ha attuato una politica di riduzione della dipendenza energetica dall'estero, infatti le stime attuali della crescita della dipendenza dalle fonti primarie di energia estere sono molto più contenute di quelle previste solo pochi anni fa ¹³. Ciò è da attribuire, almeno in parte, alla riduzione generalizzata della domanda di energia causata dalla crisi economica. Dall'altra parte, però, risulta evidente un forte impegno dell'Unione europea nella diversificazione delle fonti primarie di energia e, soprattutto, nella promozione ed incentivazione delle fonti rinnovabili. Infatti, mentre il piano energetico europeo 2007-2009 si concentrava su sostenibilità e mercato interno, il nuovo piano *Energy Action Plan* 2010-2014, da adottare agli inizi del 2011, sarà focalizzato sull'efficienza energetica, la sicurezza energetica e lo sviluppo delle tecnologie, e includerà anche le priorità di lungo periodo e un'analisi strategica del settore energetico al 2030-2050.

La diversificazione delle aree geografiche di provenienza degli idrocarburi (petrolio e gas naturale) è abbastanza limitata, dal momento che gli approvvigionamenti dei Paesi europei vengono effettuati da poche nazioni, spesso caratterizzate anche da un elevato rischio paese ed instabilità geopolitica. La Tav. 11 mostra le aree di provenienza del petrolio importato dall'Unione europea nel 2008 mentre la Tav. 12 mostra le aree di provenienza del gas naturale importato dall'Unione europea nel 2008.

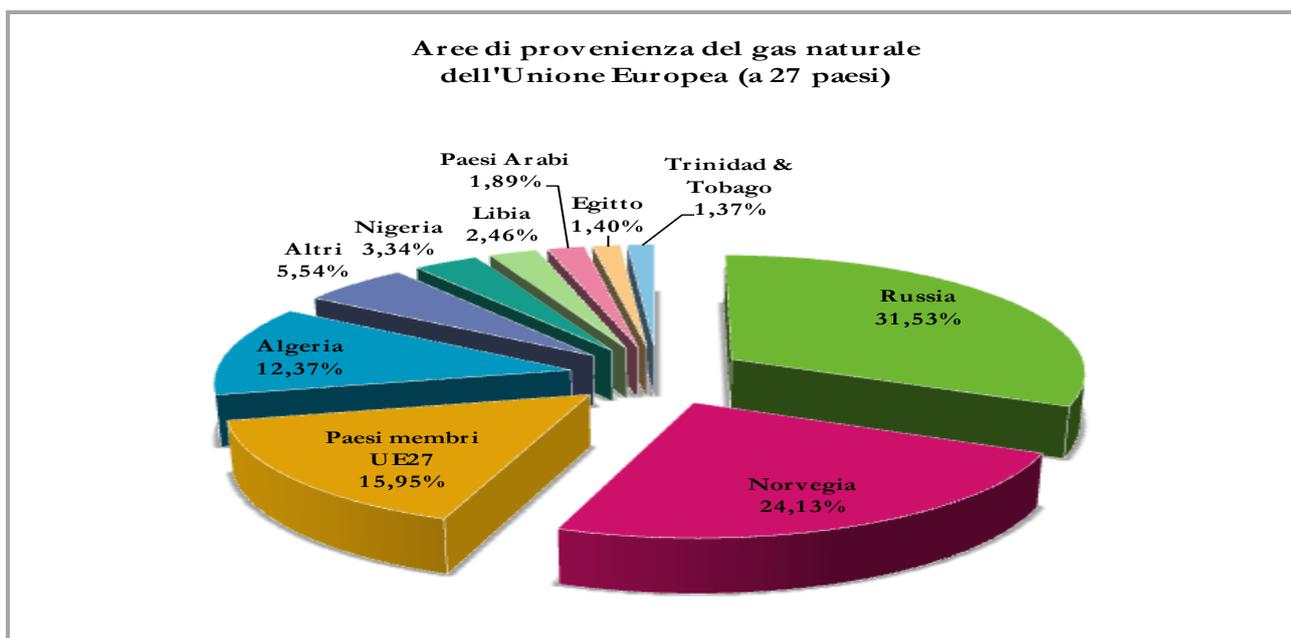
¹³ Cfr. COMMISSIONE EUROPEA (2007), *Una politica energetica per l'Europa*, COM(2007) 1 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles.

Tav. 11 – Le aree di provenienza del petrolio



Fonte: Nostra elaborazione su dati Eurostat.

Tav. 12 – Le aree di provenienza del gas naturale



Fonte: Nostra elaborazione su dati Eurostat.

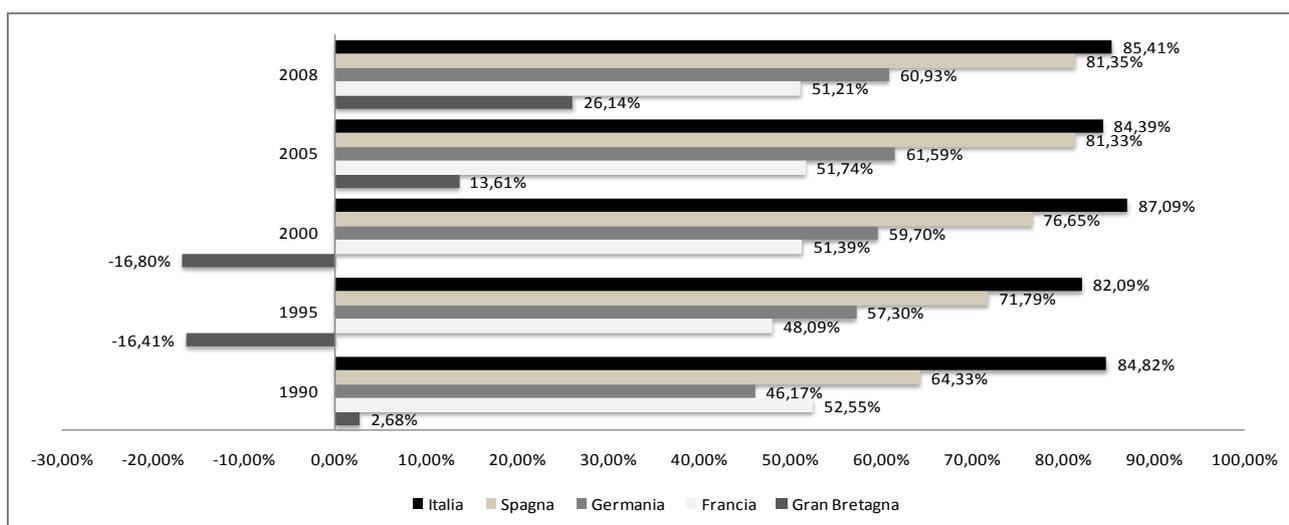
Come si nota, quasi un terzo del petrolio grezzo proviene dalla Russia (29,38%), a fronte di una produzione interna quasi nulla, tra cui si segnala solamente la Gran Bretagna con il 4,70% della produzione totale.

Altri grandi esportatori di petrolio sono la Libia, con importazioni in Europa pari al 9,29%, l'Arabia Saudita (6,41%), l'Iran (5,02%) e il Kazakistan (4,50%). Tuttavia, questi Paesi presentano un profilo di rischio elevato, che incide negativamente sulla sicurezza europea degli approvvigionamenti di petrolio. Le importazioni dalla Norvegia, pari al 14,10% del petrolio importato all'interno dell'Unione europea, non hanno risvolti in termini di sicurezza degli approvvigionamenti, ma da sole non bastano per scongiurare il rischio di scarsità di petrolio.

Con riferimento al gas naturale, si osserva che quasi un terzo del gas naturale proviene dalla Russia (31,53%), a fronte di una produzione interna di gas quasi pari al 16%. Un altro grande Paese esportatore di gas naturale è l'Algeria, con importazioni in Europa pari al 12,37%. Tuttavia, entrambi i Paesi presentano un profilo di rischio elevato, che incide negativamente sulla sicurezza europea degli approvvigionamenti. Le importazioni dalla Norvegia, pari al 24% del gas naturale importato all'interno dell'Unione europea, non hanno risvolti in termini di sicurezza degli approvvigionamenti; tuttavia, il gas naturale proveniente dal Mare del Nord si sta esaurendo, costringendo soprattutto i paesi limitrofi della regione a ripensare alla composizione del *mix* energetico ¹⁴.

Volendo delineare un quadro di insieme della dipendenza dalle importazioni di energia primaria dei principali paesi dell'Unione europea, illustrato nella Tav. 13, si osserva un livello di esposizione alquanto differenziato fra i vari Paesi analizzati.

Tav. 13 – L'evoluzione della % di dipendenza energetica dei principali Stati europei



Fonte: Nostra elaborazione su dati Eurostat.

¹⁴ Sul punto si vedano AA.Vv. (2007a), *Indice delle Liberalizzazioni 2007*, Istituto Bruno Leoni, Torino.

Anche analizzando l'evoluzione della bilancia energetica dei singoli Paesi europei risulta evidente il peso crescente delle importazioni di combustibili fossili, e soprattutto del gas naturale. In particolare, la bilancia energetica dell'Italia è altamente dipendente dalle importazioni di gas naturale, infatti esse sono quasi triplicate rispetto al 1990, con un aumento effettivo del 150%. Attualmente, l'Algeria (35,2%), la Russia (31,8%), la Libia (13,4%) e i Paesi del Nord Europa – ovvero i Paesi Bassi (9,5%) e la Norvegia (7,5%) – sono i principali fornitori di gas italiani. Purtroppo l'Italia ha una forte dipendenza dall'estero anche nell'approvvigionamento di petrolio, dato che le importazioni sfiorano il 95% del petrolio consumato in Italia, quota percentuale che è rimasta pressoché costante dal 1990. Inoltre, la dipendenza energetica dell'Italia dall'estero è ulteriormente acuita dal peso del petrolio nell'*energy mix* italiano, infatti esso rappresenta quasi la metà delle fonti primarie di energia utilizzate in Italia.

Anche in Germania, nonostante un elevato livello di produzione nazionale, la dipendenza dalle importazioni di gas naturale, dal 1990 ad oggi, è aumentata di circa il 75%. Difatti, le importazioni di gas naturale in tale Paese rappresentano oggi quasi un terzo delle importazioni totali di fonti primarie. Attualmente i Paesi che forniscono il gas naturale alla Germania sono tre: la Russia (quasi 46%), la Norvegia (34%) e i Paesi Bassi (20%). Naturalmente, anche nel caso della Germania, il petrolio ha il peso maggiore nelle importazioni di fonti primarie (pari al 55% nel 2008) e nell'*energy mix* tedesco (pari al 38%). Inoltre, si ricorda che già dal 1990 la Germania importa quasi tutto il petrolio che utilizza (circa il 97%). È evidente quindi che, per far fronte all'aumento della domanda di energia verificatosi nell'ultimo ventennio, anche la Germania abbia dovuto aumentare le importazioni di gas naturale.

In Spagna il bilancio energetico dipende fortemente dalle importazioni di combustibili fossili: nel 2008 circa il 91,5% del totale delle importazioni di energia riguardano il gas naturale e il petrolio. In particolare, le importazioni di gas naturale sono aumentate a dismisura (nel 2008 sono dieci volte quelle del 1990), soprattutto per far fronte alla forte espansione della domanda di energia registrata in Spagna nell'ultimo ventennio. Le principali fonti di importazione spagnole sono l'Algeria (34,1%) e la Nigeria (20,3%)¹⁵. Tuttavia, la Spagna ha diversificato le aree di provenienza del gas naturale, ed oggi quote consistenti sono detenute anche dal Qatar (12,6%), dal Trinidad e Tobago (12,3%) e dall'Egitto (11%).

¹⁵ Si vedano in proposito BLASI A., BOI V., GONCALVES F., MAGALDI M., ZUCCHINI F. (2004), *Gas e infrastrutture: scenari e prospettive*, Working Paper.

Del resto, la Spagna importa anche quasi tutto il petrolio consumato nel Paese (99,8%), le importazioni di petrolio sono infatti duplicate, in termini di quantità, dal 1990 ad oggi.

La Francia ha visto crescere la propria dipendenza dalle importazioni di energia in misura inferiore rispetto agli altri Paesi europei, in virtù del suo peculiare *mix* energetico, basato principalmente sullo sfruttamento dell'energia nucleare. Tuttavia la Francia importa quasi il 100% dei combustibili fossili utilizzati. Peraltro, la quantità di petrolio importata è rimasta pressoché costante nel tempo mentre le importazioni di gas sono aumentate del 63% rispetto al 1990. I principali Paesi importatori sono la Norvegia (31,6%), i Paesi Bassi (17,9%), l'Algeria (16,3%) e la Russia (14,5%).

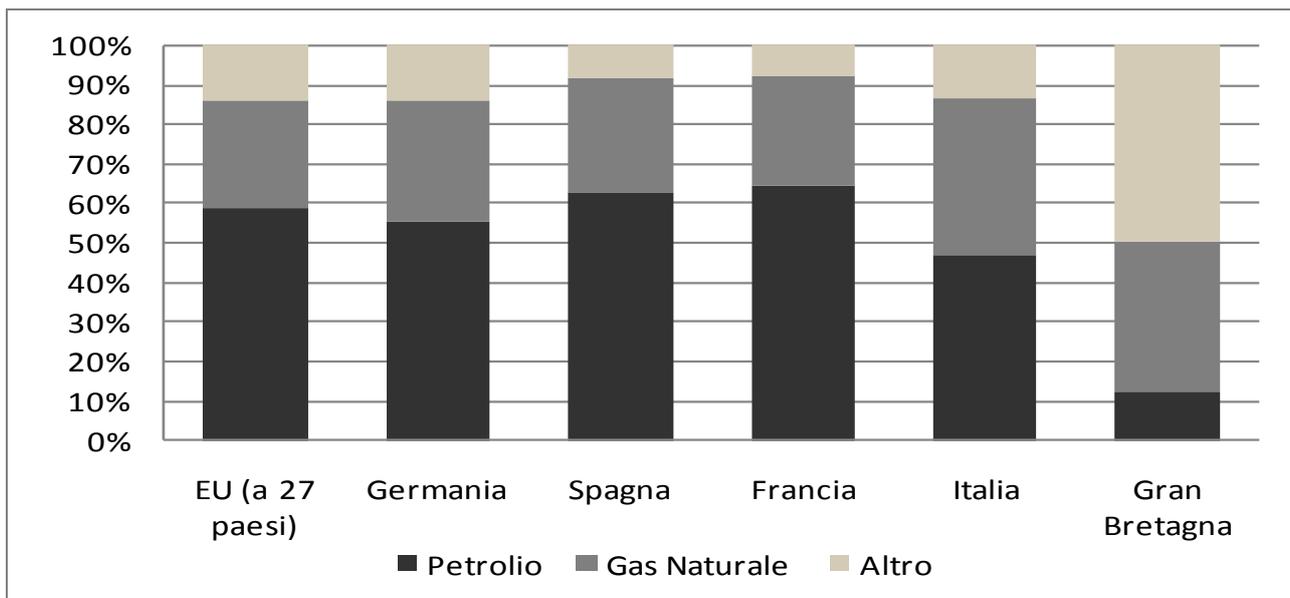
Invece la Gran Bretagna, che dal 1995 al 2003 è stato un Paese esportatore netto di energia, è divenuto un importatore dal 2004, ed ha visto crescere la propria dipendenza energetica del 42,5% negli ultimi quindici anni. In particolare, le importazioni inglesi di gas si sono quintuplicate, con un aumento del 400%, dal 1990 ad oggi. I principali Paesi fornitori di gas naturale della Gran Bretagna sono la Norvegia (69,7%) e i Paesi Bassi (22,2%). Inoltre, nel 2006, la Gran Bretagna ha iniziato ad importare anche il petrolio. Tuttavia il petrolio importato incide sulla sicurezza del *mix* energetico inglese in misura lieve, essendo pari soltanto al 10% del petrolio utilizzato nel Paese.

Il quadro che si va delineando vede, quindi, una crescente dipendenza dell'Unione europea dalle importazioni di combustibili fossili, ed in particolare dalle importazioni di gas naturale, attualmente proveniente in gran parte da Russia, Norvegia ed Algeria. Ciò è visibile a colpo d'occhio anche nella Tav. 14, che illustra il peso percentuale degli idrocarburi sul totale dell'energia primaria importata dai principali Paesi europei nel 2008 ed offre un paragone con la composizione delle importazioni delle fonti di energia primaria dell'Unione europea a 27 Stati membri.

In generale, l'esposizione è in crescita per il gas naturale, per tutti gli Stati europei (in maniera particolare per l'Italia e la Spagna), mentre si va riducendo il peso percentuale dei prodotti petroliferi e del carbone, nonostante il petrolio rappresenti ancora il principale combustibile utilizzato in Europa, fonte di energia che è, peraltro, quasi interamente importato dall'estero¹⁶.

¹⁶ Cfr. COMMISSIONE EUROPEA (2010), *op. cit.*

Tav. 14 – La composizione percentuale delle importazioni di energia primaria in Europa



Fonte: Nostra elaborazione su dati Eurostat.

Le Istituzioni europee hanno ben chiaro che la sicurezza degli approvvigionamenti, se non anche la riduzione della dipendenza dall'estero, è cruciale per lo sviluppo sostenibile dell'Europa. I recenti avvenimenti internazionali, tra cui ad esempio la crisi delle relazioni tra la Russia e l'Ucraina, con la conseguente riduzione delle forniture di gas naturale dalla Russia verso l'Europa, ed anche la recente crisi tra Russia e Georgia, hanno messo bene in evidenza quali sono i rischi legati alla dipendenza energetica da pochi Paesi.

Partendo da questa considerazione, fin dall'adozione del Libro Verde *“Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico”* nel 2000, la Commissione europea ha più volte ribadito che la sicurezza delle fonti di energia – che si basa non solo sulla diversificazione delle aree geografiche di approvvigionamento, ma anche sulla predisposizione di meccanismi di solidarietà tra gli Stati – rappresenta uno dei cardini della politica energetica europea ¹⁷.

¹⁷ Sul ruolo della sicurezza dell'approvvigionamento all'interno della politica energetica europea si veda: COMMISSIONE EUROPEA (2000), *Libro Verde verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico*, COM(2000) 769 definitivo – Non pubblicato nella Gazzetta ufficiale; COMMISSIONE EUROPEA (2006), *Libro Verde per una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura*, COM(2006) 105 definitivo – Non pubblicato nella Gazzetta ufficiale; COMMISSIONE EUROPEA (2007), *Una politica energetica per l'Europa*, COM(2007) 1 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles; e CONSIGLIO EUROPEO (2007), *Piano d'Azione del Consiglio europeo (2007-2009) – Politica Energetica per l'Europa (PEE)*, 7724/07, Bruxelles.

Tutti questi elementi sono stati ripresi ed enfatizzati più volte, ed anche nella recente comunicazione della Commissione europea sulla nuova strategia politica ed economica dell'Unione europea, denominata *Europa 2020: Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva* ¹⁸. Al fine di promuovere una crescita sostenibile, l'Unione europea ha fissato nella *Strategia europea 20/20/20* tre obiettivi strategici:

- la riduzione del 20 per cento, rispetto ai livelli del 1990, delle emissioni di gas a effetto serra;
- il raggiungimento della quota di fonti rinnovabili del 20 per cento rispetto al consumo finale lordo;
- il miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia del 20 per cento.

Conseguentemente, ogni Stato ha il compito di affrontare la questione della sicurezza degli approvvigionamenti delle fonti primarie in rapporto alle proprie caratteristiche tecniche di approvvigionamento: i Paesi produttori, ad esempio, hanno la possibilità di sfruttare i propri giacimenti di gas naturale in maniera flessibile e non hanno bisogno di un'elevata capacità di stoccaggio; i grandi importatori, come ad esempio l'Italia ¹⁹, invece, hanno un sistema di produzione interna che ha difficoltà a modulare l'offerta rispetto ai fabbisogni effettivi, per cui questi Paesi dovranno dotarsi di ampie scorte di combustibili fossili attraverso lo stoccaggio o la stipulazione di contratti a lungo termine.

In altri Paesi europei, infine, il problema della modulazione dell'offerta praticamente non esiste, dal momento che la domanda è concentrata in settori che dipendono poco dalle condizioni climatiche e le escursioni annuali sono limitate oppure trascurabili rispetto alle forniture in transito dei grandi Paesi produttori.

¹⁸ Sul punto si veda COMMISSIONE EUROPEA (2010), *Comunicazione Europa 2020: Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, COM(2010) 2020, Commission Staff Working Paper, Bruxelles. Inoltre, per un approfondimento dello stato di attuazione del piano energetico europeo si consulti COMMISSIONE EUROPEA (2008), *Secondo riesame strategico della politica energetica – Piano d'azione dell'Unione europea per la sicurezza e la solidarietà nel settore energetico*, COM(2008) 781 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles, e COMMISSIONE EUROPEA (2010), *Relazione sull'attuazione del programma energetico europeo per la ripresa*, COM(2010) 191 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles.

¹⁹ Per l'Italia, la strategia 20/20/20 si è tradotta in un duplice obiettivo vincolante per il 2020: la riduzione dei gas serra del 14 per cento rispetto al 2005 e il raggiungimento di una quota di energia rinnovabile pari al 17 per cento del consumo finale lordo (nel 2005 tale quota era del 5,2 per cento).

1.3 Il sistema energetico in Italia

Nell'ultimo decennio il settore energetico nazionale è stato interessato da significativi cambiamenti avvenuti in ambito istituzionale e di mercato, che hanno avuto come obiettivo la riforma del mercato elettrico e del gas ²⁰, lo sviluppo delle fonti rinnovabili, la promozione dell'efficienza, del risparmio energetico e della sicurezza degli approvvigionamenti. Inoltre, è stata predisposta la legislazione di base ²¹ necessaria al riavvio di una produzione di elettricità da fonte nucleare, anche se il riavvio del nucleare è stato nuovamente accantonato dopo il disastro di Fukushima, avvenuto nel marzo 2011. Tali cambiamenti, unitamente ad altri fattori, quali quello climatico e quello economico, hanno influito sull'andamento e sulla composizione dell'offerta e della domanda di energia e hanno contribuito a delineare le peculiarità del sistema energetico nazionale.

L'Italia, infatti, rispetto agli altri Paesi dell'Unione europea, si contraddistingue per una maggiore vulnerabilità dal lato degli approvvigionamenti e per una maggiore dipendenza dagli idrocarburi, soprattutto nella generazione elettrica; di contro presenta un minore contenuto di energia per unità di Pil rispetto ad altri Paesi.

Secondo il Rapporto Istat "Il sistema energetico italiano e gli obiettivi ambientali al 2020"²², al 1995 al 2005 la disponibilità interna lorda di energia, definita come la quantità di energia prodotta all'interno del Paese più quella importata al netto delle esportazioni e delle variazioni delle scorte, è sempre stata in crescita, ma dal 2005 al 2009 si è rilevata una inversione di tendenza, particolarmente accentuata nell'anno 2008, in corrispondenza di una riduzione del Pil pari all'1,3 per cento e soprattutto nel 2009, quando la disponibilità energetica si è ridotta del 5,8 per cento rispetto all'anno precedente e il Pil ha subito una contrazione del 5,1 per cento (Tav. 15).

L'analisi del contributo delle singole fonti al soddisfacimento della domanda energetica del Paese mostra che, nel 2009, la quota prevalente è attribuita ai prodotti petroliferi (41,0 per cento), seguiti da gas naturale (35,5 per cento), fonti rinnovabili (10,7 per cento) e combustibili solidi (7,4 per cento) (Tav. 16).

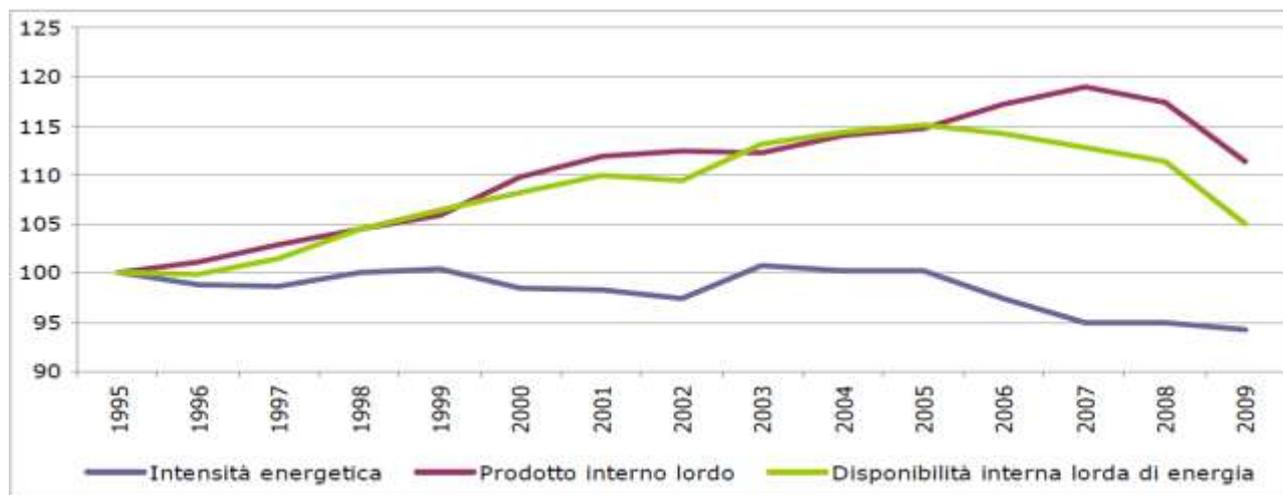
²⁰ I principali provvedimenti normativi che caratterizzano la Riforma sono il Decreto Legge 29 novembre 2008, n.185 (art. 3), convertito in Legge 28 gennaio 2009, n. 2 e il Decreto del Ministro dello sviluppo economico del 29 aprile 2009.

²¹ Legge 23 luglio 2009, n. 99 e Decreto legislativo 15 febbraio 2010, n.31.

²² Per maggiori approfondimenti si consulti il Rapporto Istat 2010 "Il sistema energetico italiano e gli obiettivi ambientali al 2020" al seguente link: www.ftsnet.it/documenti/821/Il%20sistema%20energetico.pdf

Rispetto all'anno precedente la disponibilità di energia da fonti rinnovabili è aumentata di 1,8 punti percentuali, mentre è diminuita di 0,9 punti quella di gas naturale e di 1,3 punti quella da combustibili solidi; non si registrano variazioni nella quota da petrolio.

Tav. 15 – Disponibilità interna lorda di energia e Pil. Anni 1995-2009 (a)
(numeri indice, base 1995=100)



Fonte: Istat.

(a) Per l'anno 2009 i dati sono provvisori.

Tav. 16 – Disponibilità interna lorda di energia per fonte e risorsa. Anni 2000-2009 (a)
(composizione percentuale e variazioni di punti percentuali)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Composizioni percentuali										
Combustibili solidi	6,9	7,3	7,5	7,9	8,7	8,6	8,7	8,9	8,8	7,4
Gas naturale	31,4	31,0	30,9	33,0	33,8	36,0	35,5	35,9	36,3	35,5
Prodotti petroliferi	49,5	48,7	48,9	46,7	44,8	43,1	43,4	42,6	41,4	41,0
Fonti rinnovabili	6,9	7,4	6,7	6,7	7,6	6,8	7,3	7,4	8,9	10,7
Energia Elettrica	5,2	5,8	5,9	5,8	5,1	5,5	5,0	5,3	4,6	5,4
Totale	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Differenze di punti percentuali rispetto all'anno precedente										
Combustibili solidi		0,3	0,3	0,4	0,8	-0,1	0,1	0,1	-0,1	-1,3
Gas naturale		-0,4	-0,1	2,1	0,9	2,1	-0,5	0,4	0,4	-0,9
Prodotti petroliferi		-0,8	0,3	-2,2	-1,9	-1,7	0,3	-0,9	-1,2	-0,4
Fonti rinnovabili		0,5	-0,7	0,0	0,9	-0,8	0,4	0,1	1,5	1,8
Energia Elettrica		0,4	0,3	-0,2	-0,7	0,4	-0,4	0,2	-0,7	0,8
Totale		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Differenze di punti percentuali rispetto al 2000										
Combustibili solidi		0,3	0,6	1,0	1,8	1,7	1,8	2,0	1,8	0,5
Gas naturale		-0,4	-0,5	1,6	2,4	4,6	4,1	4,5	4,9	4,1
Prodotti petroliferi		-0,8	-0,6	-2,8	-4,7	-6,4	-6,1	-6,9	-8,1	-8,5
Fonti rinnovabili		0,5	-0,2	-0,3	0,7	-0,1	0,3	0,4	1,9	3,8
Energia Elettrica		0,4	0,7	0,5	-0,1	0,2	-0,2	0,0	-0,6	0,2
Totale		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Istat.

(a) Per l'anno 2009 i dati sono provvisori.

Se si analizza il periodo 2000-2009, risulta essere più evidente il processo di sostituzione tra le fonti, in particolare risulta notevolmente diminuita la quota di disponibilità di energia da petrolio (-8,5 punti percentuali), mentre è salita la quota da fonti rinnovabili (3,8 punti percentuali) e quella da gas naturale (4,1 punti percentuali). Risultano stabili le quote di combustibili solidi e energia elettrica.

In particolare, con riferimento ai prodotti petroliferi, che rappresentano la principale fonte energetica del Paese seguita dal gas naturale, si osserva che nel 2009 alla determinazione del fabbisogno complessivo di tale fonte (pari a circa 73,9 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) hanno contribuito per il 6,2 per cento la produzione nazionale (4,6 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) e per il 93,1 per cento (68,8 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) le importazioni nette (Tav. 17). Complessivamente nel 2009 le importazioni di prodotti petroliferi sono diminuite del 5,9 per cento in corrispondenza di un incremento dei relativi prezzi, che hanno fatto registrare rialzi consecutivi nel corso dell'anno.

Tav. 17 – Disponibilità interna lorda di energia per fonte e risorsa. Anni 2000-2009, milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (tep)

FONTI DI ENERGIA RISORSE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 (a)	Variazione % 2009/2008
Combustibili solidi											
Produzione	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	-23,0
Importazioni nette	13,1	13,5	13,1	14,5	16,8	16,4	16,6	16,6	16,6	12,5	-24,8
Variazione scorte	-0,6	-0,2	0,5	0,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,4	0,5	
Totale (b)	12,9	13,7	14,2	15,3	17,1	17,0	17,2	17,2	16,7	13,3	-20,3
Gas naturale											
Produzione	13,7	12,6	12,1	11,5	10,7	10,0	9,1	7,9	7,6	6,6	-13,4
Importazioni nette	47,4	45,1	48,9	51,5	55,7	60,3	63,6	60,5	62,8	56,6	-9,8
Variazione scorte	-2,7	0,8	-2,8	1,1	0,1	0,9	-2,9	1,1	-0,8	0,7	
Totale (b)	58,4	58,5	58,1	64,1	66,5	71,2	69,7	69,5	69,5	63,9	-8,0
Prodotti petroliferi											
Produzione	4,6	4,1	5,5	5,6	5,4	6,1	5,8	5,9	5,2	4,6	-12,5
Importazioni nette	89,2	86,3	87,2	85,5	82,8	79,5	79,7	77,1	73,1	68,8	-5,9
Variazione scorte	-1,8	1,4	-0,7	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,5	1,0	0,5	
Totale (b)	92,0	91,9	92,0	90,8	88,0	85,2	85,2	82,5	79,2	73,9	-6,8
Fonti rinnovabili (c)											
Produzione	12,4	13,5	12,1	12,2	14,2	12,7	13,4	13,6	16,3	18,3	12,3
Importazioni nette	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	1,0	36,5
Variazione scorte	..	..	..	..	..	..	..	0,0	0,0	0,0	
Totale (b)	12,9	14,0	12,6	13,0	14,9	13,5	14,2	14,3	17,0	19,3	13,7
Energia Elettrica (c)											
Produzione	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Importazioni nette	9,8	10,6	11,1	11,2	10,0	10,8	9,9	10,2	8,8	9,8	11,0
Variazione scorte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Totale (b)	9,8	10,6	11,1	11,2	10,0	10,8	9,9	10,2	8,8	9,8	11,0
Totale											
Produzione	31,0	30,6	30,2	29,9	30,8	29,4	28,7	27,9	29,7	29,9	0,7
Importazioni nette	160,0	156,1	160,8	163,5	166,1	167,7	170,5	165,1	161,9	148,6	-8,2
Variazione scorte	-5,1	2,0	-3,0	1,0	-0,4	0,6	-3,1	0,6	-0,3	1,7	
Totale (b)	185,9	188,8	188,1	194,4	196,5	197,8	196,2	193,7	191,3	180,3	-5,8

Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico, Bilancio energetico nazionale.

(a) Dati provvisori.

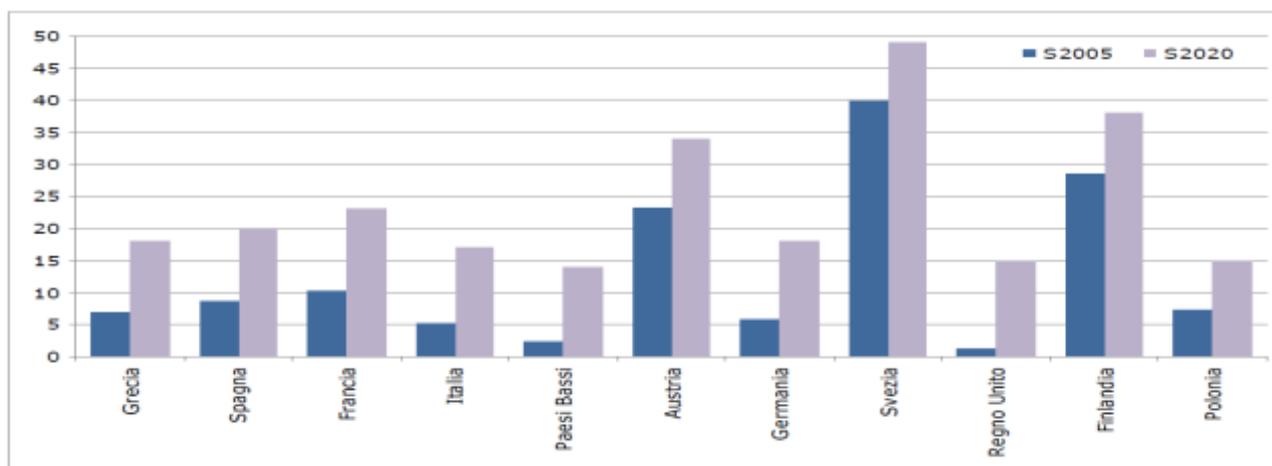
(b) Produzione + importazione - esportazione - variazione scorte.

(c) Energia elettrica primaria (idroelettrica, geotermoelettrica, eolico) ed importazioni/esportazioni dall'estero valutate a input termoelettrico, convenzionale e costante, di 2.200 kcal per kWh.

La strategia messa a punto dall'Unione europea per l'anno 2020, secondo quanto prevede la direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009, fissa degli obiettivi vincolanti per ciascuno degli Stati membri relativamente al ricorso alle fonti rinnovabili. Tali obiettivi, calcolati secondo la metodologia e le definizioni fissate dal regolamento CE n.1099/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2008, relativo alle statistiche sull'energia, sono calcolati con riferimento al 2005, assunto come anno base rispetto al quale vengono presentati gli aumenti o le riduzioni sia nelle quote di energia prodotta da fonti rinnovabili che delle emissioni di gas serra.

In Italia, nel 2005 la quota di fonti rinnovabili è risultata pari al 5,2 per cento e l'obiettivo da raggiungere per il 2020 è fissato al 17 per cento. Per quanto riguarda gli altri Paesi, la quota di partenza e la quota obiettivo sono rispettivamente: Germania 5,8 e 18 per cento; Spagna 8,7 e 20 per cento; Francia 10,3 e 23 per cento; Polonia 7,2 e 15 per cento; Regno Unito 1,3 e 15 per cento (Tav. 18). Per raggiungere più agevolmente l'obiettivo prefissato, gli Stati membri dovranno promuovere e incoraggiare l'efficienza energetica e il risparmio.

Tav. 18 – Obiettivi nazionali per la quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale di energia nel 2020 per alcuni Paesi dell'Unione europea (a)



Fonte: Eurostat, *Energy statistics*.

(a) S 2005 = Quota di energia da fonti rinnovabili al 2005 sul consumo finale di energia S 2008 = Obiettivo per la quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale di energia al 2020.

Nel periodo 1996-2005 le emissioni di gas serra in Italia sono aumentate, secondo i dati Eurostat, del 9,7 per cento, mentre dal 2005 al 2007 si sono ridotte del 3,7 per cento circa. In termini di riduzione delle emissioni di gas serra, l'Italia dovrebbe raggiungere l'obiettivo di riduzione di gas serra del 14 per cento in meno rispetto al 2005 entro il 2020.

1.3.1 Gas naturale

La disponibilità di gas naturale, in aumento fino al 2005, ha subito una contrazione negli anni successivi, soprattutto nel 2009. La domanda complessiva di gas naturale è soddisfatta per quasi il 90 per cento dalle importazioni: la maggior parte delle importazioni italiane di gas avviene via gasdotto principalmente da Russia (33 per cento) e Algeria (31 per cento) (Tav. 19).

Tav. 19 – Bilancio del gas naturale in Italia. Anni 2002-2009
(milioni di standard metri cubi a 38,1 MJ/mc)

DISPONIBILITÀ E IMPIEGHI	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 (a)
Produzione nazionale	14.623	13.885	12.961	12.071	10.979	9.706	9.255	8.016
Importazioni (b)	59.291	62.794	67.908	73.460	77.399	73.950	76.867	69.275
<i>di cui da gasdotto:</i>	<i>55.752</i>	<i>59.328</i>	<i>65.830</i>	<i>70.957</i>	<i>74.210</i>	<i>71.519</i>	<i>75.312</i>	<i>66.385</i>
<i>Algeria</i>	<i>20.637</i>	<i>21.137</i>	<i>23.813</i>	<i>25.227</i>	<i>25.005</i>	<i>22.153</i>	<i>24.437</i>	<i>21.371</i>
<i>Russia</i>	<i>20.713</i>	<i>21.688</i>	<i>23.624</i>	<i>23.326</i>	<i>22.520</i>	<i>22.667</i>	<i>22.278</i>	<i>22.917</i>
<i>Libia</i>	<i>..</i>	<i>..</i>	<i>521</i>	<i>4.493</i>	<i>7.692</i>	<i>9.241</i>	<i>9.872</i>	<i>9.168</i>
<i>Olanda</i>	<i>7.825</i>	<i>7.630</i>	<i>8.074</i>	<i>8.040</i>	<i>9.372</i>	<i>8.038</i>	<i>9.416</i>	<i>7.213</i>
<i>Norvegia</i>	<i>4.884</i>	<i>5.030</i>	<i>5.190</i>	<i>5.723</i>	<i>5.745</i>	<i>5.581</i>	<i>6.277</i>	<i>4.809</i>
<i>Croazia</i>	<i>..</i>	<i>650</i>	<i>679</i>	<i>842</i>	<i>1.227</i>	<i>748</i>	<i>635</i>	<i>859</i>
<i>Altri</i>	<i>1.693</i>	<i>3.193</i>	<i>3.929</i>	<i>3.306</i>	<i>2.649</i>	<i>3.091</i>	<i>2.397</i>	<i>48</i>
<i>di cui via nave (Gas naturale liquefatto):</i>	<i>3.539</i>	<i>3.466</i>	<i>2.078</i>	<i>2.503</i>	<i>3.189</i>	<i>2.431</i>	<i>1.555</i>	<i>2.890</i>
<i>Algeria</i>	<i>3.521</i>	<i>3.424</i>	<i>1.819</i>	<i>2.237</i>	<i>3.164</i>	<i>2.431</i>	<i>1.555</i>	<i>1.340</i>
<i>Trinidad Tobago</i>	<i>..</i>	<i>..</i>	<i>51</i>	<i>266</i>	<i>25</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Spagna</i>	<i>-</i>	<i>42</i>	<i>190</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Quasar</i>	<i>18</i>	<i>-</i>						
<i>Nigeria</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>18</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
Esportazione	52	381	395	396	369	68	210	125
Variazione scorte	3.404	-1.382	-135	-1.130	3.526	-1.309	1.029	-886
Totale disponibilità	70.458	77.680	80.609	86.265	84.483	84.897	84.883	78.051

Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico.

(a) Dati provvisori.

(b) Le importazioni sono suddivise per Paese di provenienza fisica del gas e non contrattuale.

1.3.2 Energia elettrica

Nel 2009 la domanda di energia elettrica, pari a 317,6 miliardi di kWh, è diminuita del 6,4 per cento rispetto all'anno precedente, seguendo un andamento che si è presentato, anche se con una intensità molto più lieve, già a partire dal 2005 (Tav. 20).

*Tav. 20 – Bilancio di copertura dell'energia elettrica richiesta in Italia. Anni 2004-2009
(miliardi di kWh)*

RISORSE	2004	2005	2006	2007	2008	2009 (a)
Produzione lorda di energia elettrica (a)	296,2	296,8	307,6	308,2	313,5	285,7
- Rinnovabili	55,7	49,9	52,2	49,4	59,7	67,5
-- Idroelettrica (b)	42,8	36,1	37,0	32,8	41,6	47,5
-- Geotermoelettrica	5,4	5,3	5,5	5,6	5,5	5,4
-- Altre rinnovabili (c)	7,5	8,5	9,7	11,0	12,6	14,6
- Termoelettrica tradizionale	240,5	246,9	255,4	258,8	253,8	218,2
-- Carbone	45,5	43,6	44,2	44,1	43,1	39,0
-- Gas naturale	129,8	149,3	158,1	172,6	172,7	145,7
-- Prodotti petroliferi (d)	47,3	35,8	33,8	22,9	19,2	18,0
-- Altri combustibili (e)	17,9	18,2	19,3	19,2	18,8	15,5
Assorbimento per servizi ausiliari di centrale (f)	-13,3	-13,1	-12,9	-12,6	-12,0	-11,0
Perdite per pompaggio	-3,1	-2,5	-2,3	-2,0	-2,0	-1,5
saldo import-export	45,6	49,2	45,0	46,3	40,0	44,4
Energia elettrica richiesta (g)	325,4	330,4	337,4	339,9	339,5	317,6

Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico.

(a) Dati provvisori.

(b) Al netto degli apporti da pompaggio.

(c) Solare, eolico, rifiuti solidi urbani, colture e rifiuti agro-industriali, biogas.

(d) Olio combustibile, gasolio, distillati leggeri, coke di petrolio, orimulsion e gas residui di raffineria.

(e) Gas di cokeria, gas d'acciaieria, prodotti e calore di recupero, espansione di gas in pressione.

(f) A partire dal 1983 nella voce "assorbimenti per servizi ausiliari di centrale", in conformità alla metodologia adottata a livello internazionale, sono comprese le perdite relative ai trasformatori di centrali, in precedenza comprese nelle perdite di trasmissione e di distribuzione.

(g) L'energia elettrica richiesta sulla rete, pari ai consumi degli utilizzatori ultimi più le perdite di trasmissione e di distribuzione, corrisponde alla produzione netta disponibile (al netto cioè degli assorbimenti per servizi ausiliari e per pompaggi) più o meno il saldo fra importazioni ed esportazioni dall'estero.

Il fabbisogno elettrico complessivo è soddisfatto per il 90% dalla produzione nazionale di elettricità, effettuata in gran parte utilizzando i combustibili primari, e per il 13,9% dalle importazioni nette di energia elettrica prodotta all'estero, che nel 2009 sono aumentate dell'11% rispetto al 2008 (mentre nel 2008 erano diminuite del 13,6%).

Tra le varie fonti energetiche rinnovabili utilizzate nel settore elettrico, quella idrica ha la maggiore incidenza (70,4% sulla produzione totale da fonte rinnovabile), seguita dalle biomasse e dai rifiuti solidi urbani usati prevalentemente nelle centrali termoelettriche (11,5%), dalla fonte eolica e fotovoltaica (10,1%) e infine dalla geotermica (5,4%).

Per quanto riguarda la produzione termoelettrica tradizionale, si osserva un'incidenza sulla produzione lorda complessiva che passa dall'81,2% del 2004 al 76,4 percento del 2009, a vantaggio della quota di rinnovabili la cui incidenza sulla produzione complessiva passa dal 18,8% del 2004 al 23,6% del 2009. Tra i combustibili impiegati per la produzione termoelettrica si conferma il primato del gas naturale che, nel 2009, è pari al 66,7% della produzione termoelettrica complessiva (53,9% nel 2004). Si riduce, inoltre, la produzione termoelettrica da carbone (dal 18,9% del 2004 al 17,9% del 2009) e soprattutto quella da prodotti petroliferi, passata dal 16,0% nel 2004 al 6,3% nel 2009 (-9,7 punti percentuali).

Nella produzione complessiva di energia elettrica si è registrato un calo della produzione termoelettrica tradizionale, che passa dall'81,2% del 2004 al 76,4% del 2009, a vantaggio della quota di rinnovabili, la cui incidenza sulla produzione complessiva passa dal 18,8% del 2004 al 23,6% del 2009 (in questo caso il target europeo è fissato al 25,0% al 2010).

1.3.3 Usi finali di energia

La domanda energetica da parte degli utilizzatori finali (usi o consumi finali) ha mostrato un andamento crescente fino al 2005 e una riduzione nel periodo successivo, particolarmente rilevante dal 2007 al 2008 (-1,3%) e nel 2009 (-5,6%). Complessivamente gli usi finali di energia sono aumentati dell'8,7% nel periodo 2000-2005 e sono diminuiti del 9,2% negli anni 2005-2009.

L'analisi dei consumi energetici finali per fonte evidenzia, in generale, un andamento diversificato nel ricorso alle varie fonti energetiche (Tav. 21). In particolare, diminuisce nel 2008 (-3,4%) e nel 2009 (-5,5%) il ricorso ai prodotti petroliferi, che comunque continuano ad essere la fonte energetica predominante con un'incidenza sul consumo energetico complessivo di poco superiore al 47% (sia nel 2008 che nel 2009). Nel 2009 si osserva una riduzione del ricorso a tale fonte nel settore trasporti (-3,0%), nell'industria (-14,6%) e negli usi civili (-2,5%).

Nel 2009 sono aumentati gli impieghi di fonti rinnovabili (20,5% rispetto al 2008), mentre si sono ridotti i combustibili solidi (-49,7% nel 2009), la cui incidenza sul consumo totale è comunque inferiore al 2%. Il gas naturale è diminuito del 2,8%, con una flessione nel settore industriale (-15%) e un incremento nel settore degli usi civili (+4,6%).

Tav. 21 – Usi finali di energia per fonte. Anni 2000-2009, milioni di tonnellate equivalenti petrolio (tep)

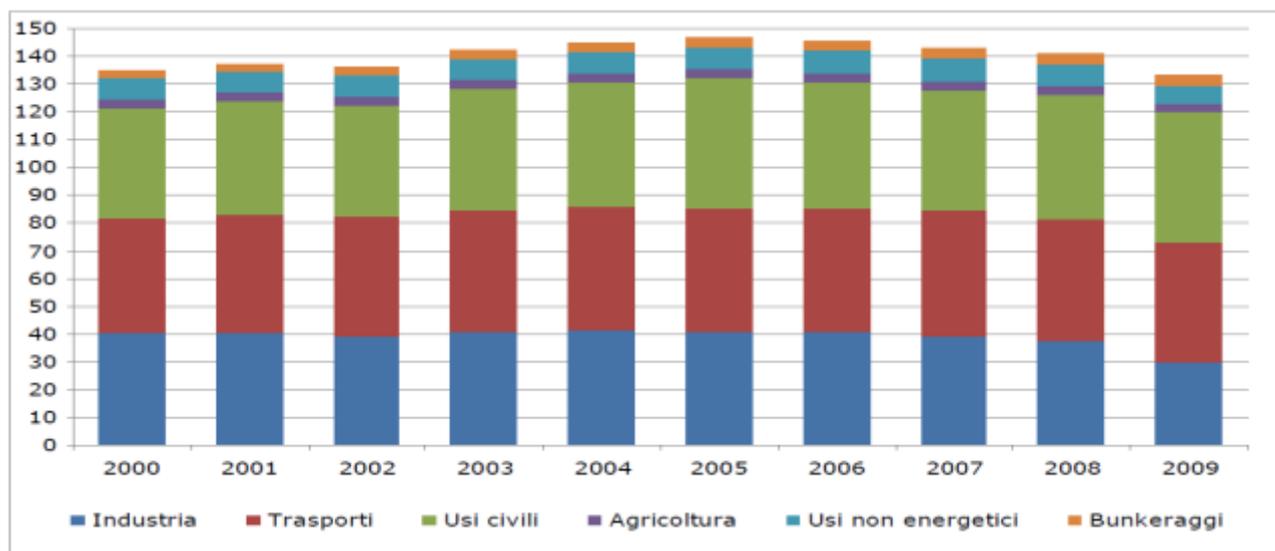
FONTI DI ENERGIA	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 (a)	Variazione %
											2009/2008
Combustibili solidi	4,2	4,2	3,6	4,2	4,4	4,6	4,6	4,5	4,1	2,1	-49,7
Gas naturale	38,9	39,8	39,0	42,2	43,3	45,1	42,8	40,2	40,5	39,4	-2,8
Petrolio	66,8	67,8	67,8	69,0	69,9	69,2	69,7	69,1	66,8	63,1	-5,5
Rinnovabili	1,5	1,7	1,5	1,9	2,0	1,8	2,0	2,5	3,1	3,7	20,5
Energia elettrica	23,5	23,9	24,3	25,1	25,4	25,9	26,5	26,6	26,6	24,9	-6,5
Totale	134,8	137,5	136,3	142,3	145,1	146,6	145,7	142,9	141,1	133,2	-5,6

Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico, Bilancio energetico nazionale, vari anni.

(a) Dati provvisori.

Tra i settori utilizzatori finali di energia, la quota più elevata (pari al 35,2%) nel 2009 è attribuita al settore degli usi civili (che include il settore domestico, il commercio, i servizi e la Pubblica Amministrazione); seguono il settore dei trasporti (32,2%) e quello industriale (22,6%). Complessivamente gli usi finali di energia sono aumentati dell'8,7% nel periodo 2000-2005 e sono diminuiti del 9,2% negli anni 2005-2009 (Tav. 22).

Tav. 22 – Usi finali di energia nei settori d'uso - Anni 2000-2009 (a), milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (tep)



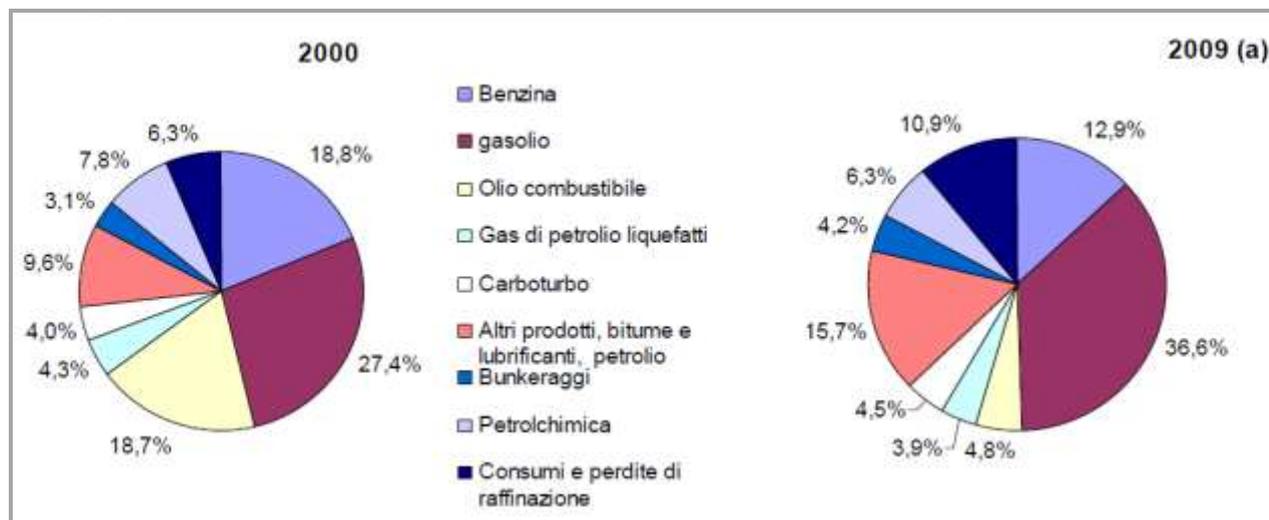
Fonte: Istat.

(a) Per l'anno 2009 i dati sono provvisori. L'attività di bunkeraggio consiste nel rifornimento dei prodotti petroliferi alle navi per i propri consumi (motori di propulsione e motori per la produzione di energia di bordo).

1.3.4 I consumi dei principali prodotti petroliferi

Nel 2009 l'incidenza dell'olio combustibile diminuisce di circa 14 punti rispetto al 2000 (Tav. 23), mentre aumenta di circa 13 punti percentuali l'incidenza del gasolio, i cui impieghi rappresentano oltre il 36% dei consumi di prodotti petroliferi (27,4% nel 2000).

Tav. 23 – Consumi dei principali prodotti petroliferi - Anni 2000, 2009 (a)



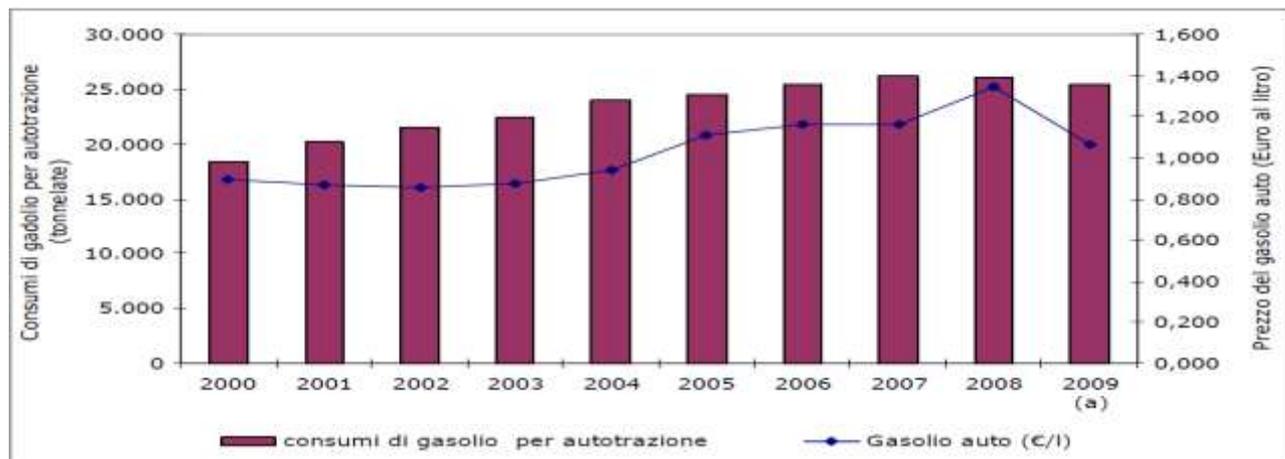
Fonte: Elaborazione su dati Ministero dello sviluppo economico – Bilancio energetico nazionale.

(a) Per l'anno 2009 i dati sono provvisori.

In particolare, tra i consumi finali di gasolio la quota predominante è rappresentata dal gasolio per autotrazione, che da sola copre nel 2009 il 33,9% dei consumi totali di prodotti petroliferi (20,5% nel 2000), mentre la quota di gasolio utilizzata per riscaldamento copre appena il 2% (4% nel 2000).

I consumi di gasolio per autotrazione sono aumentati in valore assoluto di oltre il 38% nel 2009 rispetto al 2000 nonostante l'incremento del prezzo del gasolio per auto del 19,7%. Il ricorso a questa fonte di alimentazione risulta essere particolarmente accentuato, a discapito di altre fonti, come la benzina, per la quale si osserva una diminuzione di circa il 40% dei consumi (-4,0 punti percentuali nel periodo considerato), in particolare quelli per autotrazione, che fanno registrare un decremento dal 2004 pari al 27% (Tav. 24).

Tav. 24 – Consumi di gasolio per autotrazione e prezzi del gasolio auto - Anni 2000, 2009



Fonte: Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico – Bilancio energetico nazionale.

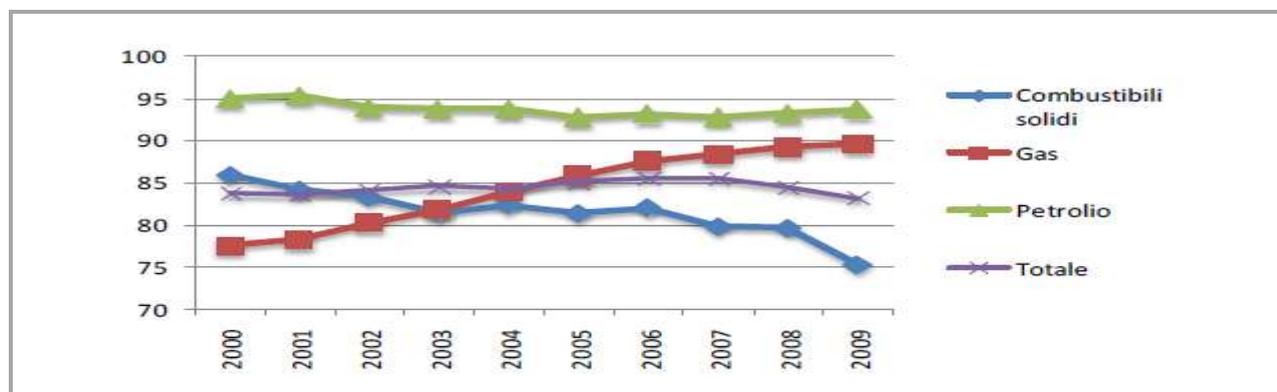
(a) Per l'anno 2009 i dati sono provvisori.

1.3.5 Dipendenza energetica e fattura energetica: aspetti strutturali delle importazioni di energia

La dipendenza del nostro sistema energetico nazionale dall'estero, da alcuni anni intorno all'85% (Ue-27, circa il 53%), si conferma sostanzialmente invariata negli ultimi anni (chiaro effetto della riduzione globale della domanda).

La Tav. 25 illustra la crescita della dipendenza dall'estero per il gas naturale a fronte di una sostanziale stabilità della dipendenza da petrolio: questa situazione origina sia dall'andamento complessivo della domanda per fonte che dagli andamenti della produzione nazionale (in netto calo per il gas naturale).

Tav. 25 – Dipendenza energetica, totale e per fonte, dell'Italia. Anni 2000-2009

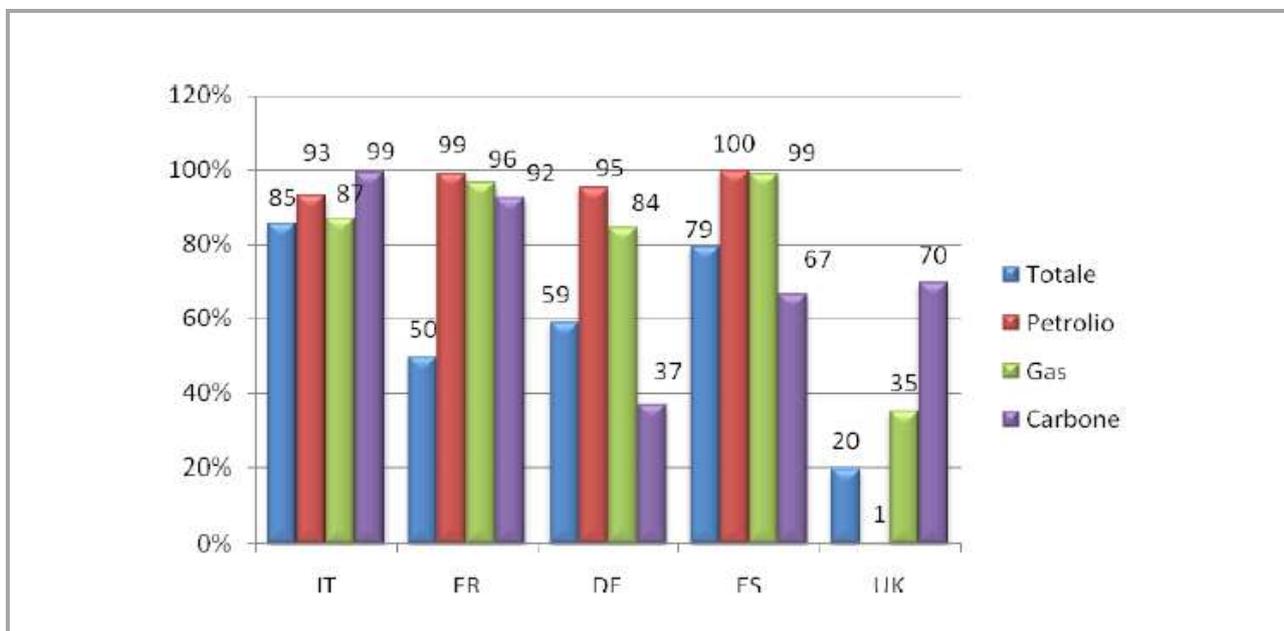


Fonte: elaborazione ENEA su dati MSE.

Un confronto tra l'Italia ed alcuni tra i principali Paesi Ue (Tav. 26), consente di notare che, a fronte di diversi livelli di dipendenza energetica totale, si mantiene costante la dipendenza dal petrolio (prossima al 100%) che il settore trasporti impone in tutti i Paesi che non si distinguono per una significativa produzione interna (unica eccezione in figura, il Regno Unito).

Da notare, caso italiano, una totale dipendenza anche per i combustibili solidi, in assenza di una significativa produzione interna: analoga all'italiana la situazione francese (in cui però il peso percentuale del carbone, sull'offerta di energia primaria, è significativamente inferiore).

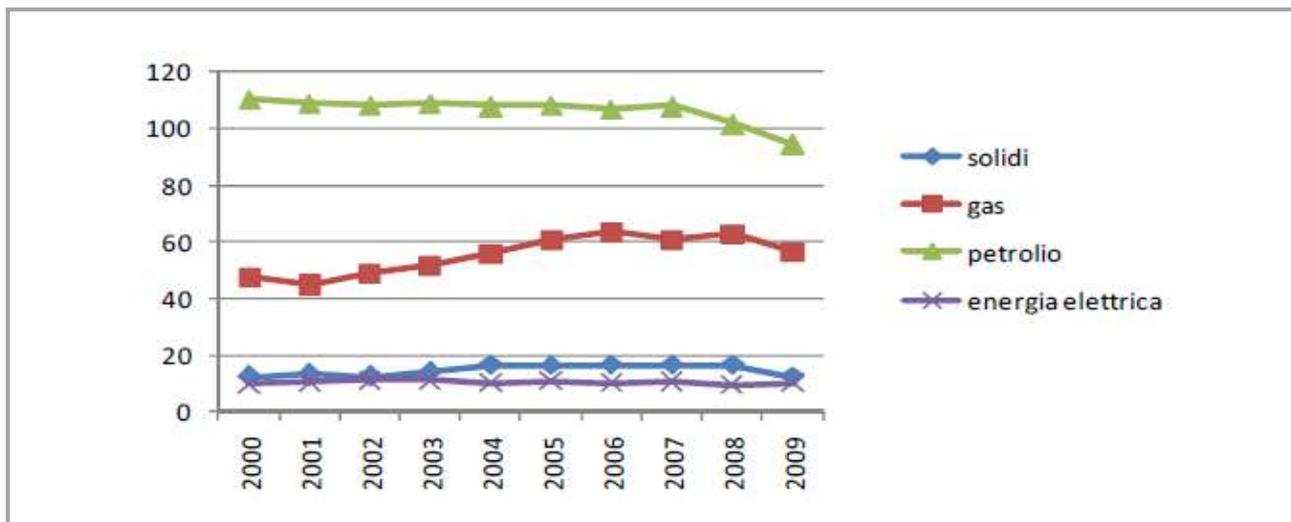
Tav. 26 – Italia e altri Paesi Ue, dipendenza energetica (totale, petrolio e gas). Anno 2007



Fonte: elaborazione ENEA su dati IEA.

L'analisi della composizione della disponibilità di energia primaria in Italia, evidenzia il ricorso sistematico alle importazioni di energia elettrica, che conserva un profilo storico costante, ben evidenziato nella Tav. 27. A fronte dei profondi cambiamenti verificatisi con riguardo alle dinamiche comparate delle fonti energetiche primarie più importanti (petrolio e gas naturale, il cui profilo storico dell'import segue, come prevedibile, quello esaminato per la dipendenza energetica), l'import elettrico si configura come stabile presenza nel panorama dell'approvvigionamento energetico nazionale.

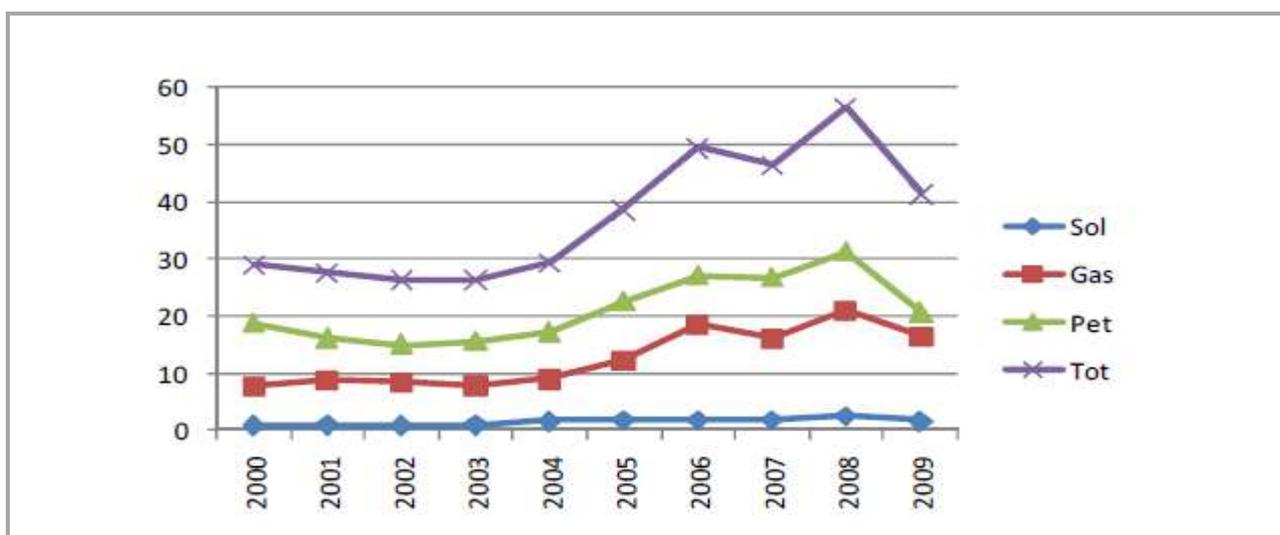
Tav. 27 – Importazioni di fonti energetiche in Italia. Anni 2000-2009 (dati in Mtep)



Fonte: elaborazione ENEA su dati MSE.

La fattura energetica complessiva (Tav. 28) crolla dal picco del 2008 (circa 57 miliardi di euro) ad un totale di 41,4 miliardi di euro nel 2009. La dinamica illustrata trova spiegazione nella forte riduzione delle importazioni di gas e petrolio (-10% e -7%, rispettivamente) e nella dinamica dei prezzi del greggio. Il prezzo del petrolio, espresso in euro al cambio euro/dollaro indicato nelle tabelle di fonte MiSE, risulta essere diminuito del 34%.

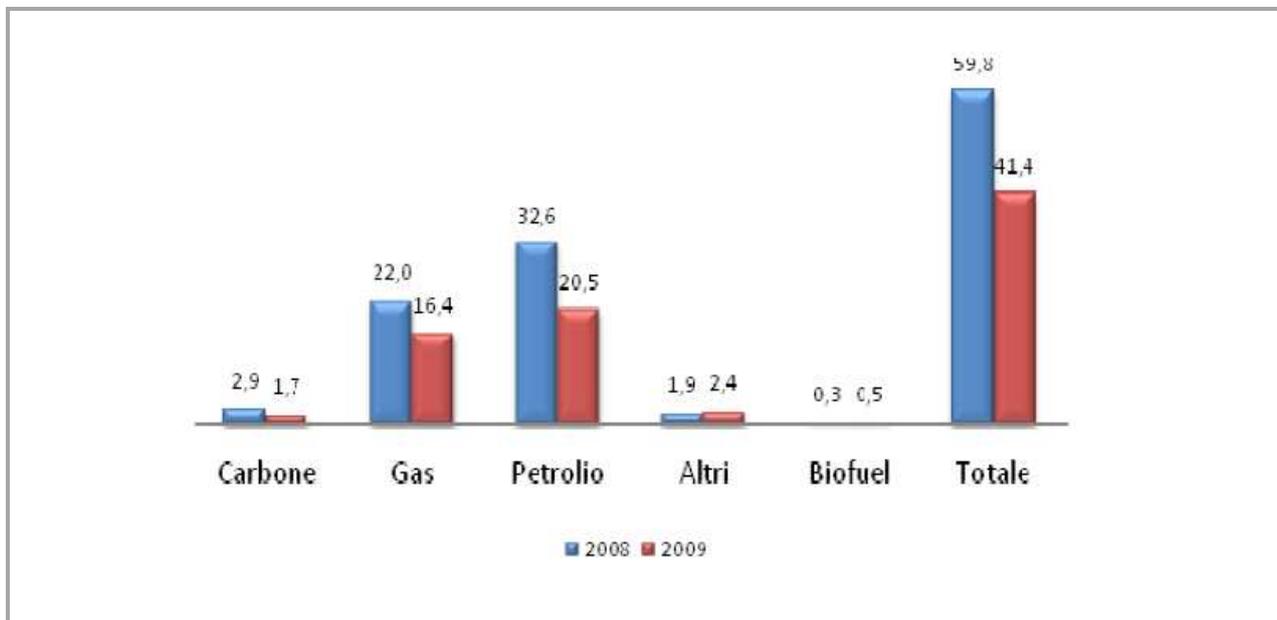
Tav. 28 – Fattura energetica italiana. Anni 2000-2009 (miliardi di euro)



Fonte: elaborazione ENEA su dati MSE e UP.

Nella Tav. 29 è interessante notare la presenza dei biocombustibili nella composizione strutturale della fattura; ancora poco rilevanti a livello assoluto, si registra tuttavia un incremento sostenuto della loro presenza rispetto all'anno precedente.

Tav. 29 – Fattura energetica, composizione per fonti. Anni 2008-2009 (miliardi di euro)



Fonte: elaborazione ENEA su dati UP.

1.4 Scenari di evoluzione della domanda di energia

1.4.1 Mondo

Le proiezioni IMF (*International Monetary Fund*) indicano un ruolo di traino delle economie emergenti per la ripresa dalla crisi economica, e della Cina in particolare: la crescita economica a livello mondiale sarà circa pari al 4% nel 2011, e circa del 6,5% per economie emergenti, con aumenti pari al 10% per la Cina. Secondo lo scenario tendenziale del *World Energy Outlook 2009*, la domanda di energia dovrebbe crescere del 40% tra il 2007 e il 2030, con il maggiore incremento nei Paesi non OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) e in particolare in Asia (aumento della loro quota nella domanda totale dal 52% al 63%). Queste proiezioni sono in linea anche con quelle EIA-DOE (*U.S. Energy Information Administration – Department of Energy*), secondo le quali l'aumento della domanda di energia primaria dovrebbe essere pari al 49% al 2035, con un 84% nei Paesi non OECD.

Lo scenario tendenziale del WEO 2009 indica che i combustibili fossili dovrebbero rimanere la fonte dominante per il soddisfacimento della domanda di energia primaria mondiale e ad essi potrebbe essere attribuita più dei tre quarti della crescita: il carbone presenterebbe la maggiore crescita in termini assoluti, mentre il petrolio rimarrebbe il combustibile più importante nel *mix* di energia primaria. Il 97% dell'aumento della domanda di petrolio deriverebbe dal settore trasporti, mentre il *driver* principale della domanda di carbone e gas naturale sarebbe rappresentato dalla generazione di elettricità, per la quale lo scenario tendenziale dell'IEA (*International Energy Agency*) prevede una crescita annuale pari al 2,5% fino al 2030, l'80% della quale dovrebbe avere luogo nei Paesi non OECD.

Appare qui di interesse menzionare il ruolo del nucleare nella generazione di elettricità, in quanto la sua espansione potrebbe diminuire la domanda di carbone e gas naturale, oltre ad avere un impatto sulle strategie per la sicurezza energetica e sulle politiche di riduzione delle emissioni. Secondo lo scenario tendenziale del WEO 2009 la generazione di elettricità da nucleare dovrebbe crescere del 35% dal 2007 al 2030. Si dovrebbero registrare aumenti soprattutto in Cina, Giappone, India e Usa, mentre nell'Unione europea il contributo del nucleare dovrebbe diminuire considerevolmente (dal 28% al 19% del totale).

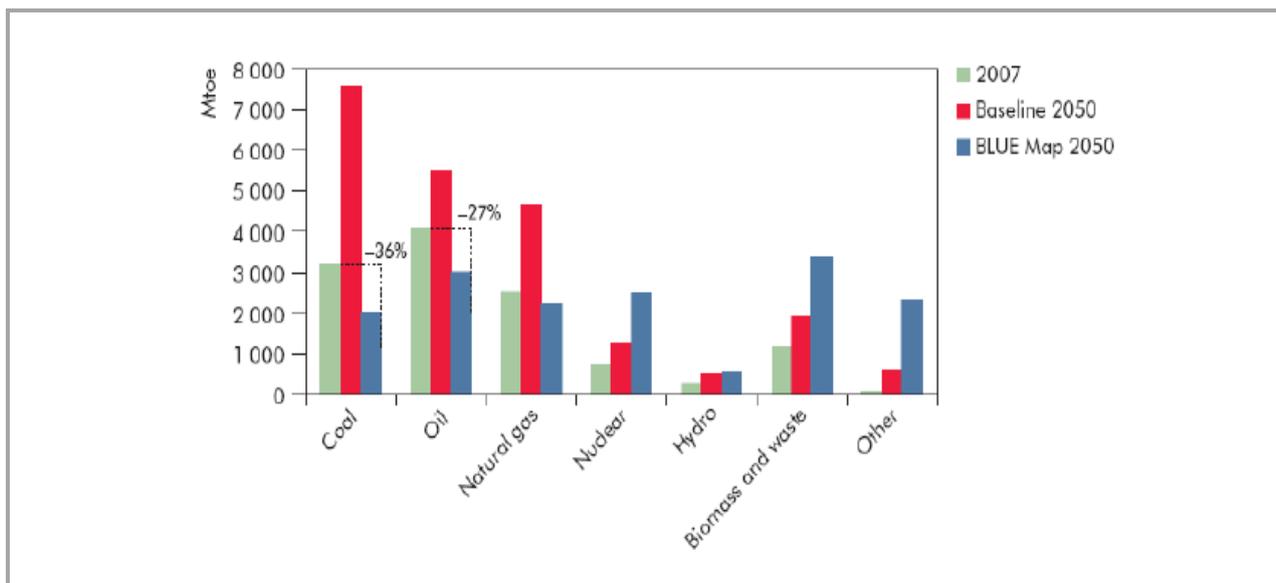
L'International Energy Outlook 2010 dell'EIA-DOE indica una diminuzione della quota del petrolio nel soddisfacimento della domanda di energia primaria, che passerebbe dal 35% nel 2007 al 30% nel 2035: gli elevati prezzi del petrolio confermano la sostituzione di questo combustibile con altri meno costosi rilevata anche dall'IEA, anche se essa non sarebbe estesa al settore trasporti dove – in assenza di significativi avanzamenti tecnologici – esso continuerebbe a rappresentare il combustibile prevalente²³.

Il recente documento dell'*International Energy Agency ETP 2010 (Energy Technology Perspectives 2010)* propone uno scenario tendenziale, denominato Baseline 2050, in linea con quello sviluppato nel WEO 2009, il cui orizzonte temporale risulta però esteso fino al 2050. Lo scenario tendenziale dell'ETP 2010 comporterebbe una crescita dell'offerta di energia primaria pari all'84% e un livello di emissioni nel 2050 doppio rispetto al livello nel 2007. Rispetto al 2007, la domanda di energia nel 2050 dovrebbe essere maggiore del 58% per quanto riguarda il petrolio, dell'85% per il gas e del 138% per il carbone (Tav. 30).

²³ Cfr. <http://205.254.135.24/forecasts/ieo/index.cfm>

Nello scenario tendenziale dell'IEA, l'energia elettrica risulterebbe la componente della domanda finale di energia con la crescita più rapida, che dovrebbe essere pari al 2% annuo a livello mondiale, con un tasso triplo nei Paesi non OECD rispetto a quelli OECD. Il 44% della generazione di elettricità dovrebbe avvenire utilizzando carbone, valore in aumento del 42% rispetto al livello del 2007, con un notevole contributo all'aumento delle emissioni.

Tav. 30 – Domanda di energia primaria per fonte e scenario



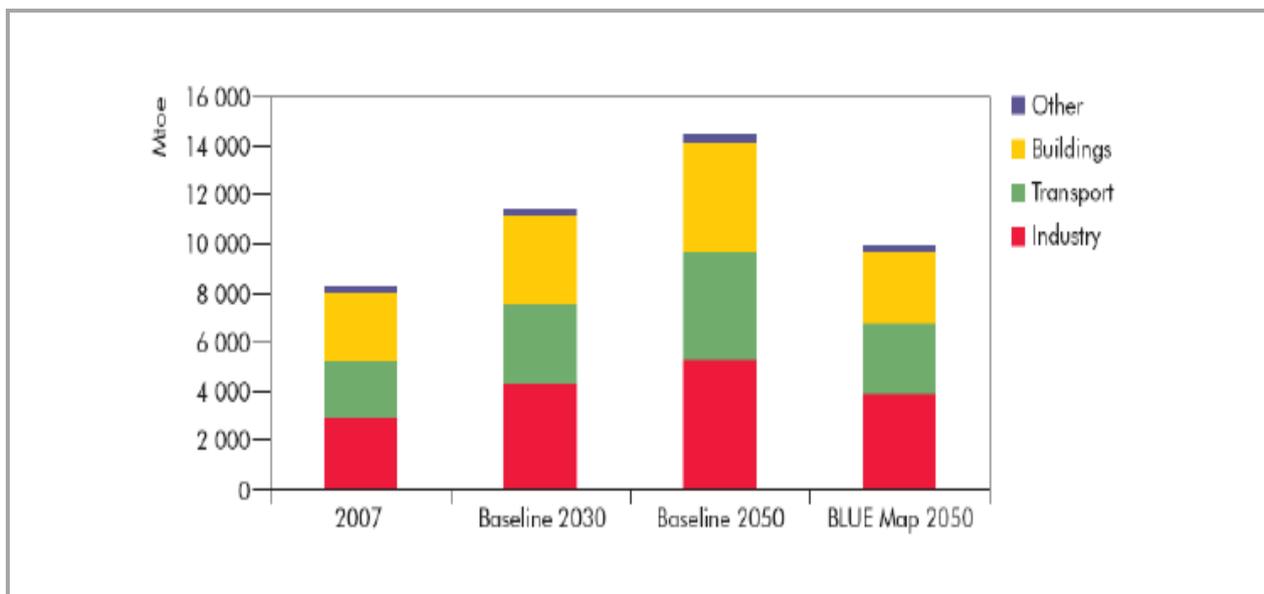
Fonte: IEA – ETP 2010.

Invece lo scenario di accelerazione tecnologica modellato nell'*Energy Technology Perspectives 2010*, denominato BLUE Map, ipotizza una riduzione del 50% delle emissioni globali di CO₂ legate al consumo di energia all'orizzonte 2050 (rispetto ai livelli del 2005) ed è ampiamente ottimistico rispetto allo sviluppo delle tecnologie energetiche a basso contenuto di carbonio, sia esistenti che nuove. Secondo lo scenario BLUE Map la domanda mondiale di combustibili fossili dovrebbe diminuire del 26% rispetto ai livelli del 2007, con una riduzione per petrolio e gas rispettivamente del 27% e 12% rispetto ai livelli del 2007, generando significativi benefici in termini di sicurezza degli approvvigionamenti.

Nello scenario BLUE Map, la domanda di elettricità risulterebbe inferiore del 13% rispetto allo scenario tendenziale dell'IEA, e la domanda di energia del settore della generazione elettrica al 2050 è quindi minore del 20%. Anche l'energia consumata dal settore di trasformazione dei combustibili sarebbe del 10% inferiore rispetto allo scenario tendenziale.

La domanda finale di energia dovrebbe essere inferiore del 31% rispetto allo scenario tendenziale, grazie ad una riduzione generalizzata dei consumi in tutti i settori di uso finale. Tuttavia la domanda di energia tra il 2007 e 2050 continuerebbe a crescere anche nello scenario BLUE Map, ad un tasso dello 0,4% annuo nei settori industria, residenziale e terziario, trasporti (Tav. 31).

Tav. 31 – Consumi finali di energia per settore



Fonte: IEA – ETP 2010.

Il documento dell'IEA "*Achieving Climate Stabilization in an insecure World: Does Renewable Energy Hold the Key?*", dedicato in modo specifico ad analisi di scenario sullo sviluppo delle fonti rinnovabili ²⁴, prospetta la possibilità di una transizione nel lungo termine del sistema energetico globale verso un modello di produzione e consumo dell'energia di tipo *low-carbon*.

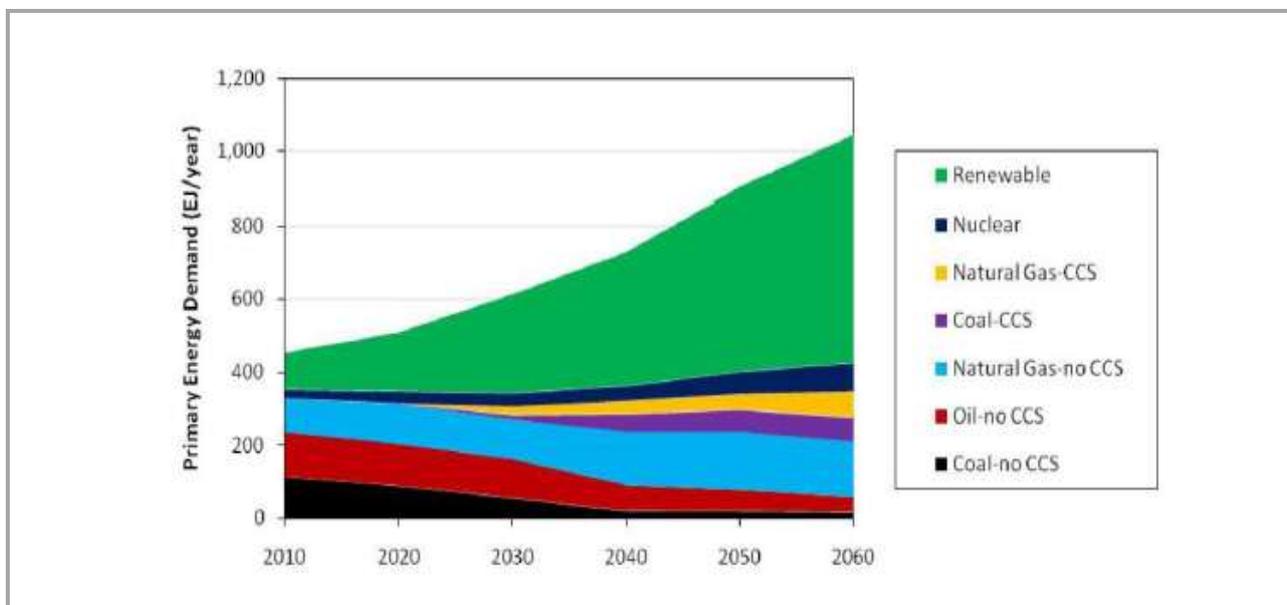
Affinché questa profonda trasformazione avvenga è necessario intervenire immediatamente per orientare il sistema verso un impiego sempre maggiore di tecnologie per le fonti rinnovabili e l'efficienza energetica. Nello scenario più aggressivo (RETD ACES ²⁵), coerente con il raggiungimento di una concentrazione in atmosfera di gas serra fino a 400 ppm di

²⁴ Cfr. *Achieving Climate Stabilization in an insecure World: Does Renewable Energy Hold the Key?* International Energy Agency - Renewable Energy Technology Deployment, 2010.

²⁵ Per maggiori approfondimenti sullo scenario più aggressivo, si consulti il sito web dell'IEA - *Renewable Energy Technology Development* al seguente link. <http://iea-retd.org>

CO₂-eq al 2100, si mostra come nel corso del decennio 2030-2040 le rinnovabili potrebbero arrivare a coprire oltre il 50% della domanda di energia primaria, diventando quindi la principale fonte di approvvigionamento energetico (Tav. 32).

Tav. 32 – Domanda di energia primaria nello scenario RETD ACES al 2060



Fonte: IEA – RETD.

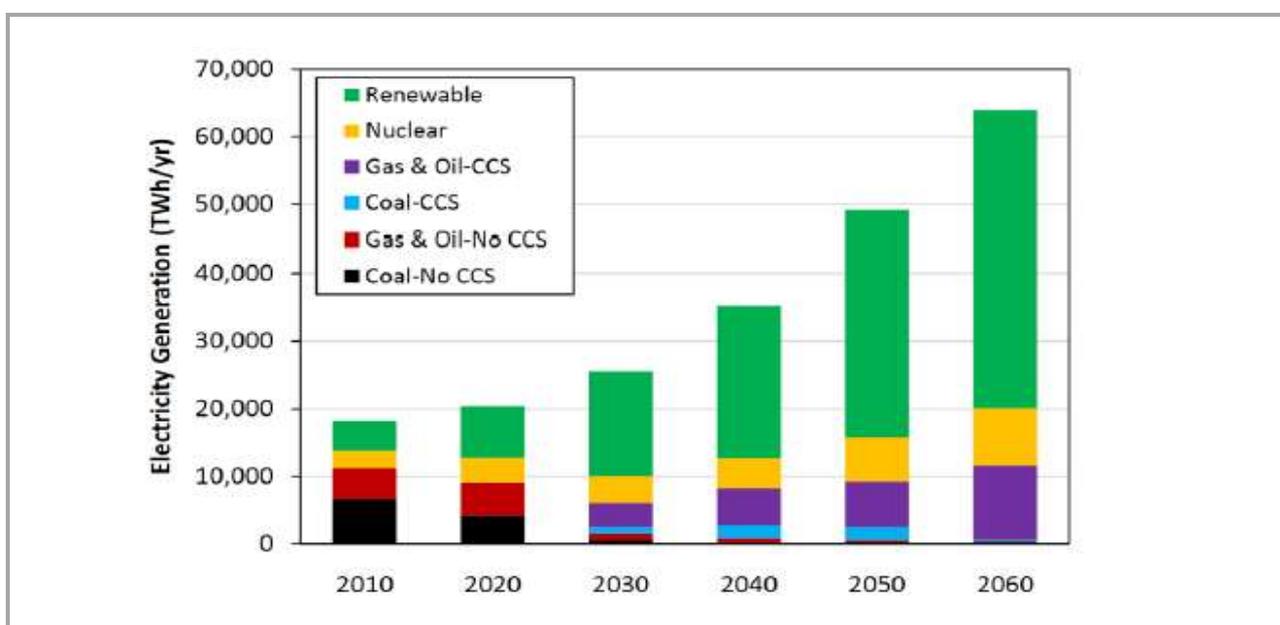
Nel settore elettrico, grazie soprattutto al contributo dell'eolico e delle biomasse, le rinnovabili avrebbero un ruolo predominante rispetto alle altre fonti prima del 2030 (Tav. 33) e in tale anno la quota di copertura dei consumi elettrici salirebbe a quota 61% dal 22% nel 2007. Dal 2030 in poi il settore elettrico si caratterizzerebbe per essere sostanzialmente "carbon negative" in quanto il mix energetico sarebbe principalmente composto da tecnologie per le rinnovabili, nucleare, biomasse con CCS (cattura e stoccaggio del carbonio emesso) e combustibili fossili con CCS.

L'evoluzione nello scenario RETD ACES porterebbe inoltre molti settori dell'economia a convertirsi all'uso di energia elettrica la cui domanda totale aumenterebbe del 2% all'anno fino al 2060. Gli sviluppi maggiori si manifesterebbero soprattutto nei settori eolico e fotovoltaico e la capacità complessivamente installata delle rinnovabili nel settore elettrico arriverebbe ad essere nel 2060 di quasi 16.000 GW, mentre quella nello scenario tendenziale arriverebbe solamente attorno al 40% di questo valore.

Nel 2060 consumi energetici totali nello scenario RETD ACES rimarrebbero inferiori del 22% rispetto all'evoluzione tendenziale grazie a interventi di efficienza energetica nella fase di trasformazione e consumo, prezzi più elevati dell'energia e introduzione delle tecnologie per la distribuzione "intelligente" di energia elettrica (*smart grid*).

Considerando inoltre che la transizione verso un sistema energetico *low-carbon* porterebbe con sé una serie di benefici aggiuntivi come creazione di posti di lavoro, aumento della sicurezza energetica, ridotti costi di adattamento ai cambiamenti climatici ecc., è possibile affermare che il valore complessivo in termini economici dei benefici addizionali, seppur di difficile quantificazione, sarebbe probabilmente superiore al costo addizionale che lo scenario di intervento richiede.

Tav. 33 – Produzione elettrica nello scenario RETD ACES al 2060



Fonte: IEA – RETD.

Le fonti rinnovabili avranno un ruolo centrale anche dal punto di vista della capacità di ridurre il livello di emissioni totali in atmosfera. Come mostrato infatti nelle analisi di scenario contenute nel *World Energy Outlook 2009* dell'IEA, nel 2030 attraverso una evoluzione del sistema energetico in linea con lo scenario di intervento (450 ppm) sarebbe possibile ottenere una riduzione complessiva delle emissioni di CO₂ da uso energetico di 13,8 Gt rispetto allo scenario di riferimento, di cui quasi il 60% per mezzo di interventi di efficienza energetica e il 20% grazie alle rinnovabili.

1.4.2 Europa

Secondo lo scenario tendenziale dell'*Energy Technology Perspectives 2010* l'offerta di energia primaria dei Paesi OECD europei²⁶ dovrebbe crescere ad un tasso annuale dello 0,1% dal 2007 al 2050. Assumendo i tassi storici di disaccoppiamento tra il Pil e l'uso di energia primaria, nel 2050 l'energia necessaria per unità di Pil diminuirebbe del 35% rispetto al 2007. I combustibili fossili avrebbero un ruolo pari al 75% dell'offerta di energia primaria nel 2050, leggermente minore del 79% del 2007. Il consumo di petrolio diminuirebbe del 19%, mentre quello del gas subirebbe un aumento del 38%, trainato dalla domanda per generazione di elettricità. Per quanto riguarda il contributo all'offerta di energia primaria del carbone e del nucleare essi dovrebbero diminuire, rispettivamente di circa 7 e 4 punti percentuale. Nello scenario BLUE Map, invece, i Paesi OECD europei dovrebbero ridurre le proprie emissioni di circa i $\frac{3}{4}$: poiché questo dovrebbe avvenire prevalentemente attraverso il ricorso alle fonti rinnovabili di energia, questo scenario comporterebbe rilevanti benefici anche dal lato della sicurezza energetica. L'offerta di energia primaria nel 2050 risulterebbe minore del 16% rispetto al 2007 e del 20% rispetto allo scenario tendenziale. In altri termini, lo scenario di accelerazione tecnologica produrrebbe un dimezzamento dell'uso di energia primaria per unità di Pil rispetto al 2007. I combustibili fossili peserebbero per il 40% nell'offerta di energia primaria, un contributo dimezzato rispetto al 2007. Anche rispetto allo scenario tendenziale al 2050, si osserva una diminuzione consistente dei consumi di gas e petrolio, con probabili ripercussioni positive sulla dipendenza energetica europea. Il contributo del nucleare nell'offerta di energia primaria sarebbe pari al 21%.

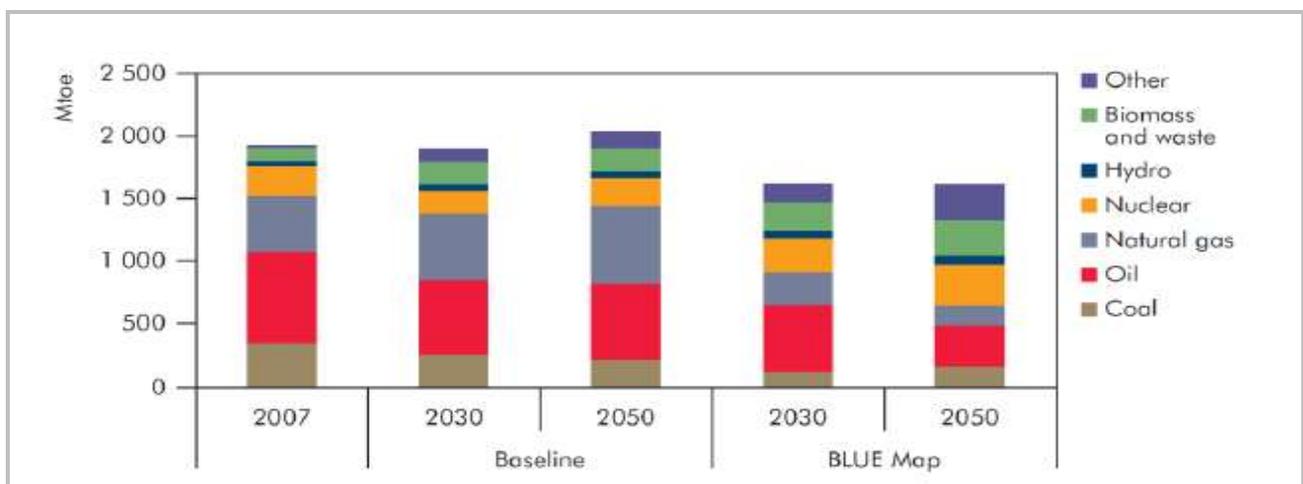
La domanda totale di energia elettrica aumenterebbe del 57% nello scenario tendenziale dell'*Energy Technology Perspectives 2010*, tuttavia, il contributo dei combustibili fossili diminuirebbe dal 54% nel 2007 al 44% nel 2050. Confrontando l'Europa (OECD) con altre regioni prese in esame nell'ETP 2010, è evidente come il proseguimento dell'ETS dopo il 2012 continuerebbe a costituire un vincolo relativamente all'uso dei combustibili fossili. Il contributo del nucleare subirebbe a sua volta una diminuzione, dal 26% nel 2007 al 17% nel 2050. Chiaramente le tendenze in diminuzione fin qui delineate sono accompagnate da un aumento del contributo delle fonti rinnovabili, le quali giocherebbero un ruolo fondamentale nello scenario tendenziale e ancor di più nello scenario di accelerazione tecnologica. Secondo lo scenario BLUE Map, invece, la domanda totale di energia elettrica do-

²⁶ Dal punto di vista geografico, i Paesi OECD europei comprendono tutti gli Stati membri dell'Unione europea più Islanda, Norvegia, Svizzera e Turchia.

vrebbe aumentare del 19% tra il 2007 e 2050. Il contributo dell'energia elettrica all'offerta di energia primaria aumenterebbe dal 19% nel 2007 fino al 27% nel 2050, trainata in particolare dagli usi finali nei settori residenziale e terziario e trasporti (rispettivamente pompe di calore e veicoli elettrici), essenziali per il raggiungimento della riduzione delle emissioni prevista dallo scenario BLUE Map. Il settore elettrico dovrebbe risultare quasi completamente decarbonizzato nel 2050: gli impianti con CCS da carbone, gas o biomassa costituirebbero il 19% della capacità e la generazione da combustibili fossili senza CCS dovrebbe essere praticamente abbandonata, per quanto riguarda gli impianti a carbone, anche prima della fine della loro vita utile.

Il forte sviluppo delle fonti rinnovabili avvenuto in Europa nell'ultimo decennio è stato favorito dai diversi sistemi di incentivazione adottati nei vari Paesi e dalla politica dell'Unione europea in materia di fonti rinnovabili che, attraverso la recente approvazione del pacchetto clima-energia (20-20-20), ha fissato per ogni Stato membro obiettivi vincolanti al 2020. Con riferimento al ruolo delle rinnovabili negli scenari considerati dal punto di vista della copertura del fabbisogno energetico e abbattimento delle emissioni di CO₂ nei Paesi OECD europei, emergono importanti differenze tra il caso base e quello di accelerazione tecnologica. Nell'anno di riferimento, il 2007, la quota di offerta di energia primaria coperta attraverso le rinnovabili corrisponde al 9% del totale. L'evoluzione tendenziale delineata nello scenario Baseline porterebbe invece nel 2050 questa quota a circa il doppio (18%) mentre lo scenario BLUE Map, grazie all'introduzione accelerata di tecnologie, consentirebbe di raggiungere un valore circa cinque volte più grande e pari al 40% dell'offerta totale di energia (Tav. 34).

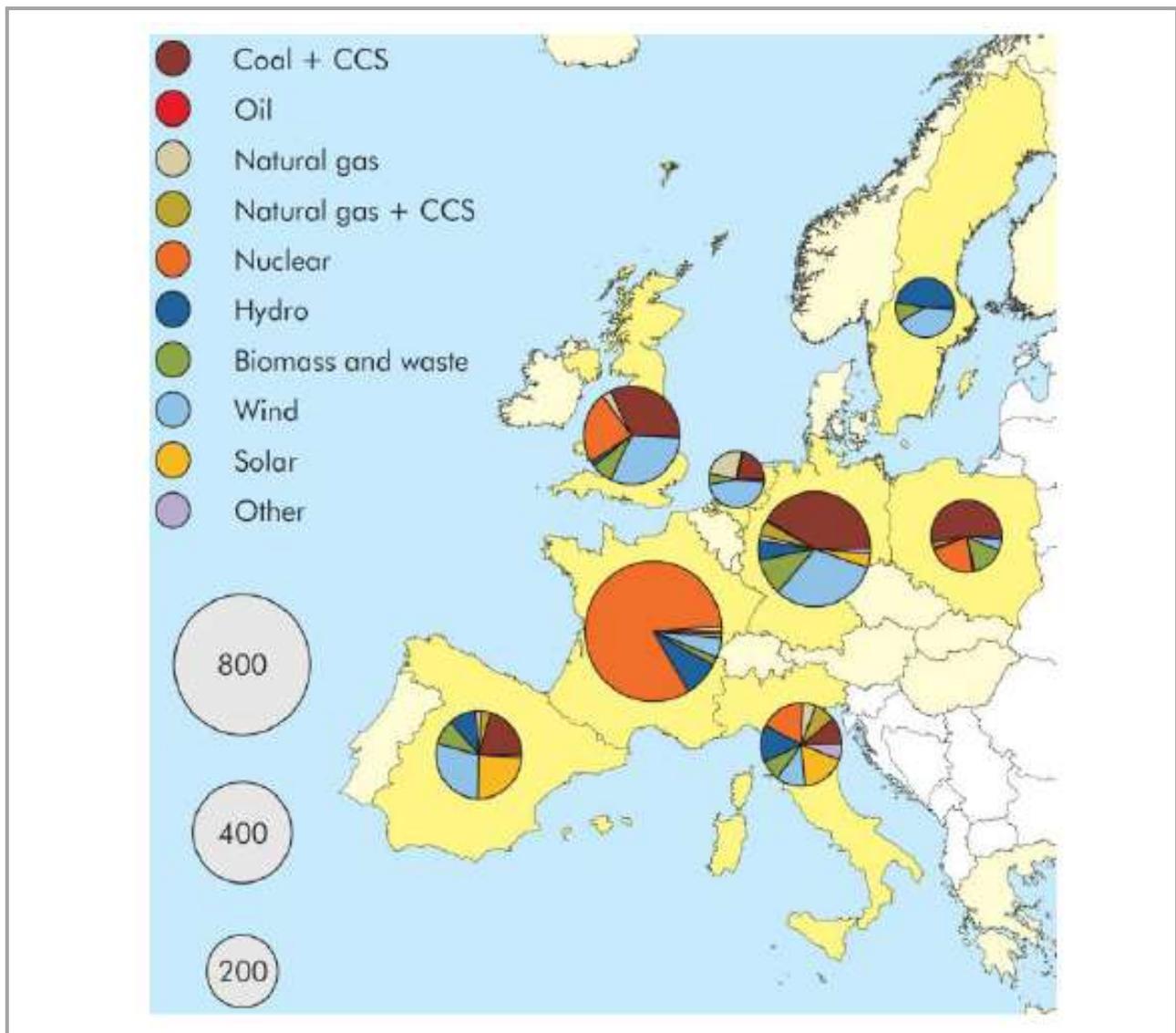
Tav. 34 – Offerta totale di energia primaria per fonte in Europa (OECD)



Fonte: IEA – ETP 2010.

Nel settore elettrico il peso delle fonti rinnovabili sulla produzione di energia elettrica totale crescerebbe dal 20% nel 2007 al 40% nel 2050 nello scenario Baseline e quasi triplicherebbe invece in quello BLUE Map (55%). In quest'ultimo scenario il settore elettrico, seppur con evidenti differenze da Paese a Paese nel *mix* di fonti utilizzate, risulta complessivamente dominato da tecnologie *low-carbon*. In Italia, ad esempio, si arriverebbe nel 2050 a una copertura del fabbisogno elettrico tramite rinnovabili del 60%, prevalentemente grazie, tra le “nuove” tecnologie, ad eolico e solare (Tav. 35).

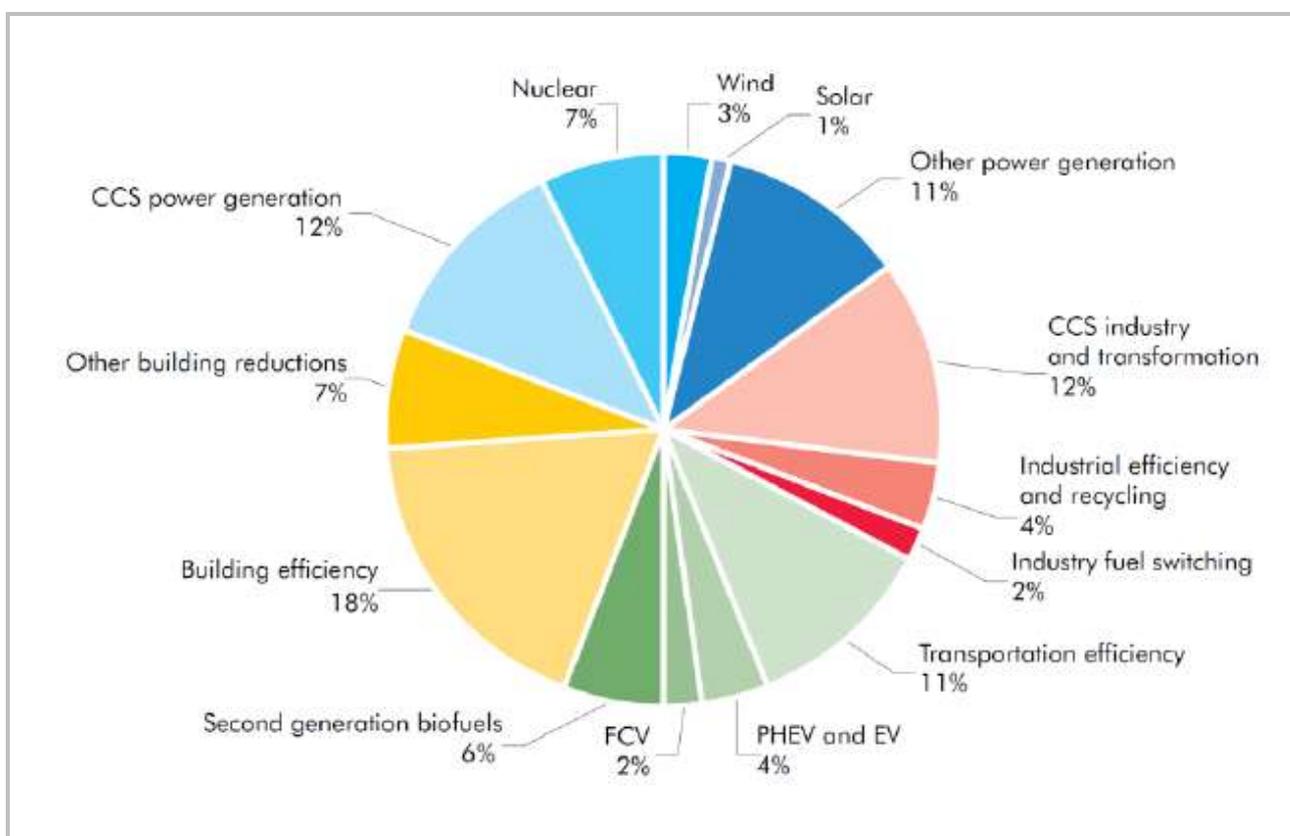
Tav. 35 – Produzione elettrica per fonte nei principali Paesi europei al 2050 nello scenario BLUE Map



Fonte: IEA – ETP 2010.

Il contributo delle rinnovabili alla riduzione totale delle emissioni (2,9 Gt) nel 2050 che si determinerebbe nello scenario di accelerazione tecnologica rispetto al caso tendenziale sarebbe del 21%, dopo quelli derivanti dall'efficienza negli usi finali dei combustibili e dell'elettricità e dalla tecnologia CCS, pari rispettivamente al 33% e al 24%. Nello scenario BLUE Map il contributo alla riduzione delle emissioni sarebbe chiaramente differenziato a seconda del settore e della tecnologia. I settori di consumo finale contribuiscono al 66% della riduzione, i trasporti al 23%, residenziale e terziario al 25%, industria e CCS nella trasformazione al 18% e il settore elettrico al 34% (Tav. 36).

Tav. 36 – Riduzione delle emissioni di CO₂ per tecnologia nello scenario BLUE Map in Europa (OECD) al 2050



Fonte: IEA – ETP 2010.

2

Produzione, trasporto e consumo di energia per le Forze Armate

SOMMARIO: 2.1 Il concetto di “energia” – 2.2 Le fonti di energia – 2.3 Produzione, trasporto e consumo di energia – 2.3.1 La filiera dell’energia elettrica – 2.3.2 La filiera del gas naturale – 2.3.3 La filiera del petrolio greggio – 2.4 Produzione, trasporto e consumo di energia delle Forze Armate – 2.5 Requisiti di energia per il soldato – 2.6 Requisiti delle fonti di energia per le basi militari e le installazioni – 2.7 Requisiti dei combustibili per i veicoli militari – 2.8 Usi militari di energia – 2.9 Riduzione dei consumi di energia delle Forze Armate.

Le Forze Armate sono uno dei più grandi consumatori di energia del nostro Paese e non solo. In particolare, le Forze Armate hanno bisogno di notevoli quantità di petrolio e di gas naturale. Dal quadro del sistema energetico, prospettato nel precedente capitolo, emerge chiaramente l’importanza della questione energetica e delle sue molteplici sfaccettature. D’altronde la sicurezza energetica riveste un’importanza chiave anche nella definizione delle strategie di geopolitica energetica – che verranno affrontate nel capitolo 7 – condizionate dalla necessità di investire in Paesi politicamente instabili, in particolare in relazione al settore petrolifero.

L’aumento dei costi energetici sta diventando un problema via via più sentito dalle Forze Armate di tutto il mondo. Secondo il *2010 Quadrennial Defense Review*²⁷ del Dipartimento della Difesa americano l’energia giocherà un ruolo significativo nel “plasmare il futuro contesto di sicurezza nazionale”.

In questo quadro, uno degli obiettivi primari delle Forze Armate nei prossimi anni è quello di ridurre i consumi energetici ed aumentare la propria autosufficienza energetica. Bisogna quindi puntare su miglioramenti tecnologici, creatività ed azione amministrativa per ridurre la spesa energetica delle Forze Armate.

²⁷ Documento consultabile al seguente link: <http://www.defense.gov/qdr>

Prima di analizzare le esigenze energetiche delle Forze Armate, si ritiene opportuno descrivere brevemente il concetto di energia, le fonti di energia e il processo di produzione, trasporto e consumo delle energie più utilizzate dall'uomo, quali l'energia elettrica, il gas naturale e il petrolio.

2.1 Il concetto di “energia”²⁸

Nella fisica classica l'energia è definita come la capacità di un corpo o di un sistema di compiere lavoro e la misura di questo lavoro è a sua volta la misura dell'energia. Dal punto di vista strettamente termodinamico l'energia è definita come tutto ciò che può essere trasformato in calore a bassa temperatura.

La scienza, pur osservandone e calcolandone gli effetti, non ha ancora spiegato cosa sia l'energia. Richard Feynman (Premio Nobel per la fisica nel 1965), affermava: “È importante comprendere che nella fisica non abbiamo nessuna idea di che cosa sia l'energia...” [1] L'energia è una proprietà intrinseca e misurabile della materia in quanto inerente alla stessa esistenza fisica dei corpi. Per ogni corpo fisico vi è una quantità astratta chiamata energia che possiamo calcolare, e che rimane sempre costante, indipendentemente dal numero di cambiamenti che esso attraversa. A prescindere dalle trasformazioni subite da un corpo l'energia viene sempre conservata.

Il concetto di energia nasce, nella meccanica classica, dall'osservazione sperimentale che la capacità di un sistema fisico di sviluppare una forza decade quando il sistema stesso stabilisce un'interazione con uno o più sistemi mediante la stessa forza. In questo senso *l'energia può essere definita come una grandezza fisica posseduta dal sistema che può venire “consumata” per generare una forza.*

Dal momento che l'energia posseduta da un sistema può essere utilizzata dal sistema stesso per produrre più tipi di forze, si definisce una seconda grandezza, *il lavoro appunto, che definisce il consumo di energia in relazione al processo fisico mediante il quale la forza è stata generata.*

²⁸ Cfr. Wikipedia, l'enciclopedia libera. Link: <http://it.wikipedia.org/wiki/Energia>

L'energia esiste in varie forme, ognuna delle quali possiede una propria equazione dell'energia. Le principali forme di energia (non tutte fondamentali) sono:

- Energia meccanica, definita come somma di energia potenziale e energia cinetica;
- Energia chimica;
- Energia biologica;
- Energia elettrica;
- Energia elettromagnetica;
- Energia luminosa o radiante;
- Energia termica;
- Energia nucleare.

Tali forme di energia possono essere trasformate l'una nell'altra, ma ogni volta che avviene tale trasformazione una parte di energia (più o meno consistente) viene inevitabilmente trasformata in energia termica (cioè si produce calore); si parla in questo caso di "effetti dissipativi".

2.2 Le fonti di energia ²⁹

Le fonti energetiche o fonti di energia, rappresentano le sorgenti di energia a disposizione dell'umanità che possono essere utilizzate per eseguire un lavoro, produrre calore e comunque ottenere una utilità.

La prima classificazione che deve essere fatta per le fonti di energia è tra le fonti di energia primarie e secondarie. Una fonte di energia viene definita *primaria* quando è presente in natura e quindi non deriva dalla trasformazione di nessuna altra forma di energia. Rientrano in questa classificazione sia fonti rinnovabili (quali ad esempio l'energia solare, eolica, idroelettrica, geotermica, l'energia delle biomasse) che fonti esauribili, come i combustibili direttamente utilizzabili (petrolio grezzo, carbone, gas naturale) o l'energia nucleare. Queste ultime sono anche le fonti di energia più sfruttate attualmente. Le fonti di energia *secondaria*, che sono fonti di energia non direttamente presenti in natura, sono piuttosto fonti di energia derivate dalle fonti primarie.

²⁹ Cfr. Wikipedia, l'enciclopedia libera. Link: http://it.wikipedia.org/wiki/Fonti_di_energia

Le fonti secondarie di energia possono quindi essere utilizzate solo a valle di una trasformazione di energia primaria (come la benzina, a valle di una raffinazione chimica, o l'energia elettrica o l'idrogeno) e non possono essere considerate una risorsa naturale.

Un'altra classificazione importante è quella tra *fonti esauribili o non rinnovabili*, oggi essenzialmente i combustibili fossili (petrolio, carbone, gas naturale) e nucleari (uranio); e *fonti non esauribili o rinnovabili*, al presente essenzialmente le biomasse (ovvero legna da ardere), l'energia idroelettrica con un minore contributo dovuto all'energia eolica, geotermica e solare. Le energie rinnovabili a loro volta possono essere distinte in rinnovabili classiche, ovvero le biomasse, idroelettrico e il geotermico, già da tempo sotto sfruttamento; e le non convenzionali, ovvero l'eolico e il solare, sulle quali si concentrano i maggiori e più recenti sforzi di sviluppo.

Per ogni fonte energetica è importante considerare tre aspetti fondamentali, che tra l'altro sono anche quelli che guidano dal punto di vista politico la scelta di una strategia di approvvigionamento energetico: la disponibilità, i costi e la protezione dell'ambiente.

Le fonti energetiche attualmente più utilizzate sono le fonti non rinnovabili, tra cui dobbiamo distinguere in particolare i combustibili fossili come petrolio, carbone e gas naturale, dai combustibili nucleari come l'uranio. La disponibilità di queste fonti è attualmente ancora abbastanza elevata e di conseguenza il costo relativamente basso. Tuttavia, per definizione stessa di energia non rinnovabile, esse sono associate a delle riserve finite, non inesauribili, l'utilizzo delle quali rispetto al consumo attuale di energia e al trend di crescita fornisce inquietanti preoccupazioni riguardo alla loro disponibilità futura, e di conseguenza alla crescita del loro prezzo sul mercato negli anni a venire.

2.3 Produzione, trasporto e consumo di energia

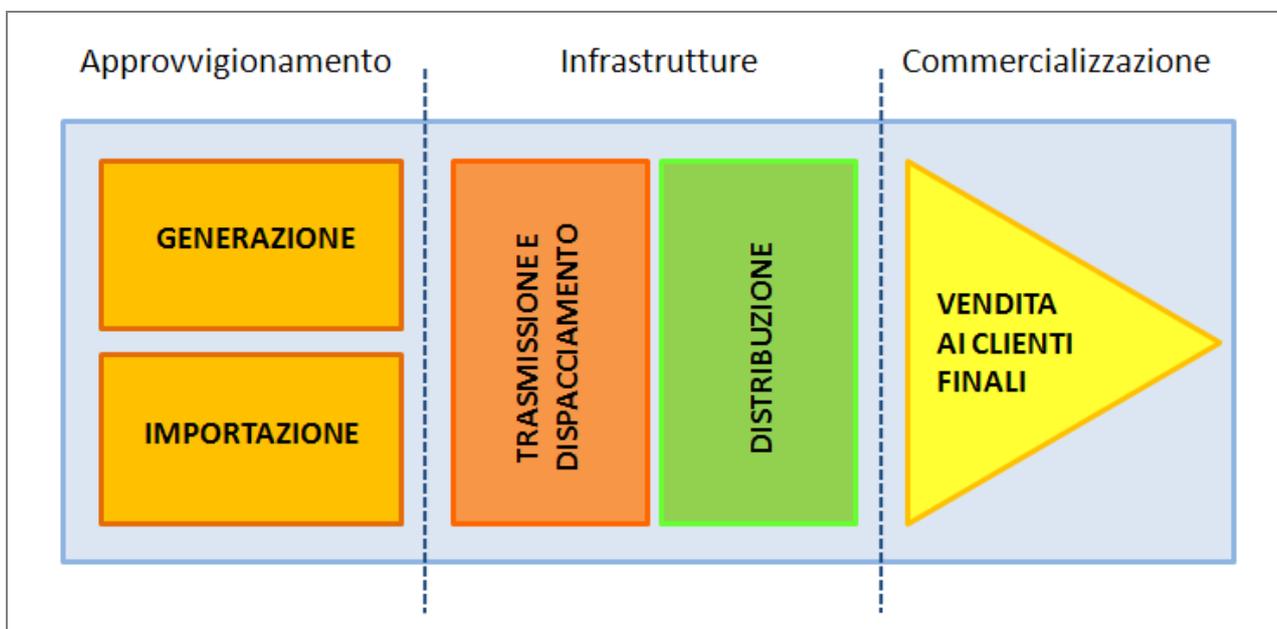
L'energia, per essere consumata dagli utenti finali, va estratta (se è una risorsa naturale come petrolio grezzo, carbone e gas naturale) o prodotta (se è una energia secondaria come l'energia elettrica) e poi va trasportata fino al punto di utilizzo, se non è prodotta in

loco. A titolo esemplificativo vengono di seguito descritte la filiera³⁰ dell'energia elettrica e quella del gas naturale.

2.3.1 La filiera dell'energia elettrica

La filiera dell'energia elettrica può essere divisa in cinque fasi produttive, logicamente distinte, che possono costituire altrettante aree d'affari: generazione, dispacciamento e bilanciamento, trasmissione all'ingrosso (linee ad alta tensione), distribuzione su scala locale (media e bassa tensione) e vendita al consumatore finale (allacciamento delle utenze e gestione dei rapporti con la clientela)³¹, come illustra la Tav. 37.

Tav. 37 – La filiera elettrica



Fonte: DEZI L. et al., 2005.

La fase della *generazione* consiste nella produzione di energia elettrica ad alta tensione mediante la trasformazione di fonti primarie. Gli impianti termoelettrici impiegano combustibili fossili (olio combustibile, gas naturale, carbone) o nucleari; quelli idroelettrici trasfor-

³⁰ Con filiera (agro-alimentare, industriale, tecnologica) si intende, in senso lato, l'insieme articolato (anche detto "rete" o "sistema") che comprende le principali attività (ed i loro principali flussi materiali e informativi), le tecnologie, le risorse e le organizzazioni che concorrono alla creazione, trasformazione, distribuzione, commercializzazione e fornitura di un prodotto finito; in senso più stretto, si intende l'insieme delle aziende che concorrono alla catena di fornitura di un dato prodotto.

³¹ Sul punto si vedano, tra gli altri, LANZA S., SILVA F. (2006), *I servizi pubblici in Italia: il settore elettrico*, Il Mulino, Bologna.

mano l'energia cinetica incorporata nell'acqua che attraversa dislivelli; inoltre si sta espandendo, anche per effetto di politiche di incentivazione finalizzate alla protezione dell'ambiente, la produzione di energia elettrica da impianti che utilizzano fonti rinnovabili, come l'energia eolica, quella solare e quella ottenibile dalla combustione dei rifiuti. La scala di produzione ottimale degli impianti varia a seconda della fonte energetica considerata, ma resta in genere piuttosto ridotta rispetto alla domanda complessiva di energia elettrica. Peculiari di questa industria sono le fluttuazioni della domanda energetica sia nel corso di una giornata sia a livello stagionale: per questo motivo una costante dei sistemi di generazione è il significativo eccesso di capacità produttiva, giustificato dall'estrema indesiderabilità di giungere al razionamento della domanda. Ai fini della minimizzazione del costo totale di generazione è, quindi, ottimale l'utilizzo di impianti con diverse tecnologie, che sono caratterizzati da un diverso rapporto tra costi fissi e variabili, questi ultimi determinati sostanzialmente dai combustibili impiegati³². Dato il profilo del carico, il parco di generazione ottimale comprende impianti a basso rapporto tra costi variabili e costi fissi, attivati per il più elevato possibile numero di ore all'anno a copertura della domanda di base, e impianti ad elevato rapporto tra costi variabili e costi fissi, attivati per un numero ridotto di ore per anno a copertura dei picchi di domanda.

Il *dispacciamento* rappresenta l'anello di congiunzione tra la generazione e la trasmissione e consiste nella determinazione istante per istante dell'insieme di impianti di generazione che devono immettere energia elettrica nella rete. La sua funzione è garantire il bilanciamento continuo tra la domanda proveniente dalla rete e l'offerta: è infatti caratteristica fondamentale dell'energia elettrica quella di non essere quasi per nulla stoccabile. La non stoccabilità, congiuntamente alla variabilità della domanda, assegna un ruolo cruciale al dispacciamento nel buon funzionamento di un sistema elettrico.

La *trasmissione* è il servizio di trasporto dell'elettricità dal generatore fino ai nodi periferici prossimi all'utenza finale, attraverso una rete di cavi ad alta tensione che copre l'intero territorio nazionale, ed ha le caratteristiche di un monopolio naturale a livello nazionale. Una volta immessa sulla rete, l'energia si distribuisce secondo regole fisiche non controllabili: il rapporto tra generatore e utente finale è pertanto del tutto anonimo, nel senso che non è possibile stabilire da dove provenga l'energia elettrica assorbita in un certo punto della re-

³² La diffusione della tecnologia delle turbine a gas a ciclo combinato sta modificando sensibilmente la struttura dei costi della generazione termoelettrica. Questo tipo di impianto presenta infatti una scala ottimale minima sensibilmente inferiore a quella dei tradizionali impianti termoelettrici a condensazione, tempi e costi di installazione contenuti e rendimenti tali da renderne economico l'utilizzo come impianti di base.

te. Inoltre, lungo la rete hanno luogo delle perdite di energia poiché l'energia elettrica immessa nella rete si disperde parzialmente a causa dell'imperfezione dei conduttori e tali perdite sono direttamente proporzionali alla distanza che intercorre tra gestore ed utente. Quindi si può ridurre la dispersione di energia attraverso l'immissione di nuova elettricità in un luogo prossimo all'utenza finale, riducendo in tal modo la distanza media percorsa dall'energia.

La *distribuzione* è una fase intimamente connessa alla trasmissione perché la sua funzione è trasportare l'energia della rete ad alta tensione all'utenza finale. Questo collegamento richiede la trasformazione della tensione dell'energia, che si configura come monopolio naturale di ambito locale, in quanto il frazionamento del territorio può essere effettuato senza particolari controindicazioni di natura tecnica.

La *vendita* di energia elettrica è una attività sostanzialmente commerciale, consistente nell'offerta agli utenti finali del servizio elettrico. Ciò comporta la definizione di opzioni tariffarie rivolte alle diverse tipologie di utenti; l'assunzione di responsabilità nei confronti dell'utente circa la disponibilità di energia elettrica nei tempi e alle condizioni prestabilite; la misurazione della grandezza oggetto del contratto; la fatturazione e le attività commerciali connesse. È una fase logicamente distinta dalla distribuzione, che può essere svolta da un'impresa specializzata in attività di intermediazione, i cosiddetti *traders* di energia.

Le consuete nozioni di efficienza applicate alla generazione di energia elettrica consentono di mettere in evidenza specifiche esigenze di coordinamento. L'efficienza di breve periodo è ottenuta con il dispacciamento degli impianti in modo da minimizzare, dato il parco di generazione, i costi variabili totali di produzione istante per istante. L'efficienza di lungo periodo richiede l'adeguatezza al soddisfacimento della domanda – per tecnologia, tipo di combustibile utilizzato e dimensione del parco di generazione – al costo minimo totale.

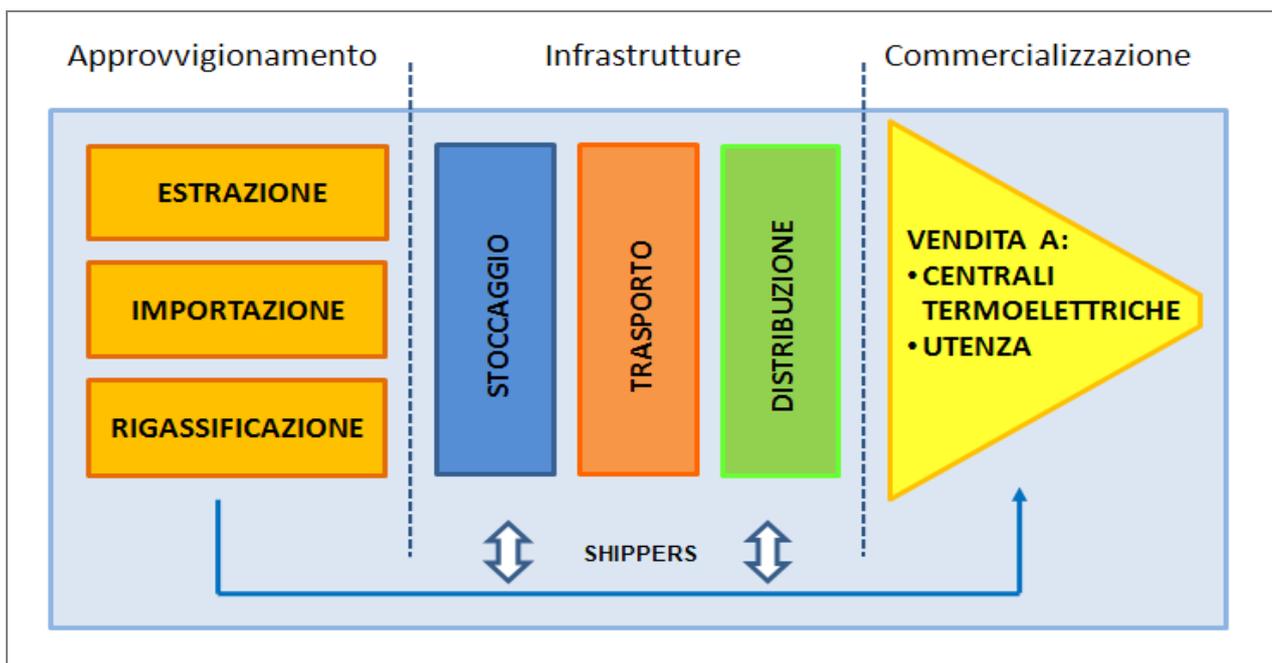
Un'ulteriore dimensione di adeguatezza della capacità produttiva deriva dalla natura aleatoria della domanda nel tempo, per cui assume rilevanza la capacità del sistema di far fronte in modo non traumatico a picchi di carico. In generale, in un orizzonte temporale in cui lo *stock* dei beni capitali sia variabile, la minimizzazione del costo totale di produzione richiede simultaneamente l'ottimalità della localizzazione sul territorio degli impianti di generazione rispetto alla domanda, per la minimizzazione delle perdite di trasmissione di

energia, e della configurazione del sistema di trasmissione rispetto alla localizzazione della domanda e delle centrali di generazione.

2.3.2 La filiera del gas naturale

Il gas naturale è un idrocarburo in forma gassosa presente molto spesso, insieme al petrolio grezzo, in giacimenti situati a varia profondità. Si differenzia a seconda del tenore del gas metano contenuto rispetto agli altri gas (propano e butano), spesso miscelati assieme al metano. L'industria del gas naturale può essere divisa in cinque fasi principali: la fase di *upstream*, il trasporto dorsale tramite gasdotti ad alta pressione (primari e secondari), lo stoccaggio, il dispacciamento, la distribuzione sia primaria, rivolta ad utenze finali (industriali e termoelettriche) ed intermedie (aziende di distribuzione) sia secondaria, cioè rivolta alle utenze civili³³, come mostra la Tav. 38.

Tav. 38 – La filiera del gas



Fonte: DEZI L. et al., 2005.

³³ Cfr. DALLOCCHIO M., ROMITI S., VESIN G. (2001), *Public Utilities: creazione del valore e nuove strategie*, Egea, Milano, pp. 15-16.

La *fase upstream* comprende sia la produzione sia l'importazione di gas naturale. La produzione è composta generalmente dalle attività di prospezione, ricerca e coltivazione dei giacimenti. La prima consiste in rilievi geografici, geologici e geofisici tesi ad accertare la natura del sottosuolo o del sottofondo marino; l'attività di ricerca è volta direttamente al rinvenimento del giacimento di idrocarburi (gas e petrolio) e comporta una serie di attività materiali per identificarlo e raggiungerlo; l'attività di coltivazione consiste nell'estrazione degli idrocarburi da un giacimento. In passato, nei Paesi che disponevano di risorse proprie di gas naturale, sono state imposte per legge forme di monopolio integrato di produzione al fine di tutelare le risorse energetiche nazionali e consentirne lo sfruttamento equilibrato ed efficiente. Comunque la dimensione d'impresa ha assunto un ruolo determinante anche nella fase di importazione, poiché importare gas naturale richiede ingenti risorse finanziarie e tecniche nonché un *know how* giuridico-economico specifico.

Il *trasporto dorsale* tramite gasdotti ad alta pressione consente il passaggio del gas naturale lungo la rete di trasporto, che si distingue in rete primaria e secondaria. La rete primaria trasporta il gas naturale direttamente dai luoghi di produzione o di importazione; mentre la rete secondaria è formata dall'insieme di condotte che, partendo dalla rete primaria, raggiungono i vari centri di consumo (agglomerati urbani, insediamenti industriali, ecc.). La presenza di ingenti costi fissi nell'attività di trasporto dorsale ad alta pressione è un elemento sufficiente per individuare condizioni di monopolio naturale per questa attività. L'incidenza dei costi fissi relativi all'attività di costruzione delle condotte cresce, inoltre, all'aumentare del diametro del tubo utilizzato. Le economie di scala conseguenti hanno pertanto determinato la spinta, da un lato, verso l'aumento della dimensione media della rete, dall'altro verso l'integrazione a valle nelle fasi di distribuzione. Per svolgere l'attività di trasporto ad alta pressione di gas naturale è necessario anche un sistema di centrali di compressione. Questi impianti servono per controbilanciare la perdita di pressione, dovuta all'attrito, cui è soggetto il gas naturale lungo le pareti interne del tubo, e per mantenere costante la pressione all'interno del tubo stesso. I costi relativi all'attività di compressione del gas naturale sono in larga parte definibili come variabili (incidendo in misura proporzionale al quantitativo di gas naturale che passa per le condotte). Sia la potenza, sia il numero delle stazioni di pompaggio, sono stati pertanto incrementati gradualmente dalle imprese di trasporto, seguendo l'evoluzione della domanda nei rispettivi paesi. Anche tale circostanza ha operato nel senso di favorire l'integrazione verticale delle imprese esistenti perché, essendo presenti in tutte le fasi dell'industria, esse erano in grado di poter coordi-

nare le informazioni relative alla variazione della domanda finale con le proprie disponibilità di gas naturale e, di conseguenza, riuscivano a programmare efficientemente gli investimenti relativi al potenziamento dello *stock* di capacità di compressione di gas presente sulla rete, in modo tale da tararlo con i quantitativi effettivamente trasportati.

L'attività di *stoccaggio* di gas naturale è funzionalmente legata a quella di distribuzione primaria. Ciò in quanto, a fronte di una programmazione necessariamente regolare dei flussi di ingresso del gas naturale dai luoghi di produzione ³⁴, i deflussi presso le utenze finali sono spesso irregolari e/o influenzati da forti componenti stagionali. Quindi, nei momenti di minor consumo, il gas viene stoccato in cavità naturali rappresentate da giacimenti esausti e, nei momenti in cui la domanda è maggiore, viene utilizzato. Tale circostanza, individuando una relazione diretta tra proprietà dei titoli minerari relativi ai giacimenti e proprietà di capacità di stoccaggio (spesso sanciti da specifici vincoli legislativi), ha fatto sì che i soggetti che disponevano di riserve legali in materia di produzione di gas naturale abbiano allargato il proprio privilegio anche alla fase di stoccaggio.

L'attività di *dispacciamento* nasce dall'esigenza di bilanciare le quantità immesse nella rete di gasdotti con quelle prelevate ai punti di consumo poiché il gas naturale si muove nelle condotte seguendo il differenziale barico esistente tra due punti della rete. Affinché si possa trasportare il gas naturale da un determinato punto di immissione ad un ben specificato luogo di consegna, dunque, il trasportatore dovrà, compatibilmente con tutte le altre operazioni di questo tipo presenti nello stesso tempo, operare sulle centrali di compressione in modo da far arrivare alla pressione desiderata quel quantitativo di gas naturale a destinazione. Questa esigenza individua una serie di economie di varietà e di coordinamento, legate all'attività di trasporto e di dispacciamento del gas, che hanno anch'esse, nel tempo, spinto verso l'unicità del soggetto che forniva i due servizi ³⁵.

³⁴ I flussi di gas naturale sono regolari, sia nel caso in cui provengano da giacimenti situati nel territorio nazionale, sia ove si riferiscano a contratti di importazione. Nel primo caso si individua la necessità di produrre ad un livello tale da consentire, date certe condizioni di sfruttamento del giacimento legato a formule ingegneristiche, l'ammortamento degli ingenti costi legati alle fasi della ricerca e della prima coltivazione del giacimento. Per le importazioni, invece, dopo un periodo di *build-up* di qualche anno, i contratti pluriennali individuano un quantitativo standard da ritirare annualmente vincolato ad una clausola *take or pay* posta a tutela del fornitore.

³⁵ Nei casi di forte dipendenza dalle importazioni per il soddisfacimento del fabbisogno interno, inoltre, il nesso funzionale fra trasporto e dispacciamento è rafforzato dalla valenza strategica assunta dallo stoccaggio per finalità di tutela della sicurezza degli approvvigionamenti. In questi casi, anche lo stoccaggio diviene un'attività ancora più funzionalmente integrata con il trasporto e il dispacciamento del gas.

La *distribuzione primaria* di gas naturale consiste nella vendita alle utenze industriali, a quelle termoelettriche e alle aziende di distribuzione. In Europa sino agli anni Ottanta del secolo scorso la possibilità che tra il trasportatore, possessore dell'infrastruttura, e l'utente finale si frapponesse un terzo operatore commerciale non era mai stata considerata. Risalendo le fasi a monte dell'industria, tuttavia, il nesso tra trasporto e distribuzione primaria sembra provenire dal fatto che, in genere, solamente l'impresa di gas naturale che aveva intrapreso l'investimento per portare le condotte in una certa area disponeva delle quantità di gas necessarie a servirle. Il vincolo principale che ha storicamente determinato la monopolizzazione, da parte del trasportatore, anche nella fase di distribuzione primaria è, dunque, a sua volta correlato alla relazione tra approvvigionamento e trasporto di gas naturale. In altri termini, si progettava un nuovo investimento in infrastrutture di trasporto solo se, da un lato (*fase downstream*) gli utenti finali, che in quella infrastruttura si sarebbero serviti, erano già stati contattati, e dall'altro (*fase upstream*), si disponeva della quantità di gas necessaria a servire quel mercato potenziale. In un contesto del genere, l'ingresso di operatori commerciali non integrati nelle reti di trasporto era difficoltoso, in quanto doveva avvenire, in un certo senso, a due livelli: se, per ipotesi, questi fossero riusciti ad avere disponibilità adeguate di gas naturale, sarebbe stato per loro sicuramente difficile, in un contesto di domanda legata nel medio-lungo periodo al proprio fornitore, disporre di un mercato adeguato. Non stupisce, in tale contesto, che la rottura del nesso tra trasporto e distribuzione primaria sia avvenuta, prima di ogni altro posto in Europa, in un Paese come l'Inghilterra in cui la struttura relativamente polverizzata dell'offerta di gas e l'assoluta indipendenza dalle importazioni ha reso più facile l'acquisizione di disponibilità di gas naturale a nuovi soggetti commerciali. Nonostante ciò, è stato l'obbligo imposto al monopolista British Gas, dal regolatore (Ofgas), di mettere a disposizione, per un certo numero di anni, un quantitativo dato di gas naturale ad un prezzo regolato, a dare l'impulso maggiore allo sviluppo di nuovi operatori commerciali nel mercato inglese.

Per *distribuzione secondaria* si intende la vendita di gas naturale al dettaglio alle utenze finali residenziali. In tutti i Paesi europei, la fornitura di gas a questo tipo di utenza è stata considerata un'attività di servizio pubblico e, di conseguenza, ne è stato regolato sia l'accesso, sia il prezzo finale praticato. Mentre sono stati pochi i Paesi (ad esempio Francia ed Inghilterra) in cui i monopoli verticalmente integrati si sono estesi a valle sino alle utenze finali, nella maggior parte dei casi ha prevalso un sistema basato su una molteplicità di operatori, ognuno titolare di un monopolio a livello locale.

2.3.3 La filiera del petrolio greggio

Il petrolio è un liquido oleoso, più o meno denso e viscoso, di colore variante da giallo a bruno scuro e a nero, dotato di fluorescenza da verde ad azzurra, di odore caratteristico, costituito prevalentemente da idrocarburi liquidi che contengono disciolti idrocarburi naturali solidi o gassosi, accompagnati da relativamente piccole percentuali di composti ossigenati, solforati, azotati. Il petrolio si ritrova in sacche o falde permeanti rocce porose a profondità variabili da poche decine di metri a qualche chilometro ³⁶.

Esistono dunque diverse qualità di petrolio greggio e i giacimenti differiscono l'uno dall'altro sia per la qualità e quantità di petrolio, sia per la localizzazione, la profondità e la struttura geologica: greggi eterogenei per qualità vengono prodotti in condizioni eterogenee. I vari tipi di greggio devono poi essere raffinati e quest'operazione permette di ottenere numerosi prodotti (benzina, gasolio, olio combustibile, ecc.), ciascuno dei quali è destinato a uno scopo, o a un ristretto insieme di scopi specifici: carburante per automobili, combustibile per riscaldamento o produzione di energia elettrica, materie prime per l'industria petrolchimica, ecc.

All'interno del ciclo petrolifero possiamo distinguere cinque fasi, con caratteristiche assai diverse: esplorazione, produzione, trasporto, raffinazione, distribuzione. La fase intermedia di trasporto dal luogo di origine al luogo di destinazione può avere luogo prima o dopo la raffinazione: può cioè riguardare o il greggio o i prodotti raffinati ³⁷.

La fase della *ricerca* dei giacimenti è molto complessa tecnicamente e molto aleatoria. Occorre prima individuare delle strutture geologicamente promettenti, per poi procedere a perforazioni esplorative; se queste confermano l'esistenza di un giacimento, occorre stabilirne le dimensioni e la sfruttabilità da un punto di vista commerciale, con altre perforazioni. Le spese per una campagna esplorativa sono notevoli e possono non dar luogo ad alcun risultato positivo; d'altra parte, nel caso di individuazione di un buon giacimento, i guadagni possono essere enormi, incommensurabili rispetto alle spese di esplorazione sostenute. La scelta delle aree in cui effettuare esplorazioni geologiche fa parte delle decisioni strategiche delle grandi imprese. Su questa scelta, oltre ad una "scommessa" su fattori di natura geologica, influiscono anche considerazioni di natura politica (orientamento politico

³⁶ Cfr. *Lessico universale italiano*, vol. XVI, p. 580.

³⁷ Cfr. RONCAGLIA A. (1983), *L'economia del petrolio*, Laterza, Bari.

e stabilità del governo che controlla l'area in cui si intendono effettuare le ricerche), giuridica e fiscale (obblighi e privilegi della compagnia che effettua l'attività di esplorazione). Sulla decisione di compiere investimenti in attività esplorative giocano anche fattori di natura economica, quali l'andamento previsto della domanda e dell'offerta del greggio e il confronto fra i prezzi previsti per i prodotti petroliferi da un lato e i costi prevedibili di sfruttamento dell'eventuale giacimento e di trasporto nelle aree di consumo dall'altro.

Nella fase di *produzione*, rispetto alla precedente, il grado di aleatorietà è fortemente ridotto ma le difficoltà tecniche sono estremamente varie. Innanzitutto, una volta individuato il giacimento, occorre valutarne le dimensioni e le caratteristiche produttive, per verificare se esso è sfruttabile commercialmente. Il pozzo esplorativo che ha permesso di individuare il giacimento fornisce un primo insieme di dati (qualità del greggio, pressione, ecc.), ma sono necessarie altre indagini, inclusa la perforazione di ulteriori pozzi esplorativi, per meglio valutare dimensioni e caratteristiche del giacimento, per stabilire la localizzazione più opportuna delle attrezzature produttive e il piano ottimale di produzione. Nella maggior parte dei casi, la tecnologia richiesta per porre un giacimento in produzione è semplice, e le disponibilità minime di capitale necessarie sono relativamente modeste, rispetto alle dimensioni medie degli investimenti in impianti industriali. In ogni caso, qualunque sia il livello delle difficoltà tecniche e il costo medio complessivo di produzione, la maggior parte del costo riguarda l'investimento iniziale, mentre i costi variabili sono relativamente modesti. Nella prima parte della vita economica di un giacimento, quella di produzione primaria, occorre stabilire i ritmi di sfruttamento. A questo riguardo si può distinguere tra la capacità produttiva installata, cioè il numero di barili di greggio al giorno che possono essere trattati dagli impianti esistenti; la capacità massima sostenibile, di poco inferiore alla precedente, relativa alla produzione massima fisicamente possibile per un periodo di tempo di almeno sei mesi; e la capacità di punta, sostenibile per un breve periodo di tempo di pochi giorni o poche settimane.

La fase di *trasporto* è stata per un lungo periodo di tempo, e soprattutto in un momento cruciale della storia del settore petrolifero (l'affermazione dello *Standard Oil Trust*), decisiva per il controllo oligopolistico del settore. Si tratta di una fase essenziale per un mercato di dimensioni mondiali, in cui le aree principali di produzione non coincidono con le aree principali di consumo. Si possono avere quattro tipi di movimento: trasporto di greggio dall'area di produzione a quella di consumo, o dall'area di produzione a un'area di raffinazione che non coincide con quella di consumo; trasporto dei prodotti raffinati dai centri di

raffinazione a quelli di consumo, o da aree di produzione dotate di raffinerie alle aree di consumo. Specie per le lunghe distanze, da un punto di vista tecnico, il trasporto del greggio è meno costoso di quello dei prodotti raffinati. Nel secondo dopoguerra, pertanto, le compagnie petrolifere hanno localizzato le proprie raffinerie in prossimità dei principali centri di consumo, e l'attività di trasporto ha riguardato soprattutto il greggio. Negli ultimi anni tuttavia, il tentativo di alcuni Paesi produttori di avviare un processo di industrializzazione collegato allo sfruttamento delle proprie risorse petrolifere ha comportato nuovamente una tendenza a localizzare gli impianti di raffinazione vicino ai giacimenti. Comunque, che si debba trasportare greggio o prodotti raffinati, l'elemento centrale è che sono richiesti mezzi di trasporto specifici: petroliere, oleodotti, carri-cisterna ferroviari, autobotti.

La fase di *raffinazione* del petrolio grezzo permette di ottenere i diversi prodotti petroliferi da destinare al consumo finale. Gli impianti di raffinazione sono relativamente piccoli, rispetto alle dimensioni complessive del mercato petrolifero, ma in ciascun Paese rappresentano una quota significativa del mercato dei prodotti raffinati. Le caratteristiche tecniche dell'attività di raffinazione, che comporta un discreto investimento di capitale e relativamente pochi posti di lavoro, rendono questa attività particolarmente adatta come sbocco per il reinvestimento dei redditi petroliferi dei Paesi esportatori a bassa densità di popolazione. Tuttavia, poiché l'attività di raffinazione è condizionata non solo dai problemi di approvvigionamento, ma anche dai problemi di sbocco, i Paesi esportatori di petrolio che hanno avviato una propria industria di raffinazione rischiano di andare incontro a serie difficoltà se non procederanno nel processo di integrazione verticale anche a valle, entrando quindi con investimenti diretti o con accordi di lungo periodo anche nella fase di distribuzione dei prodotti raffinati sui principali mercati di sbocco, cioè soprattutto nei Paesi industrializzati e in quelli in via di sviluppo. Disporre di uno sbocco regolare per i prodotti petroliferi è di estrema importanza per assicurare una gestione redditizia delle raffinerie. Una volta costruite, le raffinerie sono poco flessibili, sia per quanto riguarda le qualità del greggio che possono lavorare sia per le proporzioni in cui sono ottenuti i vari prodotti. Quindi anche l'approvvigionamento del greggio presenta problemi logistici per le raffinerie, poiché occorre assicurare un flusso regolare delle varie qualità di greggio, nelle proporzioni più opportune, per ciascuna raffineria.

L'ultima fase della filiera del greggio è la *distribuzione* dei prodotti petroliferi ai consumatori finali. I prodotti petroliferi ottenibili dalla raffinazione del greggio sono numerosissimi, oltre un centinaio. Si possono dividere in sei gruppi principali: prodotti gassosi (gas liquefatti,

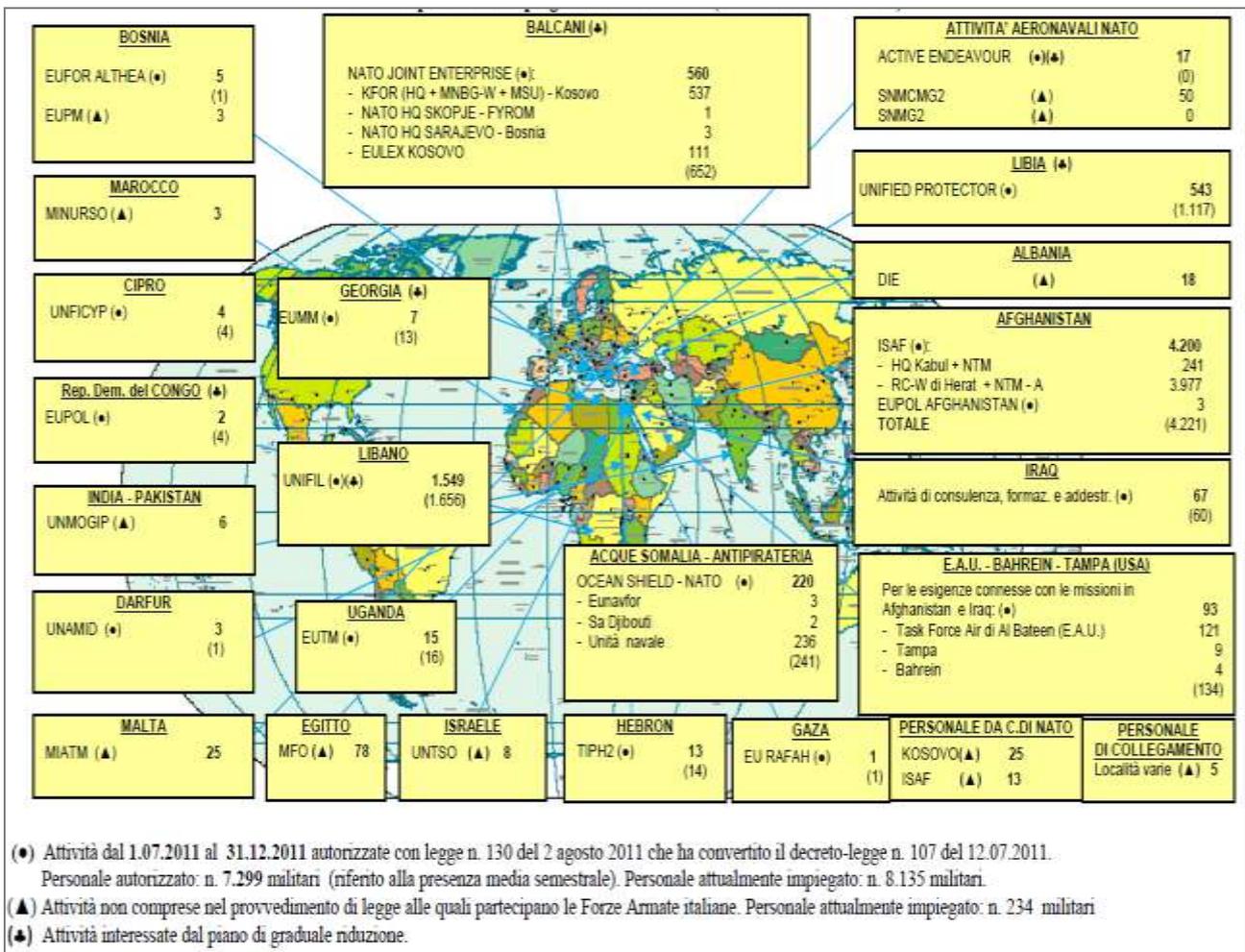
polimeri, acetilene, ecc.), distillati leggeri (cherosene, benzina, ecc.), distillati intermedi (gasolio per riscaldamento e per autotrazione, ecc.), distillati pesanti (paraffine, oli lubrificanti, ecc.), residui (asfalti, coke, ecc.) e scarti di raffinazione (come l'acido solforico che può essere utilizzato per produrre fertilizzanti). Ci troviamo di fronte ad un caso di produzione congiunta, forse economicamente più importante di tutti. Da questo fatto derivano notevoli problemi di corrispondenza fra domanda ed offerta di prodotti petroliferi e problemi non indifferenti nella fissazione dei prezzi dei vari prodotti. Prodotto per prodotto, la determinazione del relativo prezzo sarà influenzata da fattori convenzionali e istituzionali, da fattori strettamente economici e dalla forma di mercato prevalente nella fase di distribuzione di ciascuno di essi. Il principale fattore economico è la necessità di garantire prezzi più elevati per i prodotti più leggeri, in conseguenza dei maggiori investimenti necessari per gli impianti di raffinazione orientati ad ottenere una quota maggiore di tali prodotti, oltre che dei loro usi più "nobili". Comunque sia, la questione va esaminata mercato per mercato, guardando alle alternative disponibili per ciascun prodotto petrolifero (ad esempio il carbone al posto dell'olio combustibile per le centrali termoelettriche), soprattutto nel lungo periodo, dato che nel breve periodo l'attrezzatura disponibile è data, cioè specificatamente orientata all'utilizzo di uno specifico prodotto (si pensi alle automobili a benzina o alle centrali termoelettriche esistenti).

2.4 Produzione, trasporto e consumo di energia delle Forze Armate

Tradizionalmente le Forze Armate sono sempre stati tra i grandi consumatori di energia, ma finora hanno investito poco nella fase di produzione di energia, dando per scontato la disponibilità di energia e la sua accessibilità e ponendo poca attenzione ai costi da sostenere per l'approvvigionamento di energia e ai rischi di dipendenza energetica.

Oltre al consumo, anche il trasporto di energia rappresenta un'attività importante per le Forze Armate per diverse ragioni. Innanzitutto, perché le Forze Armate hanno la necessità di spostarsi per adempiere ai loro compiti di difesa nazionale e di garanzia della sicurezza internazionale, mediante l'intervento in missioni, di pace e non, in Patria e all'estero. A scopo illustrativo si riporta la Tav. 39 in cui sono indicate le missioni internazionali a cui partecipano le Forze Armate italiane, con un impiego di 8.135 militari, per un totale di 30 attività in 27 Paesi.

Tav. 39 – Missioni/attività internazionali delle Forze Armate italiane per il secondo semestre 2011



Fonte: Ministero della Difesa, 2011.

Di conseguenza, le Forze Armate hanno la necessità di trasportare l'energia di cui hanno bisogno per svolgere la loro attività (benzina, energia elettrica, ecc.) nei teatri operativi in cui sono chiamate ad agire e garantire la sicurezza degli approvvigionamenti energetici, talvolta sostenendo anche notevoli costi sia in termini di risorse economiche che di vite umane. In secondo luogo, il trasporto di energia è un'attività indispensabile per garantire l'operatività e la funzionalità delle Forze Armate poiché finora esse non si sono dotate di strutture e metodologie di autoproduzione di energia.

A complicare le cose, vi è anche la circostanza che l'energia elettrica non è immagazzinabile, pertanto vi è anche l'esigenza di produrla nel momento in cui va consumata. Infine, l'approvvigionamento di combustibili fossili è legato in maniera indissolubile alle questioni geopolitiche, poiché la maggior parte di giacimenti si trova in Paesi caratterizzati da una

forte instabilità politica, che può mettere a repentaglio la sicurezza energetica delle Forze Armate e dell'intera nazione. Per questa ragione, è necessario investire in miglioramenti dell'efficienza energetica delle Forze Armate e diversificare il *mix* delle fonti di energia, puntando prevalentemente sullo sviluppo delle energie rinnovabili.

Finora le Forze Armate sono state viste quasi esclusivamente come consumatori di energia. Infatti le Forze Armate hanno bisogno di un cospicuo quantitativo di energia, prevalentemente di combustibili ed energia elettrica, per svolgere i propri compiti istituzionali. Per esempio, negli Stati Uniti le Forze Armate consumano il 21% dei combustibili e dell'energia elettrica consumata dal Dipartimento della Difesa. E citando le parole del Generale Peter Chiarelli, Vice-capo del personale dell'Esercito americano – pronunciate l'8 marzo 2007 all'*Air Force Energy Forum* ad Arlington – «*Senza energia, le Forze Armate si fermano e rimangono in silenzio*».

Il portafoglio energetico delle Forze Armate comprende l'energia usata in installazioni militari (basi militari, campi mobili, portaerei, etc.) in Patria e all'estero, così come l'energia usata dalle forze militari nell'esecuzione dell'attività quotidiana nelle missioni operative. Katherine Hammack, assistente segretario dell'Esercito americano per le Installazioni, Energia e Ambiente, nel forum di due giorni *Power the Force; Fuel the Fight*³⁸, tenutosi il 18 luglio 2011, ha parlato di tre categorie di energia. «*Nelle Forze Armate, quando si parla di energia, si fa riferimento a tre categorie:*

- *Energia per i Soldati (Soldier power),*
- *Energia per le Basi militari (Basing power),*
- *Energia per i Veicoli di trasporto (Vehicle power)».*

Con il termine *Energia per i Soldati* si fa riferimento a tutte le fonti di energia necessarie per l'alimentazione dell'equipaggiamento dei soldati combattenti, durante le missioni operative in Patria o all'estero. Per esempio, le batterie per il funzionamento di radio, telefoni cellulari, computer ed armi.

Con il termine *Energia per le Basi (o installazioni) militari* si fa riferimento a tutte le fonti di energia, principalmente combustibili ed energia elettrica, necessarie per l'alimentazione

³⁸ Sul punto si veda l'articolo: "Army, Air Force will power fight with alternative fuels" di Rob McIlvaine, consultabile al seguente link: <http://www.army.mil/article/61879>

energetica delle basi militari e dei campi mobili (incluse le portaerei), sia in Patria sia all'estero. Si pensi ad esempio all'energia elettrica necessaria per il funzionamento delle linee telefoniche, degli impianti di condizionamento, delle cucine, e degli apparati di *information and communication technology*, come i computer.

Con il termine *Energia per i Veicoli di trasporto* si fa riferimento a tutte le fonti di energia, principalmente combustibili, necessarie per il funzionamento dei mezzi di trasporto, sia tattici sia non tattici, utilizzati dalle Forze Armate.

2.5 Requisiti di energia per il soldato

L'energia è una risorsa cruciale per la funzionalità dei sistemi d'arma di cui sono dotati i soldati, oggi sempre più considerati delle "piattaforme integrate per sistemi d'arma"³⁹. Questi sistemi sono costruiti intorno all'uomo, con il comune intento di ottimizzare le sue capacità, migliorandone osservazione, comunicazione, protezione e letalità. Similmente tutti adottano in linea generale un repertorio considerato ormai indispensabile per ogni soldato moderno:

- armi con moduli optronici in grado di assicurare un'operatività diurna/notturna e con tempo avverso;
- un'interfaccia uomo-macchina che garantisca un rapido e facile accesso all'equipaggiamento digitale computerizzato;
- un sistema di posizionamento globale (GPS) per navigazione e tracciamento;
- un sistema integrato di comunicazione che consenta connessioni/condivisioni a diverso livello (superiore/inferiore);
- un computer che gestisca l'integrazione intrasistemica;
- abbigliamento e protezioni migliorate, equipaggiamento da sopravvivenza.

Nella Tav. 40 vengono riportati gli equipaggiamenti del modello proposto dalle Forze Armate italiane, ovvero il "Soldato Futuro".

³⁹ Si fa riferimento ai sistemi FELIN, FIST, *Land Warrior*, *Future Infantry Warrior*, Soldato Futuro, *Infanterist der Zukunft*, *Comfut* e NORMANS. Cfr. "I programmi di tecnologizzazione del soldato: prime analisi", RID, Rivista Italiana Difesa, 2006.

Tav. 40 – Gli equipaggiamenti del Soldato Futuro



Fonte: RID, Rivista Italiana Difesa, 2006.

Le fonti di energia utilizzate per alimentare i sistemi d'arma dei soldati sono prevalentemente costituite da batterie al litio in grado di assicurare uno o due giorni di autonomia, connesse ad un calcolatore/generatore di energia. In caso di necessità le batterie potranno

no essere ricaricate o attraverso un modulo caricabatterie collettivo portatile o semplicemente collegandosi con un'apposita interfaccia alle sorgenti di energia dei veicoli.

I soldati, in particolare le unità speciali, oggi devono caricarsi addosso numerosi dispositivi elettrici ed elettronici che possono arrivare a formare un bagaglio che pesa fino a 70 kg. Le batterie che devono alimentare i vari dispositivi rappresentano una parte significativa di questo peso (circa 22 kg). Raramente, infatti, è possibile ricaricare le batterie direttamente durante le operazioni sul campo; a questo scopo, quindi, si effettuano delle interruzioni regolari della missione per poter provvedere alla sostituzione delle batterie. Questa attività determina: durata esattamente limitata dell'uso, maggiore sforzo logistico ed enorme peso di trasporto per i soldati.

Oggi sono disponibili batterie a combustibile portatili, che producono sempre e ovunque energia affidabile, in forma completamente automatica e silenziosa, indipendentemente dalla stagione dell'anno, dal tempo e dalla regione climatica e che possono essere trasportate senza problemi dai soldati. Con le batterie a combustibile portatili si possono alimentare numerosi dispositivi militari, ad esempio sistemi di comunicazione e di navigazione, computer, sistemi di segnalazione laser e di visione notturna. Inoltre, queste batterie possono essere ricaricate durante le operazioni sul campo in forma completamente automatica e possono anche essere usate come caricatore portatile delle batterie militari.

Inoltre, le batterie possono essere collegate a reti di alimentazione elettrica con dei *Power Manager*. Al *Power Manager* si possono collegare numerosi dispositivi elettrici per alimentarli durante le operazioni senza la necessità di dover disporre di batterie di ricambio differenti per ciascuno di essi. Queste batterie di ultima generazione forniscono energia in collegamento con batterie ibride, oppure in combinazione anche con altre fonti di energia come cellule fotovoltaiche o batterie di veicoli. I *Power Manager* rappresentano allora un'interfaccia universale sia per tutte le fonti di energia esistenti, sia per tutti gli utenti elettrici. La rete energetica così composta è ottimale per capacità di prestazioni e flessibilità associate allo scarso peso, che rappresentano i requisiti fondamentali per alimentare i sistemi d'arma dei soldati.

2.6 Requisiti delle fonti di energia per le basi militari e le installazioni ⁴⁰

Le fonti di energia utilizzate per alimentare le basi militari e le installazioni in Patria e all'estero dovrebbero soddisfare i seguenti vincoli e considerazioni.

Compatibilità con la missione da compiere: il raggiungimento dell'obiettivo della missione è la priorità assoluta per le installazioni. Anche se interessanti sotto altri punti di vista, l'incompatibilità dell'installazione con la missione esclude la possibilità di adottare una certa soluzione energetica proposta. Le turbine eoliche situate nei pressi di una pista sono un esempio di una tecnologia energetica incompatibile con la missione di volo in molte installazioni militari (a causa di interferenze radar da parte di pale di turbine).

Sicurezza: la sicurezza energetica, garanzia e affidabilità, così come la sicurezza fisica generale del sito, devono essere mantenute o migliorate dal sistema energetico della struttura. Ad esempio, una rete elettrica a biomasse può essere inadatta ad alcuni siti a causa di traffico *off-site* di camion necessari per portare il combustibile. D'altra parte, la capacità di soddisfare carichi di energia critici di un'installazione in loco utilizzando fonti rinnovabili (ad esempio, gas di discarica, geotermia, energia solare) può migliorare notevolmente la sicurezza energetica. Questo è sottolineato non solo dalla minaccia di attività dannose (ad esempio, attacchi fisici o informatici), ma anche dalla possibilità di *black out* importanti, a cui si è esposti a causa dell'invecchiamento dell'infrastruttura della rete elettrica, alla diminuzione degli investimenti di manutenzione, aumentando i carichi, e alla mancanza di consapevolezza della situazione da parte degli operatori di rete ⁴¹. Un recente rapporto del *Defense Science Board* ha dichiarato che le missioni militari critiche sono ad alto rischio di fallimento in caso di un malfunzionamento della rete elettrica ⁴². Lo sviluppo in loco di forniture energetiche e *smart microgrid* sono in grado di ridurre questo rischio e possono diventare una soluzione strategica sempre più importante.

Economicità: il ciclo di vita, basato sul sistema di valutazione economica delle alternative dovrebbe riflettere fattori come la maturità tecnologica, la disponibilità di carburante e dei

⁴⁰ Per approfondimenti si veda *Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning*, National Renewable Energy Laboratory, 2010, pp.3-5. Documento consultabile al seguente link: <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/48876.pdf>

⁴¹ Cfr. *The Smart Grid, An Introduction*, U.S. Department of Energy, No.DE-AC26-04NT41817, Subtask 560.01.04, http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages.pdf

⁴² Cfr. *More Fight Less Fuel*, Defense Science Board Report, February 2008, <http://www.acq.osd.mil/dsb/reports/ADA477619.pdf>

costi, i requisiti di *storage* di energia, di distribuzione e di interconnessione di energia, opzioni di finanziamento, incentivi federali/statali/locali, impatti ambientali e i costi per le operazioni di manutenzione, riparazione e sostituzione degli impianti.

Rispetto delle linee guida nazionali e ministeriali: il Ministero della Difesa dovrebbe fornire delle linee guida alle Forze Armate al fine di migliorare l'efficienza energetica e aumentare l'autoproduzione di energia, soprattutto da fonti rinnovabili ⁴³.

Utilizzo delle risorse del sito: le opportunità dell'ubicazione del sistema energetico (edifici, accessibilità e capacità di distribuzione) variano tra installazioni, così come varia il clima locale, le risorse energetiche rinnovabili e le opportunità di interconnessione del sistema elettrico. Questi elementi impattano sulla progettazione del sistema energetico.

Dottrina, organizzazione, formazione, materiali, leadership & istruzione, personale e strutture: nel corso del tempo, il cambiamento dei sistemi di produzione e consumo di energia, delle tecnologie energetiche e delle prassi porterà alla formazione di una nuova dottrina, la modificazione delle strutture organizzative, più formazione del personale, nuove metodologie di approvvigionamento, nuove *leadership* attraverso l'esempio e l'aggiornamento dei sistemi di formazione sistemi.

2.7 Requisiti dei combustibili per i veicoli militari ⁴⁴

Come le turbine e i motori diesel, la tecnologia e la scienza dei carburanti e della loro raffinazione si sono evolute nel corso dei decenni e hanno fornito chiare specifiche che i carburanti ad uso militare debbono avere. Oggi, tutti i combustibili utilizzati dalle Forze Armate devono soddisfare le specifiche che promuovono una gestione e un utilizzo sicuro e affidabile in ambienti ad alto stress, associati non solo al combattimento, ma anche all'addestramento al combattimento.

⁴³ In questo senso il Dipartimento della Difesa americano ha adottato un piano strategico energetico per ridurre i consumi, sviluppare nuove tecnologie, aumentare la consapevolezza del personale ed aumentare la fornitura di energia. Un obiettivo primario è quello di raggiungere il 25% l'uso di energia elettrica rinnovabile entro il 2025. Inoltre, nel mese di ottobre 2009, il Segretario della Marina ha dichiarato un nuovo obiettivo: entro il 2020, il 50% dell'energia consumata dalle navi, aerei, carri armati, veicoli di terra, e degli impianti dovrà provenire da risorse alternative. Sul punto si consulti il sito del *Naval Energy Forum*, October 14, 2009, http://osiris.usnwc.edu/pipermail/nwc_onlinediscussion/attachments/20091119/9d999c42/attachment.obj

⁴⁴ Cfr. *Alternative Fuels for Military Applications*, Rand. National Defense Research Institute, 2011. Documento consultabile al link: www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/.../RAND_MG969.pdf

Le caratteristiche tecniche importanti che i combustibili impiegati in ambito militare debbono possedere sono le seguenti:

- punto di infiammabilità minimo accettabile ⁴⁵;
- stabilità termica: è importante perché ad alte prestazioni i motori usano spesso il carburante per il raffreddamento di alcuni componenti;
- lubrificazione e viscosità: sono essenziali per prestazioni affidabili del motore;
- punto di congelamento e evaporazione dei vapori: entrambi devono essere entro i valori massimi appropriati per voli ad alta quota e le basse temperature di navi e veicoli di terra;
- conservazione e stabilità organica: è essenziale per la riserva di scorte di combustibile che può essere tenuto in magazzino per molti anni;
- densità di energia: maggiore è l'energia per litro e per kg di carburante, maggiore è l'intervallo di tempo per un nuovo rifornimento di carburante.

Un'altra considerazione importante nello stabilire le specifiche del carburante è la *disponibilità di carburante*. Qui, l'obiettivo è stato quello di mantenere le specifiche di carburante militare più vicino possibile alle miscele civili in uso diffuso in tutto il mondo. Per esempio, le proprietà del JP-8 sono molto vicine a quelle del combustibile più utilizzato nei jet civili in altri Paesi rispetto agli Stati Uniti, vale a dire il Jet A-1. Il JP-8 si ottiene dal Jet A-1 semplicemente attraverso la miscelazione con tre additivi. Questa somiglianza tra il JP-8 e il Jet A-1 ha effetti benefici sia dal punto di vista economico che logistico.

L'impiego del combustibile JP-8 consente alle forze militari di soddisfare le proprie esigenze di combustibile servendosi delle raffinerie locali, che si trovano in prossimità delle basi militari, consentendo in tal modo di ottenere un combustibile più sicuro e meno costoso. Inoltre, poiché la domanda mondiale di distillati medi e combustibile per aviogetti in particolare è così grande, il mercato del "*jet fuel*", o combustibile per aviogetti, è altamente competitivo e vi è una forte motivazione per le innovazioni della raffinazione in grado di ridurre i costi di produzione.

Una terza considerazione da tenere presente nelle specifiche del carburante è l'*efficienza logistica* che si può ottenere riducendo al minimo il numero di combustibili diversi che de-

⁴⁵ Il punto di infiammabilità è la più bassa temperatura alla quale i vapori sopra a un liquido infiammabile si accendono su domanda di una fonte di accensione (*Chevron globale Aviation*, 2006).

vono essere consegnati alle forze impiegate. Mentre le specifiche del JP-8 sono guidate da suo uso come propellente a getto, le sue proprietà sono abbastanza vicino allo standard diesel. Questo permette al JP-8 di essere utilizzato come combustibile nei motori a gasolio che si trovano comunemente in combattimento, nei veicoli di supporto al combattimento, nei sistemi d'armamento e nei generatori elettrici che supportano le forze schierate. Inoltre, il JP-8 è naturalmente adatto per le turbine a gas dei carri armati moderni e degli altri grandi veicoli cingolati. Anche se JP-8 non è un combustibile diesel "perfetto", le efficienze logistiche associate alla fornitura di un unico carburante hanno spinto il Dipartimento della Difesa americano a scegliere il JP-8 per soddisfare le esigenze dell'Aeronautica Militare, dell'Esercito, del Corpo dei Marines, e delle Forze speciali.

I combustibili tradizionali possono essere sostituiti da combustibili alternativi, quali i [combustibili Fischer-Tropsch](#) e i biocombustibili derivati da oli rinnovabili o idrogenati. Per l'analisi delle caratteristiche e delle possibilità di impiego in ambito militare di questi combustibili si rimanda al capitolo 8 sui combustibili alternativi.

2.8 Usi militari di energia

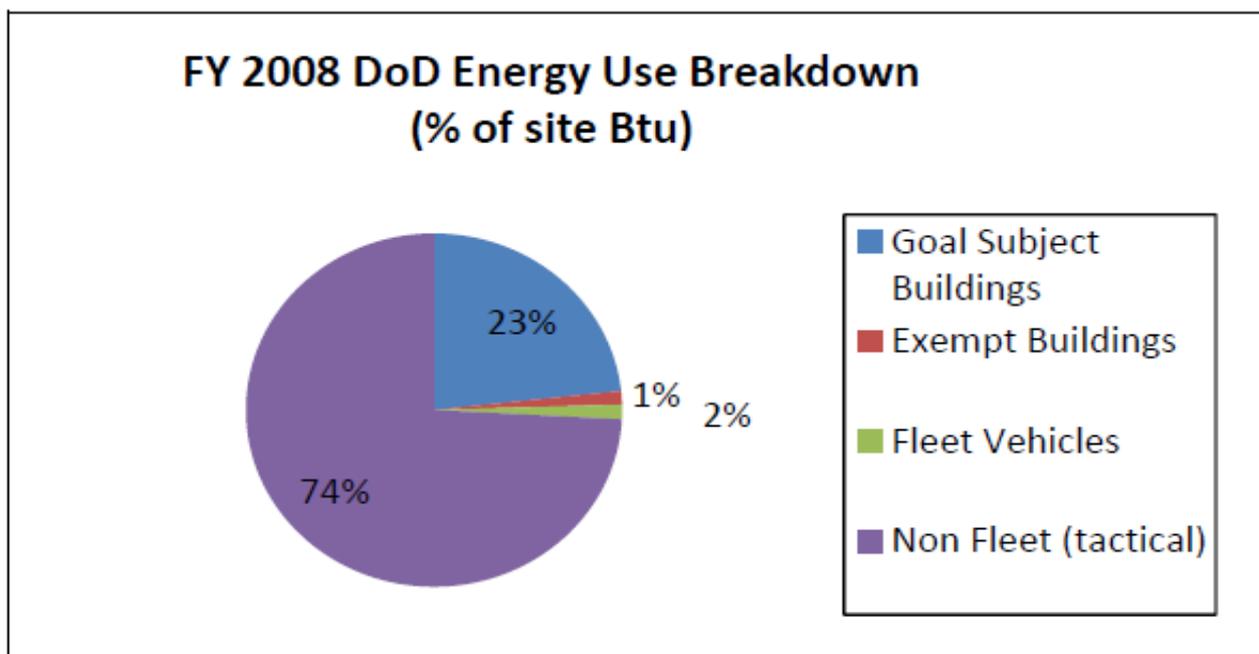
Dai dati offerti dal governo degli Stati Uniti sull'utilizzo di energia, si osserva che il Dipartimento della Difesa è il maggiore consumatore di energia della Pubblica Amministrazione americana. Inoltre, i modelli di consumo di energia attuale incidono sull'operatività del Dipartimento della Difesa americano, limitando la libertà d'azione e l'auto-sufficienza dello stesso; richiedono enormi risorse economiche e mettono a rischio molte vite in operazioni di supporto logistico nei teatri operativi. Per far fronte a queste limitazioni, sembra che ci siano molte opportunità per le Forze Armate di gestire in modo più efficace l'energia attraverso una migliore combinazione di azioni umane, tecnologie di efficienza energetica e fonti di energia rinnovabili.

Per esempio, per l'anno fiscale (FY) 2008 il Dipartimento della Difesa americano ha consumato 889.000 miliardi di Btu (*British thermal unit*), più di quello usato da intere nazioni come la Danimarca o Israele, e ha speso circa 20 miliardi di dollari in energia ⁴⁶. La maggior parte dei consumi energetici del Dipartimento della Difesa americano proviene dai

⁴⁶ Cfr. *Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning*, National Renewable Energy Laboratory, 2010. Documento consultabile al seguente link: www.nrel.gov/docs/fy10osti/48876.pdf

combustibili fossili (carbone, petrolio, gas naturale o energia elettrica prodotta da questi), spesso da fonti estere. Il Dipartimento della Difesa americano rappresenta circa il 1,8% del consumo totale di petrolio degli Stati Uniti e dello 0,4% del consumo mondiale. Una sintesi del consumo di energia da parte del Dipartimento della Difesa americano è mostrato in Tav. 41.

Tav. 41 – Usi di energia del Dipartimento della Difesa americano



Fonte: U.S. Department of Defense ⁴⁷.

Fin dal secolo scorso il petrolio ha avuto un ruolo essenziale nelle operazioni militari. Un vivido esempio è fornito dalla Seconda Guerra Mondiale. Né la Germania né il Giappone avevano al loro interno apprezzabili riserve di petrolio. Le loro strategie militari erano concentrate nel garantire un approvvigionamento di petrolio sufficiente per alimentare i loro veicoli terrestri da combattimento, gli aerei e le navi. Una delle priorità per il Giappone è stata quella di accaparrarsi i giacimenti di petrolio indonesiano e, per la Germania, la fortificazione e difesa dei campi petroliferi del Ploesti in Romania. Inoltre, i giacimenti petroliferi del Caucaso furono per la Germania un obiettivo chiave quando invase l'Unione Sovietica nel 1941. Gli alleati sono stati ben consapevoli della vulnerabilità delle catene di approvvigionamento di petrolio sia per la Germania che per il Giappone e la strategia alleata ha incluso anche la distruzione e l'interruzione degli approvvigionamenti di energia.

⁴⁷ Cfr. *Department of Defense Annual Energy Management Report Fiscal Year 2008, January 2009*, <http://www.acq.osd.mil/ie/energy/library/DoDenergymgmt08.pdf>

Data l'attuale enfasi sulla mobilità e le movimentazioni di mezzi e uomini, l'importanza dei combustibili liquidi è ulteriormente aumentata. Nel 2009, le Forze Armate americane hanno utilizzato circa 340.000 barili al giorno di carburanti derivati dal petrolio (*Energy Information Administration, 2009b*). Il combustibile è stato quasi interamente utilizzato per la forza aeree, le navi, i veicoli da combattimento e veicoli di supporto al combattimento. Quasi tutti i carburanti liquidi per il trasporto rientrano in uno dei due gruppi:

- la benzina,
- il carburante distillato.

La benzina è un carburante molto volatile e facilmente infiammabile, che lo rende ideale per i motori ad accensione, come le automobili civili.

Il carburante distillato comprende diesel e carburante per reattori, come pure l'olio combustibile utilizzato per i processi industriali, per il riscaldamento abitazioni ed edifici commerciali. Poiché i carburanti in questo gruppo sono meno volatili e meno inclini all'accensione involontaria, si sono preferiti per le applicazioni militari. In particolare, all'interno del gruppo distillato sono presenti i tre carburanti che dominano l'uso di carburante del Dipartimento della Difesa americano:

- i due cherosene a base di combustibili di propulsione jet, JP-8 e JP-5;
- il carburante distillato navale, NATO F-76 ⁴⁸.

Con riferimento all'Italia, si riscontra una mancanza di dati e informazioni su produzione, trasporto e consumo di energia da parte del Ministero della Difesa e delle Forze Armate. Attualmente, infatti, il Dicastero spende tra i 120 e i 140 milioni di euro l'anno per gli approvvigionamenti energetici, ma non si dispone di un'analisi dettagliata dei consumi energetici del Ministero della Difesa e delle Forze Armate.

Allo stato attuale, emerge, pertanto, una stringente esigenza di *accountability* delle Forze Armate ed appare necessario un forte investimento in sistemi di misurazione e controllo delle performance delle Forze Armate, soprattutto in termini di consumi di risorse (economiche, umane e tecnologiche), sulla scia dei programmi di valutazione delle *performance* fortemente voluti dal Ministro per la Pubblica amministrazione e l'Innovazione e avviati dal-

⁴⁸ Cfr. *Alternative Fuels for Military Applications*, Rand. National Defense Research Institute, 2011. Documento consultabile al link: www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/.../RAND_MG969.pdf

la recente riforma della Pubblica Amministrazione del 2010. In questo senso, un notevole supporto può essere dato dal Piano delle Performance del Ministero della Difesa.

Del resto, il presupposto fondamentale per una pianificazione efficace delle azioni e degli investimenti da compiere nel prossimo futuro è la conoscenza dello stato dell'arte. Nel caso specifico, per prendere decisioni consapevoli per il miglioramento dell'efficienza energetica delle Forze Armate, è richiesta una maggiore conoscenza:

- delle quantità di energia prodotta dalle Forze Armate;
- dei costi di produzione di energia delle Forze Armate;
- delle quantità di energia trasportata dalle Forze Armate;
- dei costi sopportati dalle Forze Armate per il trasporto di energia;
- delle quantità di energia consumata dalle Forze Armate;
- delle tipologie dei consumi di energia delle Forze Armate;
- dei costi sopportati dalle Forze Armate per l'approvvigionamento di energia, con un dettaglio per tipologia di fonte.

Si auspica quindi una rapida adozione di strumenti di misurazione e controllo dei consumi di energia da parte delle Forze Armate e il costante monitoraggio dei consumi di energia e dei loro costi, al fine di adottare prontamente adeguate strategie di risposta e fronteggiamento dei rischi energetici e di riduzione dei costi dell'energia.

2.9 Riduzione dei consumi di energia delle Forze Armate

Poiché l'aumento dei costi energetici sta diventando un problema di crescente importanza per le Forze Armate, il Dipartimento della Difesa americano ha avviato delle iniziative per ridurre i consumi energetici ed aumentare la propria autosufficienza energetica mediante l'introduzione di programmi di efficienza energetica nel Piano di Gestione Strategica e la sensibilizzazione delle Forze Armate alla questione energetica ed ai suoi costi.

Le forze di terra oggi usano le radio il doppio e le apparecchiature informatiche tre volte tanto quanto hanno fatto dieci anni fa e quindi hanno la necessità di portare circa 20 chili di batterie per una tre giorni di pattugliamento in Afghanistan. L'impiego di tecnologie di energia pulita è un modo per alleggerire il carico e dare più agilità alle truppe. Per esem-

pio, nel mese di gennaio, l'esercito americano ha dotato un battaglione schierato in Afghanistan di una *suite* di potenza avanzata e funzionalità di energia, tra cui batterie ricaricabili ad energia solare e celle a combustibile a propano, che possono essere riempite con il carburante acquistato in loco. Come sottolineato da Katherine Hammack, assistente segretario dell'Esercito per le Installazioni, Energia e Ambiente americano, con riferimento al consumo energetico dei soldati, l'esercito americano sta studiando nuove tecnologie e nuovi metodi di produzione di energia, soprattutto mediante l'utilizzo di fonti rinnovabili di energia per ridurre la dipendenza energetica dei soldati dall'ambiente circostante ⁴⁹.

Inoltre, con riferimento al consumo energetico dei mezzi di trasporto, l'esercito americano ha già raggiunto il 70% dei veicoli non-tattici che utilizzano carburanti alternativi ed è sulla buona strada per raggiungere il 100%. Infine, con riferimento al consumo energetico delle basi militari, il Dipartimento della Difesa americano ha annunciato l'implementazione dell'iniziativa *Net Zero*, al fine di realizzare basi militari il cui consumo netto di energia sia pari a zero, in modo da non utilizzare più energia di quanta si è in grado di produrre in loco. La strategia *Net Zero* implica anche un consumo di acqua pari a zero, ovvero una base militare non userà più acqua di quanta ne inietta nella falda acquifera locale, quindi non attingerà alle fonti sotterranee di acqua dolce. Da ultimo, questa strategia mira a ridurre la produzione di rifiuti, per evitare di inviare rifiuti in discarica. In questo senso, l'esercito americano vuole incentivare il riciclo dei rifiuti e il loro riutilizzo per produrre energia mediante tecniche *Waste to Energy*.

Dello stesso avviso è anche il consigliere della Casa Bianca sulla Qualità Ambientale, Nancy Sutley, che sottolinea l'importanza assunta dalla sicurezza energetica ai nostri giorni, nonostante il problema della dipendenza energetica da combustibili fossili fosse già nota da quando Richard Nixon ha parlato di ridurre la dipendenza degli Stati Uniti dalle importazioni di petrolio come fonte primaria di alimentazione. E ciò è tanto più vero per il Dipartimento della Difesa e le Forze Armate, che rappresentano uno dei maggiori consumatori di energia. Infatti, il Dipartimento della Difesa americano consuma l'80% dell'energia utilizzata dal governo federale americano, pari a circa l'1% del consumo energetico degli Stati Uniti d'America, oltretutto il costo di tale energia è in aumento.

⁴⁹ Per maggiori approfondimenti sul tema si rimanda al capitolo 5, le nuove tecnologie disponibili e la loro credibilità scientifico-tecnologica verranno analizzate approfonditamente.

Nel 2010 il Dipartimento della Difesa americano ha speso 15 miliardi di dollari di energia, e solo per la benzina il costo è aumentato del 225% in dieci anni. Secondo il Vice Segretario della Difesa degli Stati Uniti, William J. Lynn, III, la nuova strategia energetica del Dipartimento della Difesa affronta sia l'aumento dei costi dell'energia sia la necessità di una migliore efficienza energetica ⁵⁰. La nuova strategia si fonda sul concetto che *«una nuova generazione di tecnologie militari che usano e immagazzinano l'energia in modo più efficiente emergerà solo se cambierà il modo di fare business, soprattutto nella fase di approvvigionamento energetico delle Forze Armate e di acquisizione di nuove attrezzature militari»*.

In futuro le Forze Armate saranno più capaci, ma consumeranno anche più energia. Per questa ragione il Dipartimento della Difesa americano ha inserito anche i costi energetici in sede di valutazione delle proposte di nuovi sistemi militari. Quindi, oltre ai parametri prestazionali tradizionali come velocità, autonomia e carico utile, il Dipartimento della Difesa americano ora considera tra i requisiti per l'acquisizione di nuove attrezzature anche dei parametri di rendimento energetico. In questo quadro, l'analisi dei costi energetici durante la fase di "analisi delle alternative" dei programmi di acquisizione della difesa non solo garantirà ai soldati combattenti di ottenere la velocità, la portata e la potenza di cui hanno bisogno, ma anche di aiutare il Dipartimento della Difesa a gestire il ciclo di vita dei costi dei suoi sistemi. L'analisi energetica sarà anche di aiuto al Dipartimento della Difesa per comprendere meglio l'impatto energetico delle forze mobilitate e dei costi umani e finanziari del trasporto di carburante in un teatro di guerra.

Il Corpo dei Marines ha già adottato questo nuovo approccio all'energia, inserendo parametri di prestazione energetica nello sviluppo di un nuovo sistema di sorveglianza. L'Esercito e l'Aeronautica Militare stanno sviluppando sistemi di risparmio di carburante, compreso l'utilizzo di turbine e veicoli di terra più efficienti.

Nel prossimi due capitoli verranno approfondite le modalità di impiego delle energie alternative nelle Forze Armate.

⁵⁰ Cfr. *Remarks at the U.S.A.F. - U.S. Army Energy Forum, As Delivered by Deputy Secretary of Defense William J. Lynn, III, Crystal City, Virginia, Tuesday, July 19, 2011*. Documento consultabile al seguente link: <http://www.defense.gov/speeches/speech.aspx?speechid=1594>

3

Energie Alternative per il “*core business*” delle Forze Armate

SOMMARIO: 3.1 Un approccio strategico al cambiamento climatico e alla sicurezza energetica – 3.2 L'efficienza energetica e l'uso di fonti rinnovabili di energia – 3.2.1 *Net Zero*: l'approccio strategico alla sostenibilità ambientale del Dipartimento della Difesa americano – 3.2.2 *Operational Energy Strategy*: la strategia sull'energia operativa del Dipartimento della Difesa americano – 3.3 La strategia *Net Zero Energy Military Installation* (NZEI): linee guida di implementazione operativa – 3.3.1 Valutazione e pianificazione dei progetti a risparmio energetico – 3.3.2 Linee guida per l'efficienza energetica – 3.3.3 Linee guida per l'impiego di fonti rinnovabili nella produzione di energia – 3.3.4 Linee guida per l'ottimizzazione energetica dei veicoli militari – 3.3.5 Linee guida la sicurezza delle infrastrutture di rete – 3.4 Le più recenti applicazioni delle fonti di energia alternative in ambito militare – 3.5 Applicazioni militari delle celle a combustibile – 3.6 La diffusione delle energie alternative in ambito militare – 3.7 Lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabili nel prossimo futuro.

Alla luce del cambiamento climatico e dei crescenti rischi di sicurezza energetica dovuti principalmente all'aumento della dipendenza energetica da combustibili fossili sempre più scarsi e situati in Paesi ad alta instabilità politica, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'uso di fonti rinnovabili di energia è divenuta una questione di cruciale importanza per le Forze Armate di tutto il mondo, anche per ottemperare agli obblighi di riduzione delle emissioni di carbonio.

Attualmente il successo delle missioni operative all'estero, come ad esempio in Iraq ed Afghanistan, dipende anche dagli approvvigionamenti di energia e dai rifornimenti di combustibili. Il trasporto dell'energia nei teatri operativi è una voce di costo sempre più importante nei bilanci delle Forze Armate, in termini di risorse economiche e di vite umane. Il Dipartimento della Difesa americano riporta che un terzo delle vittime di guerra ha a che fare con le operazioni di convoglio. Il 70% del peso del convoglio è costituito da acqua e/o combustibile. Pertanto la questione energetica e un'appropriata gestione dell'energia è divenuta una tematica fondamentale per garantire l'efficacia delle Forze Armate e mantenere la sicurezza nazionale.

In questo capitolo verranno affrontate le questioni ambientali e di sicurezza energetica da cui scaturisce la ricerca di una maggiore efficienza energetica e il ricorso alle fonti rinnovabili di energia per le Forze Armate. Si presenterà la nuova strategia per il consumo di risorse naturali adottata dal Dipartimento della Difesa americano, la *Net Zero Strategy*, che rappresenta ad oggi la migliore *best practice* in campo energetico e ambientale in ambito militare. Successivamente l'analisi si soffermerà sulla strategia energetica operativa per il miglioramento dell'efficienza energetica e sui possibili impieghi delle fonti rinnovabili di energia per il *core business* delle Forze Armate, ovvero per la produzione, il trasporto e il consumo di energia in teatri operativi.

3.1. Un approccio strategico al cambiamento climatico e alla sicurezza energetica

Il cambiamento climatico e la sicurezza energetica sono due temi chiave che avranno un ruolo importante nel plasmare la sicurezza nazionale in futuro. Anche se producono diversi tipi di sfide, il cambiamento climatico, la sicurezza energetica e la stabilità economica sono indissolubilmente legate. Le azioni che le Forze Armate metteranno in atto ora consentirà di rispondere efficacemente a queste sfide a breve termine e nel futuro ⁵¹.

Il cambiamento climatico influenzerà le Forze Armate in due modi principali.

“In primo luogo, i cambiamenti climatici influenzeranno l'ambiente operativo, i ruoli e le missioni che verranno intraprese”. La relazione dell'*U.S. Global Change Research Program*, composto da 13 agenzie federali, ha riportato nel 2009 che i cambiamenti legati al clima sono già in fase di osservazione in ogni regione del mondo, compresi gli Stati Uniti. Tra questi cambiamenti fisici si ricorda l'aumento di forti acquazzoni, l'aumento della temperatura e del livello del mare, il rapido scioglimento dei ghiacciai, l'allungamento delle stagioni, l'allungamento dei ghiacciai negli oceani, nei laghi e nei fiumi, l'anticipo delle prime nevicate e le alterazioni dei flussi dei fiumi. Valutazioni effettuate dagli esperti indicano che i cambiamenti climatici potrebbero avere impatti geopolitici in tutto il mondo, contribuendo alla povertà, alla degradazione ambientale, e all'ulteriore indebolimento dei governi fragili.

⁵¹ Cfr. *Quadrennial Defense Review (QDR)*, Department of Defense, United States of America, 2010. Documento consultabile al seguente link: <http://www.defense.gov/qdr>

Il cambiamento climatico contribuirà all'aumento della scarsità di cibo e di acqua, aumenterà la diffusione delle malattie e può stimolare o esacerbare le migrazioni di massa.

Mentre i cambiamenti climatici da soli non causano conflitti, essi possono agire come un acceleratore di instabilità o conflitto, facendo emergere un onere di risposta da parte delle Istituzioni civili e militari in tutto il mondo. Inoltre, eventi meteorologici estremi possono portare ad incremento della domanda di sostegno della difesa civile verso le autorità per l'assistenza umanitaria o di reazione alle catastrofi, sia in Patria sia all'estero. In alcune nazioni, l'esercito è l'unica istituzione con la capacità di rispondere su larga scala ad un disastro naturale. L'impegno proattivo con questi Paesi può contribuire a costruire la loro capacità di rispondere a tali eventi. Per esempio, il Dipartimento della Difesa americano, lavorando a stretto contatto con gli uffici competenti degli Stati Uniti, ha intrapreso iniziative di cooperazione con forze militari di altri Paesi per migliorare la sicurezza ambientale, che rappresenta un modo non minaccioso di stabilire un clima di fiducia, condividendo le migliori prassi in materia di installazioni di basi militari, di gestione delle attività operative e di sviluppare la capacità di risposta.

“In secondo luogo, sarà necessario adeguare le basi e le altre strutture militari ai cambiamenti climatici, al fine di migliorare l'efficienza nell'impiego delle risorse e raggiungere gli obiettivi di sostenibilità stabiliti dalla leggi nazionali ed europee”. Di conseguenza, le Forze Armate dovranno effettuare una valutazione complessiva di tutte le installazioni militari per valutare i potenziali impatti del cambiamento climatico sulle sue missioni e adattarle alle nuove esigenze. A questo proposito, è auspicabile che il Ministero della Difesa e le Forze Armate lavorino per promuovere gli sforzi per valutare, adattarsi e mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici. Con l'avanzare della scienza del clima, anche le Forze Armate saranno regolarmente in grado di valutare adeguatamente i rischi del cambiamento climatico al fine di sviluppare politiche e piani per la gestione dei suoi effetti sull'ambiente operativo, le missioni e le strutture militari.

Per esempio, sul piano interno, il Dipartimento della Difesa americano ha implementato il Programma di Ricerca e Sviluppo della Strategia Ambientale, frutto di uno sforzo congiunto tra Dipartimento della Difesa, Dipartimento dell'Energia, e Agenzia per la Protezione Civile, per sviluppare strumenti di valutazione del cambiamento climatico. All'estero, il Dipartimento ha intenzione di aumentare i propri investimenti in Programmi di Cooperazione Internazionale della Difesa Ambientale non solo per promuovere la cooperazione in materia

di sicurezza ambientale, ma anche per aumentare gli sforzi di adattamento a livello internazionale. Il Dipartimento investirà anche per promuovere un rapido trasferimento delle tecnologie energetiche innovative dai laboratori agli usi finali, militari e civili. Inoltre, il Programma di Certificazione di Sicurezza Tecnologica ed Ambientale già utilizza installazioni militari come banco di prova per dimostrare e creare un mercato per tecnologie innovative che migliorino l'efficienza energetica e utilizzino le energie rinnovabili, prodotte sia dal settore privato sia dal Dipartimento della Difesa e dai suoi laboratori energetici. Infine, il Dipartimento sta migliorando su piccola scala l'efficienza energetica e implementando progetti di energia rinnovabile in installazioni militari attraverso il programma di investimenti in risparmio energetico.

La sicurezza energetica per le Forze Armate significa avere assicurato l'accesso a forniture affidabili di energia e la capacità di proteggere e fornire energia sufficiente a soddisfare le esigenze operative. L'efficienza energetica può essere utilizzata come moltiplicatore di forza, perché aumenta la gamma e la resistenza delle forze in campo e può ridurre il numero di unità di combattimento impiegate per proteggere le linee di rifornimento energetico, che sono vulnerabili ad attacchi asimmetrici e interruzioni di energia convenzionali.

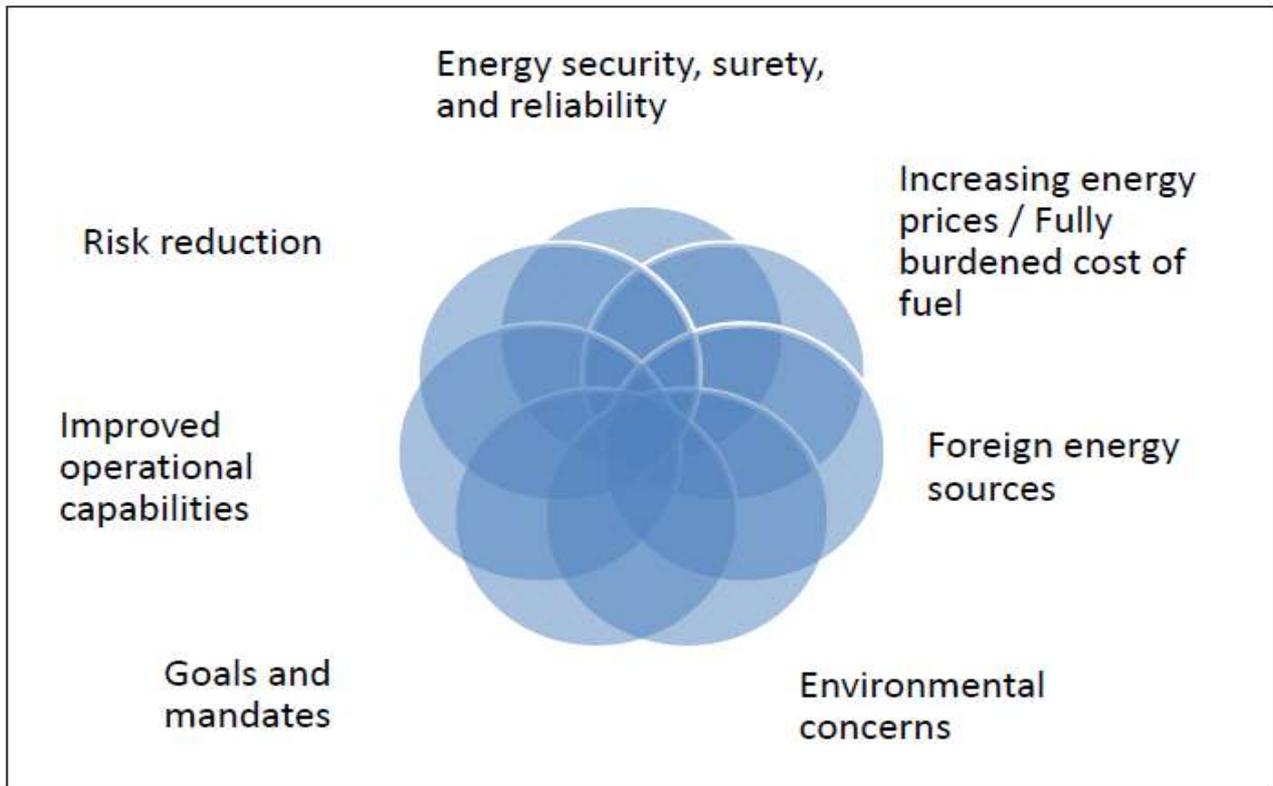
È quindi auspicabile che le Forze Armate integrino le considerazioni geostrategiche e di efficienza energetica operativa nei requisiti di sviluppo e nei processi di acquisizione delle attrezzature. È inoltre importante che le Forze Armate indaghino le fonti alternative di energia per migliorare l'uso operativo di energia.

Per esempio, il Dipartimento della Difesa americano ha creato un fondo di innovazione gestito dal nuovo Direttore dell'Energia Operativa per permettere di competere per il finanziamento di progetti che promuovono soluzioni energetiche integrate.

Una panoramica dei driver di cambiamento dei nuovi progetti militari in ambito energetico⁵² è illustrato dalla Tav. 42.

⁵² Cfr. *Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning*, National Renewable Energy Laboratory, 2010. Documento consultabile al seguente link: www.nrel.gov/docs/fy10osti/48876.pdf

Tav. 42 – Drivers di cambiamento della strategia energetica in ambito militare



Fonte: U.S. National Renewable Energy Laboratory, 2010.

Di fronte alle nuove sfide energetiche il Dipartimento della Difesa americano ha implementato un nuovo approccio all'energia per aumentare la sicurezza energetica nelle missioni operative e contemporaneamente rafforzare il controllo delle strutture domestiche. Seguendo questa nuova linea strategica, il Dipartimento della Difesa americano condurrà una valutazione energetica coordinata delle proprie strutture militari, dando la priorità agli asset più critici, e promuoverà gli investimenti in efficienza energetica per garantire che le installazioni ad alta criticità siano adeguatamente preparate per interruzioni prolungate di energia causate da calamità naturali disastri, incidenti o attacchi.

Allo stesso tempo, il Dipartimento adotterà le misure per bilanciare la produzione e la trasmissione di energia, garantendo al personale la formazione e l'addestramento, anche in teatri operativi, che sono necessari per mantenere la prontezza di reazione per mantenere intatta la sicurezza nazionale.

3.2 L'efficienza energetica e l'uso di fonti rinnovabili di energia

Attualmente il mandato del governo degli Stati Uniti è quello di concentrarsi sull'efficienza energetica e gli obiettivi di utilizzo dell'energia rinnovabile, anche per rispettare gli obiettivi di riduzione delle emissioni di carbonio. In questo contesto, il Dipartimento della Difesa americano ha adottato un piano strategico energetico per ridurre i consumi energetici, sviluppare nuove tecnologie, aumentare la consapevolezza del personale e migliorare l'approvvigionamento di energia al fine di ridurre i rischi di sicurezza energetica ⁵³. Un obiettivo primario è quello di raggiungere il 25% di utilizzo di energia elettrica rinnovabile entro il 2025. Inoltre, nel mese di ottobre 2009, il Segretario della Marina ha dichiarato un nuovo obiettivo: entro il 2020, il 50% dell'energia consumata dalle navi, dagli aerei, dai carri armati, dai veicoli di terra e dalle altre attrezzature dovrà provenire da fonti di energia alternative.

Nel complesso, il Dipartimento della Difesa americano ha adottato una nuova filosofia di gestione dell'energia e delle altre risorse naturali (es. acqua, legna, etc), la *Net Zero Strategy*. Questo approccio strategico, più attento alla sostenibilità ambientale, è frutto di un ripensamento generale della questione energetica e dell'impatto ambientale delle Forze Armate. Questa nuova filosofia di gestione è affiancata da una nuova strategia per la gestione dell'energia utilizzata in ambito operativo, la *Operational Energy Strategy*, che tiene conto dei costi strategici, operativi, tattici ed economici dell'approvvigionamento di energia in teatri operativi e che si pone l'obiettivo di ridurre i rischi di sicurezza energetica delle Forze Armate. Nei prossimi paragrafi verranno approfonditi i contenuti delle due nuove strategie implementate dal Dipartimento della Difesa americano in campo ambientale ed energetico.

3.2.1 *Net Zero*: l'approccio strategico alla sostenibilità ambientale del Dipartimento della Difesa americano

Nel 2008, il Dipartimento della Difesa e il Dipartimento dell'Energia americani hanno definito una iniziativa comune per affrontare l'uso militare dell'energia, individuando azioni specifiche per ridurre la domanda energetica e incrementare l'uso delle energie rinnovabili in

⁵³ Cfr. *Energy for the Warfighter, Operational Energy Strategy, Department of Defense, United States of America*, 2011. Documento consultabile al link: http://energy.defense.gov/OES_report_to_congress.pdf

ambito militare, denominata *Net Zero Energy Installation* (NZEI). È stata istituita una *task force* composta da rappresentanti dell'Ufficio del Segretario della Difesa (OSD), dei quattro servizi militari, del *DOE Federal Energy Management Program* (FEMP) e del *National Renewable Energy Laboratory* (NREL). Alla luce delle nuove priorità definite dal Dipartimento della Difesa ⁵⁴, all'inizio l'attenzione è stata data alla possibilità di realizzare installazioni militari a consumo di energia netta pari a zero, cioè installazioni che potessero soddisfare il loro fabbisogno energetico con fonti rinnovabili locali.

La base militare *Marine Corps Air Station* (MCAS) Miramar è stata selezionata dalla *task force* per essere la base prototipo per la valutazione netta di energia pari a zero e la pianificazione di nuovi progetti di energia di successo. Il ruolo del NREL era quello di adottare un approccio globale, primo nel suo genere, per la valutazione del potenziale MCAS Miramar di ottenere un consumo netto di energia pari a zero, e quindi di sviluppare un modello basato su questo lavoro che potrebbero essere replicato in altre basi militari. Il modello è stato sviluppato nella guida di valutazione e pianificazione della NZEI ⁵⁵.

Il Dipartimento della Difesa americano, dopo l'implementazione del progetto pilota NZEI ha definito una strategia olistica per tutelare le risorse naturali, la *Net Zero Strategy*. La nuova visione delle Forze Armate degli Stati Uniti è quella di gestire opportunamente le risorse naturali con un bilancio netto pari a zero. Questa strategia consiste nella gestione di tutte le strutture ed equipaggiamenti non solo su un consumo di energia netta pari a zero, ma anche zero consumo di acqua e zero produzione di rifiuti. La sicurezza energetica e la sostenibilità sono operativamente e finanziariamente necessarie. Il Dipartimento della Difesa sta creando una nuova cultura che riconosca il valore della sostenibilità e consenta una misurazione delle prestazioni non solo in termini di benefici economici, ma anche benefici legati al mantenimento della capacità di missione, alla qualità della vita, ai rapporti con le comunità locali e alla conservazione delle opzioni per il futuro delle Forze Armate. In questo quadro, le Forze Armate stanno sfruttando le *partnership* con il settore privato, compresi gli accordi di approvvigionamento energetico, il leasing, i contratti di risparmio energetico e i contratti di servizio per la fornitura di energia come strumenti di collaborazione con il settore privato per raggiungere questi obiettivi.

⁵⁴ Cfr. *Quadrennial Defense Review* (QDR), *Department of Defense, United States of America*, 2010. Documento consultabile al seguente link: <http://www.defense.gov/qdr>

⁵⁵ Cfr. *Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning*, *National Renewable Energy Laboratory*, 2010. Documento consultabile al seguente link: www.nrel.gov/docs/fy10osti/48876.pdf

Alle Forze Armate è richiesto quindi di investire nelle proprie strutture, veicoli ed equipaggiamenti per migliorare l'efficienza nell'uso di energia, acqua e rifiuti a beneficio delle missioni attuali e future.

La visione *Net Zero* è un approccio olistico per affrontare il consumo di energia, acqua e rifiuti in tutte le strutture e installazioni delle Forze Armate americane. Questo approccio è un moltiplicatore di forza che permette alle Forze Armate di utilizzare adeguatamente le risorse disponibili, gestire i costi e fornire ai soldati, alle famiglie e alla comunità civile un futuro sostenibile. In un'epoca di conflitto persistente, con una missione di stabilizzazione nelle nazioni in guerra, un vero fattore di stabilizzazione può essere quello di gestire le risorse in modo appropriato. La nuova visione *Net Zero* permetterà la diffusione capillare delle buone prassi sostenibili a tutti i livelli delle Forze Armate e consentirà anche di massimizzare la capacità operativa, la disponibilità delle risorse e il benessere.

L'approccio è composto da cinque fasi collegate tra loro: la riduzione, la re-destinazione, il riciclaggio e compostaggio, il recupero energetico e lo smaltimento. Ogni passo è un gradino verso il raggiungimento del consumo netto di risorse naturali pari a zero.

La riduzione comprende la massimizzazione dell'efficienza energetica in installazioni esistenti, l'attuazione di pratiche di conservazione dell'acqua, e l'eliminazione della produzione di rifiuti non necessari. La re-destinazione o nuova finalizzazione di una risorsa comporta la distrazione di energia, acqua o rifiuti verso uno scopo secondario, con processi limitati. Il riciclo o compostaggio comporta la gestione del flusso dei rifiuti solidi, lo sviluppo di sistemi a ciclo chiuso per recuperare l'acqua, o la cogenerazione, quando vengono prodotte due forme di energia (calore ed elettricità) da un'unica fonte. Il recupero di energia può avvenire dalla conversione dei rifiuti inutilizzabili per l'energia, energie rinnovabili o fonti di acqua geotermica. Lo smaltimento è il passo finale e dopo che l'ultima goccia d'acqua è stata utilizzata, l'ultima quantità di energia termica è stata impiegata e tutte le altre strategie di mitigazione dei rifiuti sono state pienamente esercitate.

Il *framework* di riferimento di questa nuova strategia è illustrato nella Tav. 43.



Fonte: Office of the Assistant Secretary of the Army (Installations, Energy & Environment), 2010.

Più in dettaglio, una *Net Zero Energy Installation* è una struttura che produce più energia rinnovabile in loco di quanta ne utilizza, nel corso di un anno. Per raggiungere questo obiettivo ogni struttura militare necessita di misurare i propri consumi di energia, investire in progetti di efficienza energetica e vagliare attentamente le soluzioni energetiche presenti sul mercato, mediante processi di *benchmarking* per identificare ulteriori opportunità. Il passo successivo è quello di sfruttare l'energia dei rifiuti. Gli scarichi delle caldaie, gli scarichi degli edifici o di altri flussi di energia termica possono essere utilizzati per uno scopo secondario. La cogenerazione recupera calore dal processo di produzione di energia elettrica. Il saldo del fabbisogno energetico potrà essere ridotto anche da progetti di sviluppo di energia rinnovabile.

Una *Net Zero Water Installation* è una installazione che riduce il consumo di acqua potabile, cattura, riutilizza o rigenera una quantità di acqua uguale o superiore alla quantità di acqua che consuma. Questo approccio assume una crescente importanza in quanto la scarsità di acqua pulita e potabile sta rapidamente diventando un problema grave in molti Paesi in tutto il mondo. Il continuo ritiro delle grandi falde acquifere sta ponendo problemi significativi per il nostro futuro.

Strategie come la raccolta dell'acqua piovana e di riciclo delle acque di scarico per il riutilizzo possono eliminare la necessità di attingere l'acqua comunale, l'utilizzo delle fognature e la raccolta di acqua reflue. La desalinizzazione può essere utilizzata per convertire l'acqua salmastra o salata ad acqua dolce ed è quindi adatta al consumo umano o all'irrigazione. Per realizzare una struttura a consumo netto di acqua pari a zero, gli sforzi delle Forze Armate dovrebbero concentrarsi su conservazione dell'acqua, efficienza nell'impiego e riduzione delle perdite di acqua dei sistemi di distribuzione.

L'acqua può essere riciclata utilizzando acque grigie generate da fonti quali docce, lavanderie o torri di raffreddamento (acque grigie) e catturando le precipitazioni e il deflusso delle acque piovane precipitate in loco (tubature viola). Le acque reflue possono anche essere trattate e ricaricate nelle falde acquifere sotterranee. Diverse installazioni delle Forze Armate americane stanno già percorrendo il lungo sentiero per raggiungere gli obiettivi di consumo netto di acqua pari a zero.

L'approccio alla creazione di una *Net Zero Waste Installation* è simile a quello della creazione di una installazione a consumo di energia netta pari a zero. I componenti della strategia zero rifiuti solidi partono dalla riduzione della quantità dei rifiuti prodotti; passano per il re-impiego dei rifiuti, massimizzando il riciclaggio dei rifiuti per recuperare materiali riciclabili e compostabili e per il recupero di rifiuti per produrre energia, come un sottoprodotto della riduzione dei rifiuti, per giungere all'azzeramento dello smaltimento dei rifiuti. Le strategie di riciclaggio si stanno evolvendo rapidamente, andando oltre metalli, carta e cartone per includere materassi, vetro, plastica, batterie, stampanti per computer e olio motore.

La strategia migliore è quella di considerare il flusso di rifiuti nelle procedure di approvvigionamento al fine di ridurre il volume degli imballaggi, riutilizzare quanto più è possibile e riciclare il resto. Una vera strategia zero rifiuti considera lo stato finale dei prodotti al momento della decisione di acquisto. L'implementazione di una strategia zero rifiuti elimina la necessità di discariche, protegge la salute umana, ottimizza l'uso delle risorse e mantiene l'ambiente pulito.

3.2.2 *Operational Energy Strategy*: la strategia sull'energia operativa del Dipartimento della Difesa americano

La sicurezza energetica è fondamentale per la sicurezza nazionale. Come descritto nel 2010 *Quadrennial Defense Review* (QDR), la sicurezza energetica vuol dire garantire l'accesso a forniture affidabili di energia e assicurare la capacità di proteggere e fornire energia sufficiente per soddisfare le esigenze operative.

Il Dipartimento della Difesa americano definisce l'energia operativa come “*energia necessaria per la formazione, il movimento e il sostentamento delle forze militari e delle piattaforme di armi per le operazioni militari. Il termine comprende l'energia utilizzata dai sistemi di alimentazione energetica tattici, da generatori tattici e piattaforme per armi*”. Circa il 75% dell'energia consumata dal Dipartimento della Difesa americano nel 2009 è stato considerato operativo in questa definizione, mentre le installazioni fisse hanno rappresentato l'altro 25%, in gran parte rappresentate da strutture di supporto e veicoli non tattici ⁵⁶.

Questa classificazione è utile anche ai fini della presente analisi per dividere l'attività svolta dalle Forze Armate, distinguendo il *core business* dalle altre attività svolte dalle Forze Armate. Nel proseguo del capitolo verranno pertanto analizzate le ipotesi di impiego delle energie rinnovabili per lo svolgimento delle attività tipiche delle Forze Armate, ovvero per l'alimentazione di sistemi e generatori di energia tattici e per le piattaforme mobili. Nel prossimo capitolo verranno invece approfondite le opportunità di utilizzo delle fonti rinnovabili di energia per le installazioni fisse, soprattutto localizzate in Patria e i mezzi di trasporto non tattici (veicoli passeggeri, camion, etc).

In pratica, l'energia operativa è l'energia utilizzata per le attività *core* svolte dalle Forze Armate, ovvero è l'energia utilizzata per:

- dispiegamenti militari, che comprendono l'intero spettro delle missioni da svolgere;
- supporto diretto di dispiegamenti militari;
- addestramento a sostegno delle forze militari per garantire una pronta risposta nelle missioni militari.

⁵⁶ Cfr. “*Energy Infrastructure and Fuels Required to Support Permanent DoD Installations*”; Office of the Deputy Under Secretary of Defense (Installations and Environment), *Department of Defense Annual Energy Management Report, Fiscal Year 2009, May 2010*; p 9.

I dispiegamenti militari in genere si basano su combustibili derivati dal petrolio, utilizzati da apparecchiature di alimentazione energetica, basi di spedizione, veicoli tattici, aerei, navi da guerra e altre piattaforme. Nelle attuali operazioni in Afghanistan e in Iraq, il JP-8 (o JP-5 per le navi) è il combustibile più diffuso sul campo di battaglia. Nelle basi militari fisse l'energia elettrica proviene direttamente dalla rete elettrica civile. Altre missioni che si basano su combustibili derivati dal petrolio, come la mobilità degli aerei, possono provenire anche da installazioni fisse. L'addestramento si basa su combustibili derivati dal petrolio e dall'elettricità generata da una varietà di fonti, tra cui nucleare (non in Italia) e si verifica in installazioni fisse in Patria e in sedi in tutto il mondo, nei cinque ambiti (aria, terra, mare, spazio e cyberspazio) e può coinvolgere altre nazioni.

Le Forze Armate dovranno impegnarsi in una vasta attività di formazione. Il miglioramento della sicurezza energetica operativa può significare nuove attrezzature, nuova dottrina, nuovi concetti di operatività, o altri cambiamenti nelle operazioni militari, e tali modifiche devono essere incorporati nella formazione, al fine di effettuare un addestramento delle forze militari efficace e sicuro.

Oggi, le forze Usa sono coinvolte in una vasta gamma di missioni, comprese le operazioni in corso in Afghanistan e in Iraq, le operazioni di soccorso umanitario e di emergenza, esercitazioni e le implementazioni di routine a sostegno di alleanze e *partnership*. Molte di queste missioni possono comportare lunghe distanze, implementazioni rapide e una presenza costante che richiedono grandi volumi di combustibile. I principali consumatori di carburante nelle operazioni in corso in Afghanistan sono aerei, veicoli terrestri e basi di spedizione. Aerei e navi rappresentano la maggioranza del consumo complessivo di energia operativa del Dipartimento della Difesa. Lo spostamento di grandi quantità di combustibile per le operazioni militari comporta rischi logistici e tattici e può essere molto costoso. Nel 2010, ad esempio, il Dipartimento ha consumato quasi 5 miliardi di galloni di petrolio nelle operazioni militari, che costano 13,2 miliardi dollari, un aumento del 255% rispetto ai prezzi del 1997. Inoltre, data la volatilità dei mercati petroliferi, è difficile prevedere una diminuzione dei costi del carburante.

L'energia è fondamentale per il funzionamento delle Forze Armate - dal singolo guerriero al livello di grandi unità - in modi che possono essere indipendenti dal volume di carburante consumato. Rispetto ai veicoli aerei o di terra, per esempio, un combattente per tre giorni di pattuglia a piedi in Afghanistan ha una domanda relativamente piccola di energia,

ma che sta crescendo costantemente. Oggi, un militare può trasportare più di 33 batterie, fino 23 kg di peso. Entro il 2012, la carica di energia necessaria per la stessa missione dovrebbe aumentare fino a più di 50 batterie per soldato, del peso di quasi 40 kg. Il Corpo dei *Marines* ha monitorato un aumento drammatico nel consumo energetico di attrezzature, con un aumento del 250% per le radio e un aumento del 300% per i computer, negli ultimi dieci anni.

L'obiettivo della strategia sull'energia operativa è quello di garantire che le Forze Armate abbiano le risorse energetiche di cui hanno bisogno per affrontare le sfide del ventunesimo secolo. Questa strategia si fonda su tre direttrici principali per aumentare la sicurezza energetica e la capacità di risposta delle Forze Armate ⁵⁷:

1. *“More fight, less fuel: Reduce the demand for energy in military operations”.*

Il motto sta per *“Più combattimento, meno combustibile, ovvero puntare sulla riduzione delle esigenze energetiche nelle operazioni militari”*. Poiché le missioni militari di oggi richiedono quantità crescenti di energia, e le linee di approvvigionamento sono sempre più costose, vulnerabili agli attacchi e onerose per i soldati, il Dipartimento ha bisogno di:

- ridurre la domanda complessiva di energia operativa;
- migliorare l'efficienza del consumo energetico militare al fine di migliorare l'efficacia di combattimento;
- ridurre i rischi e i costi delle missioni militari.

2. *“More options, less risk: Expand and secure the supply of energy to military operations”.*

Il motto sta *“Più opzioni, meno rischi, ovvero potenziare e assicurare la fornitura di energia alle operazioni militari”*. La maggior parte delle operazioni militari dipendono da un'unica fonte energetica, il petrolio, che ha ripercussioni economiche, svantaggi strategici e ambientali. Inoltre, la sicurezza delle infrastrutture di approvvigionamento energetico non è sempre robusta. Ciò include anche la rete elettrica civile negli Stati Uniti che alimenta alcune installazioni fisse che supportano direttamente le operazioni militari.

⁵⁷ Cfr. *Energy for the Warfighter, Operational Energy Strategy, Department of Defense, United States of America*, 2011. Documento consultabile al link: http://energy.defense.gov/OES_report_to_congress.pdf

Il Dipartimento della Difesa ha bisogno di diversificare le sue fonti di energia e proteggere l'accesso alle fonti di energia al fine di avere una fornitura più affidabile e sicura di energia per le missioni militari.

3. *More capability, less cost: Build energy security into the future force.*

Il motto sta per “*Più possibilità, meno costi: ovvero incorporare la sicurezza energetica nelle Forze Armate del futuro*”. Le operazioni moderne comportano più combustibili, rischi e costi che in passato con conseguenze tattiche, operative e strategiche. Eppure le Istituzioni del Dipartimento della Difesa e i processi attuati dallo stesso per garantire lo sviluppo delle forze militari e delle missioni future non considerano tali rischi e costi in maniera sistematica. Il Dipartimento necessita di integrare nella pianificazione dell'attività futura e nello sviluppo e crescita delle forze militari anche le considerazioni sulla disponibilità di energia operativa. L'energia sarà, di per sé, una risorsa importante per rispondere con efficacia alle missioni previste dalla strategia militare nazionale.

Per ridurre la domanda di energia operativa, dovranno essere adottate le seguenti azioni:

1. Documentare i consumi energetici effettivi e previsti nelle operazioni militari in corso e previste, poiché al momento il Dipartimento non ha dati sufficienti sull'analisi dei consumi dell'energia operativa per gestire il consumo in modo efficace. I servizi militari hanno bisogno di una migliore tracciabilità dell'energia consumata, dove e per quali scopi al fine di migliorare la sicurezza operativa energetica, a tal fine si auspica l'utilizzo di sistemi di valutazione delle *performance* e *accountability* dei combustibili consumati e dei costi energetici sostenuti.
2. Accelerare e adottare innovazioni tecnologiche e di gestione dell'energia per ridurre la domanda e migliorare l'efficienza, investendo in ricerca, sviluppo e valutazione; apportando miglioramenti in attrezzature e sistemi d'arma e sviluppando una maggiore integrazione dei concetti di efficienza energetica nella pianificazione.

Per migliorare la sicurezza operativa della fornitura di energia, dovranno essere adottate le seguenti azioni:

1. Diversificare e sviluppare nuove fonti di energia adatte al trasporto, promuovendo ricerca, sviluppo e valutazione; implementando i sistemi di generazione di energia da fonti alternative; sviluppando una maggiore integrazione dei concetti di sicurezza

energetica nella pianificazione; stabilendo politiche e strategie di investimento in ricerca per combustibili alternativi.

2. Assicurare nelle installazioni fisse una fornitura di energia affidabile anche in condizioni operative critiche, valutando i rischi di interruzioni di breve e lungo termine dell'approvvigionamento energetico, soprattutto della rete elettrica pubblica e sviluppare piani per assicurare la fornitura affidabile di energia attraverso la protezione e la manutenzione delle infrastrutture energetiche; una maggiore resistenza alle perturbazioni e l'adozione di piani per gestire la ridondanza di energia necessaria a garantire l'esecuzione di missioni operative critiche.

Per integrare i costi economici e le implicazioni di sicurezza del consumo di energia operativa in strutturazione, equipaggiamento, e atteggiamenti delle Forze Armate e per la considerazione dei costi energetici nella pianificazione delle operazioni militari, si dovrebbero adottare le seguenti misure:

1. Analizzare le "lezioni apprese" dalle operazioni in corso per definire i futuri piani di programmazione, considerando le conseguenze tattiche, operative e strategiche del trasporto di carburante nei teatri operativi; del prolungato sostentamento dei dispiegamenti militari; della disponibilità di energia nei Paesi partner e delle soluzioni tecnologiche innovative che possono essere facilmente utilizzate per ridurre il consumo energetico.
2. Applicare le "lezioni apprese" per il futuro sviluppo delle forze militari tra cui: pianificazione strategica, pianificazione delle forze, requisiti di sviluppo, processi di acquisizioni e *budgeting*.
3. Incorporare le "lezioni apprese" nella dottrina e diffondere la nuova cultura energetica attraverso l'adozione di programmi di formazione e istruzione.

Definita la strategia sull'energia operativa, il Dipartimento della Difesa americano si è impegnato a pubblicare, in brevissimo tempo, anche il piano di implementazione operativo, che definirà in maniera univoca obiettivi, risorse e tempistica delle attività necessarie per raggiungere gli obiettivi strategici, la cui analisi sarà utile anche per definire una nuova strategia energetica delle Forze Armate italiane.

3.3 La strategia *Net Zero Energy Military Installation (NZEI)*⁵⁸ : linee guida di implementazione operativa

3.3.1 Valutazione e pianificazione dei progetti a risparmio energetico

La *Net Zero Energy Military Installation (NZEI)* è un nuovo approccio che mira all'autosufficienza energetica delle Forze Armate mediante la riduzione della domanda di energia e l'uso di fonti rinnovabili di energia su base locale. I principali passi da compiere per implementare questa strategia in ambito militare sono:

- 1) *Avviare il progetto*: sostenere il progetto da parte dei vertici, stabilire un gruppo di lavoro che rappresenti le parti interessate, definire i confini del progetto e impostare la linea di sviluppo temporale.
- 2) *Stabilire linee guida su energia e gas serra*: identificare l'installazione oggetto del progetto, i confini geografici, gli aspetti energetici rilevanti e qualsiasi fabbisogno energetico particolare (ad esempio, l'affidabilità, le prestazioni in situazioni di emergenza, ecc); sintetizzare annualmente il consumo di energia utilizzata da tutte le componenti dell'installazione, il suo tipo e i mezzi di distribuzione e di acquisire familiarità con i progetti di energia già previsto in loco.
- 3) *Ridurre la domanda attraverso l'azione umana*: identificare gli approcci per ridurre al minimo lo spreco di energia, pur mantenendo o migliorando la qualità dell'esecuzione dell'attività da svolgere, sensibilizzando il personale.
- 4) *Effettuare una valutazione di efficienza energetica*: identificare specifici progetti di efficienza energetica in loco e il loro effetto sul consumo di energia dell'installazione.
- 5) *Impiegare una delle energie rinnovabili e valutare la riduzione del carico*: identificare i progetti sfruttando in loco delle energie rinnovabili per l'energia elettrica e/o calore, o che utilizzano combustibili rinnovabili in loco per l'energia elettrica e/o produzione di calore.
- 6) *Eseguire una valutazione dei mezzi di trasporto*: identificare i progetti per la riduzione e la sostituzione dell'uso di combustibili fossili nei veicoli militari.

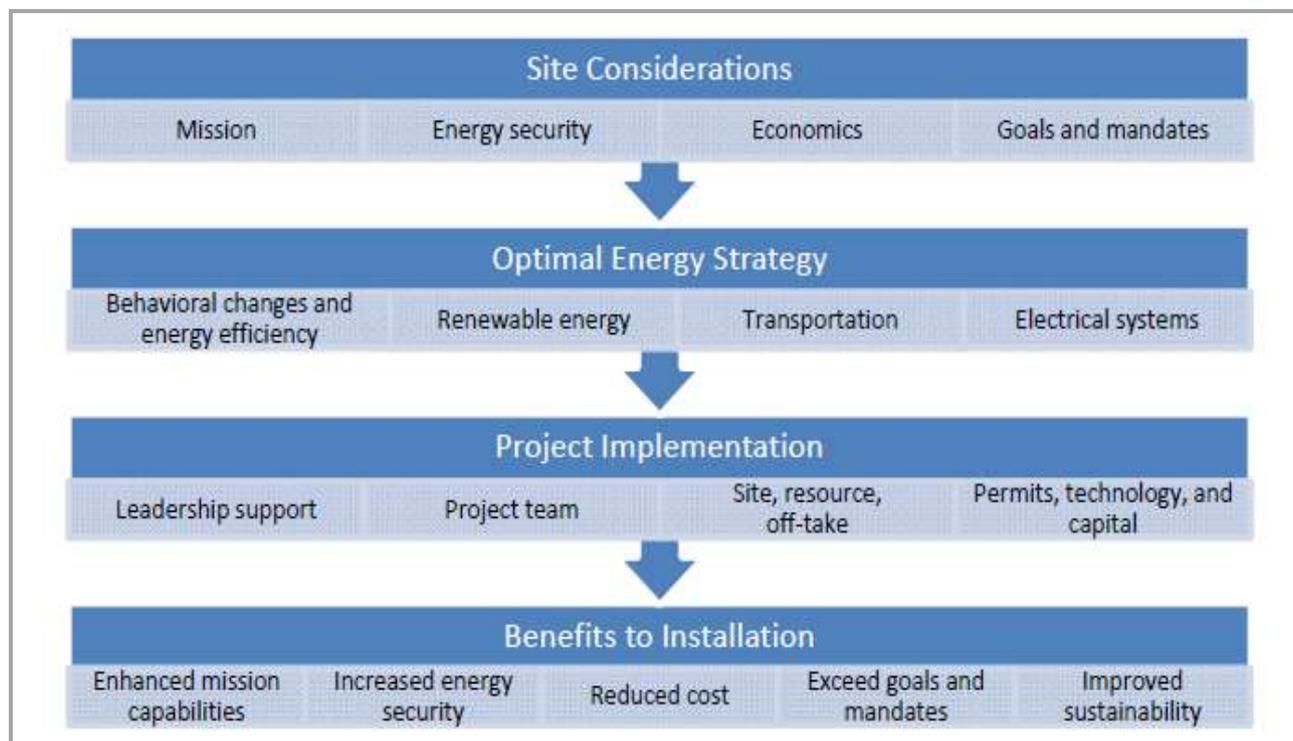
⁵⁸ Cfr. *Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning*, National Renewable Energy Laboratory, 2010. Documento consultabile al seguente link: www.nrel.gov/docs/fy10osti/48876.pdf

7) *Eseguire una valutazione dei sistemi elettrici*: identificare gli impatti dei progetti di energia rinnovabile sugli impianti elettrici dell'installazione e delineare le caratteristiche di una *smart microgrid* per supportare l'operatività dell'installazione in caso di emergenza per mal funzionamento o rottura della rete elettrica pubblica.

8) *Predisporre delle raccomandazioni sul progetto energetico*: riassumere i risultati degli sforzi compiuti precedentemente per valutare i progetti energetici ed esaminare le opzioni di implementazione. Poi, con riferimento ai vincoli più ampi per l'installazione e la sua operatività, raccomandare una serie di progetti energetici. Calcolare la misura in cui l'installazione può adottare un approccio a zero energia. Dimostrare come i progetti suggeriti, di concerto con i progetti già previsti, può essere una strada sicura per ottenere risparmi energetici, con attenzione alla tempistica del progetto, al ciclo di vita economico e contrattuale e alle opzioni di finanziamento.

Una sintesi dello sviluppo di una strategia ottimale di utilizzo di energia del tipo NZEI si può vedere in Tav. 44.

Tav. 44 – Diagramma di flusso della strategia NZEI



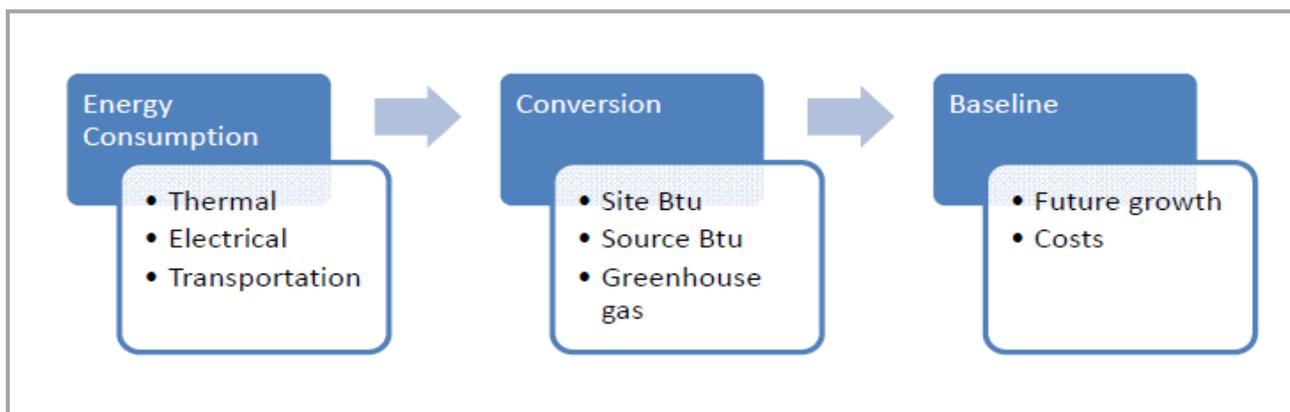
Fonte: National Renewable Energy Laboratory, NZEI 2010.

Si sottolinea che per una corretta implementazione di una strategia energetica efficace è indispensabile avere a disposizione:

- le informazioni sugli attuali consumi di energia e combustibile;
- le informazioni sui costi sopportati per l’approvvigionamento di energia e combustibile;
- un sistema di misurazione dei consumi energetici ed appropriati indicatori di performance energetici.

A tal fine si suggerisce, anche in Italia, l’istituzione di un’agenzia come quella del governo degli Stati Uniti, la *U.S. Energy Information Administration* (EIA), oppure una *task force* specializzata, per la raccolta e l’analisi delle informazioni sull’energia e i combustibili in ambito militare. Un primo passo in questa direzione è l’annuncio del Ministro della Difesa, dell’8 luglio 2011, della volontà di costituire un Comitato consultivo in campo energetico del quale faranno parte oltre ai due Sottosegretari di Stato alla Difesa ed ai Vertici militari della Difesa, rappresentanti di tutti gli schieramenti politici presenti in Parlamento, sia della maggioranza sia dell’opposizione, ed al quale potranno essere invitati i Presidenti delle Commissioni di Camera e Senato. «Un comitato – ha affermato il Ministro – che avrà come compito principale quello di fornire informazioni sull’attività svolta, nel segno della massima trasparenza»⁵⁹.

Tav. 45 – Linee guida per lo sviluppo di un progetto energetico



Fonte: National Renewable Energy Laboratory, NZEI 2010.

⁵⁹ Cfr. “Caserme fotovoltaiche, le Forze Armate scelgono il sole”, Rinnovabili.it, 2011 al seguente link: <http://www.rinnovabili.it/caserme-fotovoltaiche-le-forze-armate-scelgono-il-sole404545>

Per raggiungere gli obiettivi di sicurezza energetica, ambientale ed economica delle Forze Armate nel prossimo futuro, la transizione verso l'energia pulita dovrebbe essere accompagnata da un cambiamento culturale del personale che richiede lo sviluppo della consapevolezza energetica individuale, nuove abitudini di consumo energetico e attenzione creativa continua verso le metodologie per ridurre la domanda energetica.

Non esiste un "proiettile d'argento" o una soluzione puramente tecnologica per affrontare le sfide energetiche: anche se si utilizzano tecnologie a risparmio energetico, la tendenza della domanda di energia è in crescente aumento, considerate la crescita costante della popolazione in crescita e la produzione di nuove generazioni di dispositivi ad alto consumo energetico.

Quindi, in combinazione con una valutazione NZEI, i dirigenti del Ministero della Difesa dovrebbero istituire campagne di sensibilizzazione del personale delle Forze Armate per ridurre la domanda energetica. Un approccio consigliato è indicato di seguito.

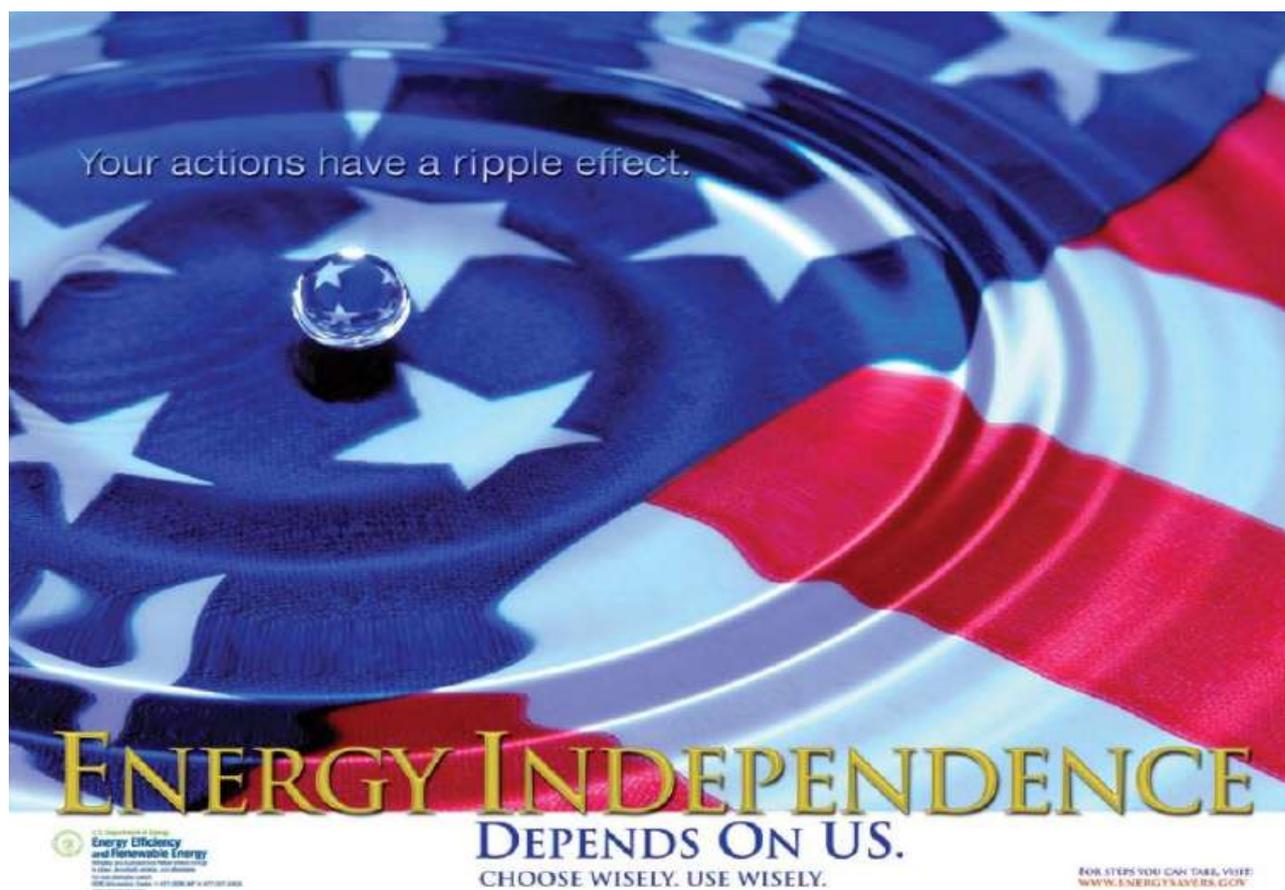
Tav. 46 – Iniziative di sensibilizzazione energetica delle Forze Armate



Fonte: FEMP, 2010⁶⁰.

A titolo esemplificativo si riporta un esempio di campagna di sensibilizzazione del Dipartimento della Difesa americano.

⁶⁰ Cfr. "Creating an Energy Awareness Program", FEMP, Page 3. Documento consultabile al seguente link: http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/yhpt_ceap_hndbk.pdf



Fonte: FEMP, 2010 ⁶¹.

3.3.2 Linee guida per l'efficienza energetica

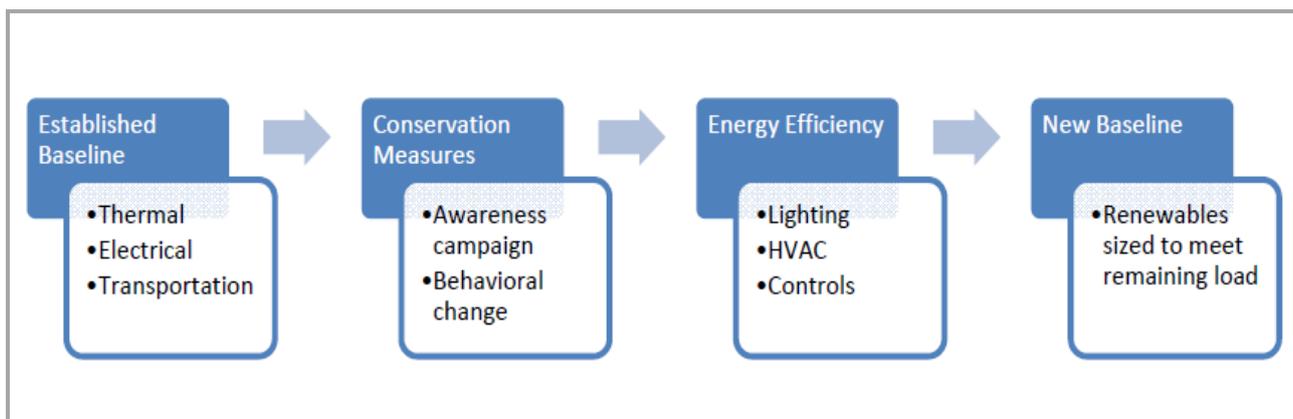
Dopo aver determinato la riduzione del consumo energetico attraverso azioni a bassa intensità di capitale (spegnere le luci e il sistema di condizionamento quando si esce da una stanza), una ulteriore valutazione della riduzione della domanda attraverso l'uso di tecnologie innovative di efficienza energetica deve essere condotta in tutte le strutture ed infrastrutture.

Una stima quantitativa del potenziale energetico da ridurre è necessaria prima di dimensionare l'introduzione di sistemi di generazione di energia rinnovabile o altre tecnologie di generazione. Un risultato supplementare dovrebbe essere l'analisi comparativa del rendimento energetico corrente.

⁶¹ Cfr. "Creating an Energy Awareness Program," FEMP, Page 3. Documento consultabile al seguente link: http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/yhtp_ceap_hndbk.pdf

Oltre alla valutazione dei risparmi energetici ottenibili e del *benchmark* del consumo energetico rispetto a strutture simili, le Forze Armate potrebbero valutare la possibilità di costruire modelli computerizzati per selezionare le installazioni più idonee per ottenere maggiori risparmi di energia da interventi di efficienza energetica. Inoltre, le Forze Armate potrebbero valutare la possibilità di coinvolgere il settore privato e le imprese di servizi di pubblica utilità mediante l'uso di contratti con prestazione energetica di risparmio che aiutino a determinare i risparmi potenziali e le misure di conservazione dell'energia.

Tav. 48 – Linee guida per progetti di efficienza energetica



Fonte: National Renewable Energy Laboratory, NZEI 2010.

3.3.3 Linee guida per l'impiego di fonti rinnovabili nella produzione di energia

Il bilancio dell'energia consumata – dopo aver effettuato tutti gli interventi per migliorare l'efficienza energetica – può essere ulteriormente migliorato attraverso l'impiego di fonti di energie rinnovabili. Per identificare i progetti di energia rinnovabile candidati sarebbe opportuno utilizzare adeguati strumenti di screening. Il *mix* ottimale di tecnologie ad energia rinnovabile per ogni installazione è fortemente legato alle caratteristiche del sito e può essere identificato mediante un approccio di ottimizzazione. Altri progetti per la riduzione delle energie non rinnovabili (ad esempio sistemi di cogenerazione e celle a combustibile), possono essere sviluppati quando i criteri di pianificazione locale mostrano una forte convenienza nella loro implementazione.

Il primo passo per una valutazione dell'utilizzo di energie rinnovabili è la dotazione di strumenti di *screening* per esaminare il potenziale di energia rinnovabile realizzabile nella sede dell'installazione. Questi strumenti dovrebbero servire da filtro per l'eliminazione dei

progetti meno convincenti. Il risultato di questo *screening* è l'identificazione delle tecnologie selezionate per una valutazione ulteriore.

A tal fine è indispensabile una mappatura delle fonti rinnovabili di energia disponibili per il singolo sito, così da poter determinare la fattibilità potenziale dei progetti. Per esempio, una elevata velocità del vento suggerisce un potenziale progetto eolico, mentre la presenza di discariche vicino la base indicano il potenziale impiego del *waste to energy*.

Le tecnologie di generazione di energia da fonti rinnovabili sono il solare fotovoltaico (PV), il solare termico, l'eolico, la cogenerazione, le biomasse (utilizzando varie fonti di combustibile), l'illuminazione naturale, la ventilazione solare per il preriscaldamento, la geotermia, il gradiente termico degli oceani, i sistemi idrodinamici e la produzione di energia dai rifiuti o *waste to energy*. Ogni tecnologia richiede una serie di informazioni specifiche necessarie per accertare la fattibilità del progetto in un determinato sito.

Esistono dei *software* ad hoc per effettuare una valutazione del potenziale di energia rinnovabile di un sito, che consentono di determinare la fattibilità (anche economica) dei progetti. Diversi strumenti di *screening* per effettuare delle valutazioni tecniche dettagliate sono identificati nel box seguente.

I software per valutare la fattibilità dei progetti di utilizzo di fonti rinnovabili di energia

Renewable Energy Overview

http://www1.eere.energy.gov/femp/technologies/renewable_energy.html

FEMP Renewable Energy Information Portal—provides a variety of information on requirements, technologies, resources, purchasing renewable power, and training

Solar Resource Maps and Tools

<http://www.nrel.gov/gis/solar.html>

Resource maps that can be utilized to determine solar project potential

Solar Power Prospector (Primarily for CSP)

<http://mercator.nrel.gov/csp/>

Tool that can be utilized to determine CSP project potential at a specific location

In My Backyard (IMBY)

<http://www.nrel.gov/eis/imby/>

A solar mapping tool designed to calculate energy potential for a PV array covering a given area at a selected site

Solar Water Heating and Solar Vent Pre Heat Maps

<http://www.nrel.gov/gis/femp.html#water>

Resource and payback maps for solar hot water and solar vent preheat across the United States

Wind Resource Maps

http://www.windpoweringamerica.gov/wind_maps.asp

Resource maps that can be utilized to determine wind project potential

Bio Power Mapping Application

<http://rpm.nrel.gov/biopower/biopower/launch>

Resource maps, plant locations, and other information that can be utilized to determine biomass project potential

Federal Mandate Information

http://www1.eere.energy.gov/femp/regulations/requirements_by_subject.html#re

Information on federal energy laws and regulations

HOMER

<http://www.homerenergy.com/>

A tool for analyzing electric hybrid power systems, which contain a mix of renewable energy, conventional generators, and batteries

segue

segue

Solar Advisory Model Tool

<https://www.nrel.gov/analysis/sam/>

A tool that allows for a simple or detailed production analysis and financial modeling of PV and CSP solar energy systems

PV Watts Solar Analysis Tool

<http://www.nrel.gov/rredc/pvwatts/>

A tool that allows for a simple analysis of potential PV production and cost savings

RET Screen Analysis Tool

<http://www.retscreen.net/ang/home.php>

A software tool that allows for the analysis of numerous renewable energy and energy efficiency technologies

Solar Pool Information and Calculator

<http://energy.sandia.gov/index.htm>

Information regarding implementation of solar hot water pool heating systems as well as a calculator to estimate savings

Hydropower and Ocean Energy Resources and Technologies

http://www1.eere.energy.gov/femp/technologies/renewable_hydropower.html

Information regarding hydropower and ocean energy technologies

Geothermal Technology Information

<http://www1.eere.energy.gov/geothermal/>

Information about geothermal energy such as technology, resources, and project financing

Combined Heat and Power

<http://www1.eere.energy.gov/femp/technologies/derchp.html>

Information on combined heat and power technologies such as technology overview, market studies, federal requirements, and other resources

Waste-to-Energy

<http://www.epa.gov/rdee/energy-and-you/affect/municipal-sw.html>

Basic information regarding producing energy from municipal solid waste

Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning.

National Renewable Energy Laboratory, 2010.

www.nrel.gov/docs/fy10osti/48876.pdf

Si consiglia anche la valutazione di altri progetti di energia rinnovabile realizzati o in fase di realizzazione nelle vicinanze dell'installazione per determinare le tecnologie più promettenti. Questi progetti probabilmente avranno già valutato la risorsa rinnovabile da utilizzare e gli incentivi economici. Dovrebbero essere considerate anche le esigenze locali, mediante il confronto con il personale in forza all'installazione e gli esperti di tecnologia. Ad esempio, le installazioni con missioni di volo non sono solitamente interessate a turbine eoliche a causa delle interferenze radar (un problema che al momento si sta studiando).

Le Forze Armate americane sono già leader nell'uso di tecnologie ad energie rinnovabili. Diversi sistemi di energia rinnovabile già installati su installazioni militari sono mostrati nelle figure seguenti.

Tav. 49 – Sistema di piscina a riscaldamento solare e sistema di pannelli solari a Camp Pendleton, CA



Fonte: National Renewable Energy Laboratory, NZEI 2010.

Tav. 50 – Sistema di preriscaldamento a ventilazione solare Fort Carson, CO



Fonte: National Renewable Energy Laboratory, NZEI 2010.

Tav. 51 – Turbine eoliche in una U.S. Navy installation, San Clemente Island, CA



Fonte: National Renewable Energy Laboratory, NZEI 2010.

Vanno studiate anche le caratteristiche dell'installazione, per valutare la disponibilità di terreni e/o superfici per l'installazione di campi solari o eolici, le caratteristiche della rete elettrica, per valutare la possibilità di trasmissione e distribuzione dell'energia rinnovabile prodotta. Molte tecnologie di energia rinnovabile, come il fotovoltaico e il vento, generano una produzione di energia intermittente che è più difficile da integrare in una *smart microgrid* rispetto ad altre energie rinnovabili come l'energia da biomassa.

Inoltre è importante prendere in considerazione tutte le tecnologie possibili, come le celle a combustibile, microturbine, le piscine a riscaldamento solare e non solo le fonti rinnovabili più comuni come il fotovoltaico e il vento. E valutare i rischi tecnologici dell'utilizzo di tecnologie pre-commerciali o di dimostrazione.

Infine, è indispensabile avere la disponibilità di finanziamenti per progetti di energia rinnovabile che consentano di finanziare progetti dimostrativi di energia rinnovabile su installazioni militari.

3.3.4 Linee guida per l'ottimizzazione energetica dei veicoli militari

Una parte importante della valutazione NZEI è costituita dalla valutazione della possibilità di ridurre il consumo di energia della flotta dei veicoli militari e di passare a combustibili alternativi. Una valutazione NZEI dei veicoli militari può dare indicazioni utili per prendere decisioni strategiche quali la sostituzione dei veicoli, la riduzione delle dimensioni della flotta o l'utilizzo di combustibili alternativi.

Innanzitutto va determinato se il numero attuale di veicoli della flotta militare potrebbe essere ridotto. Le informazioni necessarie per queste valutazioni sono tipicamente l'utilizzo del veicolo e i chilometri annui percorsi. I veicoli possono essere classificati in base ai chilometri annui percorsi. Sembra che vi sia una divisione quasi naturale tra i veicoli a basso chilometraggio annuo e veicoli chilometraggio superiore. Una recente valutazione NZEI della flotta delle Forze Armate americane ha rivelato che più del 55% dei veicoli di una base hanno viaggiato meno di 5.000 miglia all'anno. I veicoli a basso chilometraggio sono i candidati ideali per la riduzione e sostituzione. Se uno o due veicoli assegnati a una particolare organizzazione sono spesso sottoutilizzati, ma la loro eliminazione lascia l'organizzazione interamente senza veicoli, il "*car pooling*", ovvero la condivisione di auto-

mobili tra più organizzazioni, potrebbe essere una buona soluzione. Per esempio, se otto organizzazioni distinte hanno un totale di 10 veicoli che sono generalmente sottoutilizzati, questi 10 veicoli (assegnati a otto organizzazioni diverse e separate) potrebbero essere sostituiti con 6 veicoli condivisi da tutte le organizzazioni.

In secondo luogo si potrebbe esaminare se alcuni veicoli della flotta potrebbero essere sostituiti con modelli più efficienti. Alcune opportunità per un'eventuale sostituzione includono: la sostituzione di un *pick-up* o SUV a quattro ruote motrici con un veicolo più efficiente a due ruote motrici; la sostituzione di un *pick-up* o SUV con una berlina o furgone; la considerazione di veicoli elettrici (NEV) al posto di una berlina; la considerazione di un veicolo a quattro cilindri invece di un veicolo a sei cilindri, di un veicolo a sei cilindri invece di un otto cilindri, di un *pick-up* leggero al posto di un *pick-up* di media portata, di una berlina *subcompact* invece di una berlina compatta, di una berlina compatta invece di una berlina di medie dimensioni, ecc; e considerare l'acquisizione di veicoli ibridi elettrici (HEV), soprattutto se i veicoli a combustibili alternativi (AFV) non sono disponibili.

In terzo luogo si potrebbe valutare la possibilità di ridurre il consumo di petrolio attraverso l'uso di combustibili alternativi. L'acquisto di un veicolo a combustibili alternativi (AFV) è una scelta economicamente valida se nelle vicinanze dell'installazione vi è una stazione di rifornimento dei combustibili alternativi. Infatti, se si considera anche il costo di trasporto del carburante alternativo, non si avrebbe un grande risparmio di energia dall'impiego di questi veicoli. Inoltre i veicoli a combustibili alternativi sono spesso più costosi di quelli a benzina. Assumendo che i combustibili alternativi siano disponibili, si deve scegliere quale veicolo AFV e quali combustibili alternativi usare. Il combustibile alternativo più utilizzato dalle flotte di veicoli delle Forze Armate americane oggi è l'E85, una miscela per l' 85% di etanolo e per il 15% di benzina. Gli AFV che utilizzano l'E85 sono tipicamente veicoli in grado di utilizzare sia benzina sia l'E85. Un'alternativa ulteriore è rappresentata dai veicoli a gas naturale compresso (CNG). L'CNG offre un ulteriore vantaggio in termini di significative riduzioni di gas serra se usato come combustibile alternativo. Combustibili alternativi meno utilizzati sono il gas naturale liquefatto (GNL), il gas di petrolio liquefatto (GPL o propano), l'idrogeno e l'elettricità. Il biodiesel è un combustibile comunemente usato in miscele di biodiesel al 20% miscelato con l' 80% gasolio, da cui la sua designazione come B20. Il biodiesel può essere utilizzato in motori diesel, anche se è sconsigliata la pratica di alternare gasolio e B20 nei motori diesel convenzionali.

Tav. 52 – Fuel Efficient Ground Vehicle Demonstrator Alpha by the U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center



Fonte: http://www.army.mil/article/61888/Defense_Department_seeks_energy_revolution

Infine, si dovrebbe valutare l'infrastruttura di distribuzione dei combustibili nelle vicinanze dell'installazione per determinare il potenziale di miglioramento dell'efficienza e la possibilità di installazione in loco di infrastrutture di distribuzione di combustibili alternativi. La costruzione di nuove infrastrutture può richiedere molto tempo e denaro, per esempio una stazione di metano può costare diverse centinaia di migliaia di dollari. L'ideale è che l'infrastruttura di combustibile alternativo sia già presente sul posto, ma in caso contrario, ci sono diverse opzioni da considerare. L'E85 e il biodiesel possono essere immagazzinati in serbatoi di stoccaggio di benzina convenzionale e gasolio con modifiche minori, relativamente poco costose. L'infrastruttura di ricarica elettrica non è generalmente un costo proibitivo. Tuttavia, spesso non è necessario realizzare nuove infrastrutture di distribuzione poiché il combustibile alternativo è disponibile in commercio appena fuori molte installazioni militari.

3.3.5 Linee guida per la sicurezza delle infrastrutture di rete

Una valutazione d'impatto sullo stato delle reti elettriche di trasmissione e distribuzione dell'energia è necessaria per valutare il grado di sicurezza energetica delle infrastrutture di rete e per stabilire se le reti sono in grado di sopportare il carico elettrico generato da nuovi impianti di generazione che utilizzano fonti rinnovabili di energia. Si ritiene opportuno svolgere anche una valutazione sull'opportunità di realizzare impianti di distribuzione elettrica isolati, del tipo *smart microgrid*, specialmente in caso di basi all'estero.

La rete di energia elettrica pubblica

Un'ulteriore valutazione riguarda l'analisi dell'infrastruttura di rete elettrica esistente. Questa valutazione d'impatto dovrà stabilire se l'infrastruttura elettrica è abbastanza robusta per accogliere l'energia prodotta da nuovi sistemi di generazione di energia. Dei calcoli di base e una conoscenza operativa della capacità delle infrastrutture di rete esistenti sono in grado di fornire le informazioni necessarie per determinare la fattibilità e i costi approssimativi dei progetti energetici.

Normalmente un'installazione militare mantiene un collegamento elettrico al sistema di rete dell'area in cui è situata. In generale, la connessione alla rete elettrica locale semplifica l'analisi fornendo un riferimento ad una stabile tensione di frequenza. In rari casi, come siti ubicati sulle isole, il sito potrebbe costituire una grande percentuale di carico del sistema elettrico locale. In tali casi, l'impatto dei progetti di generazione proposti sul sistema di rete deve essere valutato con più attenzione. In tutti i casi, i requisiti di interconnessione elettrica devono essere soddisfatti.

Una valutazione d'impatto della rete di trasmissione di energia elettrica è necessaria per stabilire se il collocamento di energia prodotta da fonti rinnovabili richiederà una revisione del sistema di distribuzione. L'installazione deve considerare se c'è qualche flessibilità per quanto riguarda il cambiamento dell'infrastruttura di distribuzione esistente. Probabilmente saranno necessari alcuni aggiornamenti ai dispositivi secondari come trasformatori di distribuzione e al cablaggio. Questa valutazione dovrebbe considerare anche i requisiti di interconnessione per garantire che non siano violati.

Se un adeguato modello di distribuzione dell'energia esiste già, l'HOMER ⁶².può essere utilizzato per eseguire l'analisi e per determinare l'ottimo di connessione del sistema ibrido di generazione distribuita alla rete elettrica.

La rete di energia elettrica distribuita

Se l'indipendenza dalla rete è importante per l'installazione, deve essere eseguita una valutazione di realizzazione di una *microgrid* isolata. L'installazione dovrebbe decidere quali sono i carichi critici e le aspettative di funzionamento che dovrebbero essere inclusi nella *microgrid*. Per facilitare l'analisi, i carichi critici dovrebbero comportarsi allo stesso (o almeno simile) modo nello scenario *microgrid* che nello scenario collegato alla rete elettrica. Considerazioni che saranno parte integrante di queste decisioni includono la capacità di distacco del carico/gestione della risposta alla domanda e la capacità di generazione esistente per il *back up* di emergenza.

Un altro problema importante che deve essere esplorato è determinare se una delle potenziali risorse rinnovabili, individuate per l'installazione nella valutazione energetica, possa essere fornito con continuità e sicurezza (ad esempio, le biomasse). Se le alternative di produzione da fonti rinnovabili, che sono state individuate dalla valutazione energetica iniziale, non sono distribuibili qualche riflessione in merito a opzioni di immagazzinamento e generatori di energia deve essere effettuata.

3.4 Le più recenti applicazioni delle fonti di energia alternative in ambito militare

L'energia elettrica è la linfa vitale dei sistemi di rete di comunicazione che i soldati usano per comunicare informazioni critiche sul campo di battaglia. Poiché tali sistemi si moltiplicano in numero e capacità, la domanda di energia cresce di pari passo. Allo stesso tempo aumenta la necessità di sviluppare forme di generazione, conservazione e distribuzione dell'energia più efficienti.

⁶² L'HOMER è un software per analizzare sistemi elettrici ibridi, che utilizzano un *mix* di energie rinnovabili, energie convenzionali e batterie.

Per maggiori informazioni si veda il seguente link: <http://www.homerenergy.com>

La componente maggiore del consumo energetico per l'esercito in tempo di guerra è rappresentata dai generatori elettrici. L'esercito americano prevede di risparmiare 229 miliardi di dollari, rimuovendo i generatori attuali e sostituendoli con generatori più efficienti. L'esercito è sulla buona strada nella realizzazione di una nuova famiglia di generatori tattici, l'*Advanced Medium Mobile Power Sources*, o AMMPS, a partire dal 2012. I generatori, di dimensioni variabili da 5 kW a 60 kW, per una media di combustibile del 20% in meno rispetto ai generatori attualmente in uso. A seconda delle ore annue di funzionamento, queste nuove attrezzature possono essere ripagate con i risparmi di combustibile in uno o due anni.

Tav. 53 – Advanced Medium Mobile Power Sources (AMMPS) generator



Fonte: <http://www.army.mil/article/62082>

Sono allo studio anche sistemi di filtraggio di oli idrogenati usati e di oli alimentari usati, provenienti dai servizi di ristorazione, per produrre delle miscele di combustibile misto (con l'aggiunta di JP-8) per far funzionare i generatori elettrici.

La riduzione del consumo di combustibile sul campo di battaglia richiederà inoltre un minor numero di convogli di rifornimento per il trasporto in aree remote di combustibile. Poiché

questi convogli sono un obiettivo frequente per bombe e attacchi nemici, meno navi cisterna e un minor numero di viaggi potrebbe ridurre il rischio affrontato da soldati che trasportano il combustibile.

Tav. 54 – Convoglio di rifornimento delle truppe americane in Afghanistan



Fonte: http://www.army.mil/article/60511/SAGE_aims_to_save_fuel_in_Afghanistan

Anche lo sviluppo di nuove infrastrutture di rete ad energia distribuita, del tipo *smart grid* e *smart microgrid* è un modo più efficiente di distribuire energia, riducendo al minimo la perdita di energia da trasmissione e aumentando l'autosufficienza energetica della struttura in loco. *Smart and Green Energy for Base Camps*, o SAGE, è un'iniziativa dell'esercito per dimostrare un *smart microgrid* elettrica pensata per i campi avanzati di medie dimensioni, che potrà accogliere da 150 a oltre 2.400 persone.

Oltre a nuovi e più efficienti sistemi di generazione di energia elettrica per le basi militari installate in teatri operativi, sono disponibili anche dei sistemi di generazione elettrica che possono semplificare e migliorare le potenzialità dei soldati in missioni operative, di pace e/o di guerra.

In alcune missioni, i soldati devono portare più di cinque chili di batterie per ogni giorno di missione. I requisiti di peso e il trasporto di energia operativa dovrebbero ridursi in modo significativo, al fine di migliorare la mobilità e la resistenza delle forze militari ⁶³.

Il *Rucksack Enhanced Portable Power System*, o REPPS, è un leggerissimo sistema di generazione di energia elettrica portatile (a zaino) in grado di ricaricare le batterie o di agire come fonte di alimentazione continua. Al di là del volume e peso ridotti, questi zaini-sistemi portatili sono in grado di fornire ai singoli soldati (e a plotoni interi) energia elettrica e ricarica di batterie mediante lo sfruttamento di energia solare, metanolo o propano acquistato localmente. Inoltre, un dispositivo tascabile convertitore di potenza permette ai soldati di utilizzare quasi ogni fonte di energia disponibile.

Tav. 55 – Rucksack Enhanced Portable Power System, o REPPS



Fonte: http://news.cnet.com/2300-11386_3-10005243-5.html

⁶³ Il trasporto e la logistica dell'energia operativa è un handicap per le Forze Armate. Nell'anno fiscale 2010 i costi del combustibile delle Forze Armate americane hanno raggiunto i 2,7 miliardi di dollari, il 70 per cento dei quali per le operazioni in teatro operativo. In Afghanistan, vi è una vittima a terra su 24 convogli di rifornimento. Tra il 70 e l'80 per cento del peso dei convogli logistici è composto dal rifornimento di carburante e acqua.

Il *Program Executive Office (PEO) Soldier Program* ⁶⁴ dell'Esercito americano ha sovvenzionato anche test di nuove tecnologie tra cui tre si distinguono per la loro capacità di ridurre la quantità di combustibile tradizionale consumato dai soldati alle necessità di potenza richiesta. Tra questi vi sono il *Protonex Soldier-Worn Power Manager*, il *2-kW Electric Generator* e le celle a combustibile che utilizzano forme alternative di energia - come il metanolo. In particolare, il *Protonex Soldier-Worn Power Manager* ⁶⁵ è una piccola unità che permette ai soldati di raccogliere l'energia da fonti come le batterie parzialmente utilizzate o le coperte elettriche solari e trasferirla per utilizzare radio o computer portatili. Ciò aiuta anche i soldati a misurare quanta energia hanno a disposizione, rimuove il "fattore di indovinare" il consumo delle batterie ed elimina il rischio di scendere in campo con batterie usate.

Tav. 56 – *Protonex Soldier-Worn Power Manager*



Fonte: <http://ultralifecorporation.com/commsys/products/soldier-modernization-kit/soldier-modernization-kit-protonex-soldier-worn-power-manager-611>

Altre fonti di energia utilizzabili sono le celle a combustibile, l'energia eolica, l'energia solare e le altre fonti di energia rinnovabili. Il Ministero della Difesa australiano sta, infatti, finanziando un curioso progetto per attrezzare le uniformi dei soldati australiani con celle fotovoltaiche per consentire loro di generare energia sul campo e ricaricare le batterie di ra-

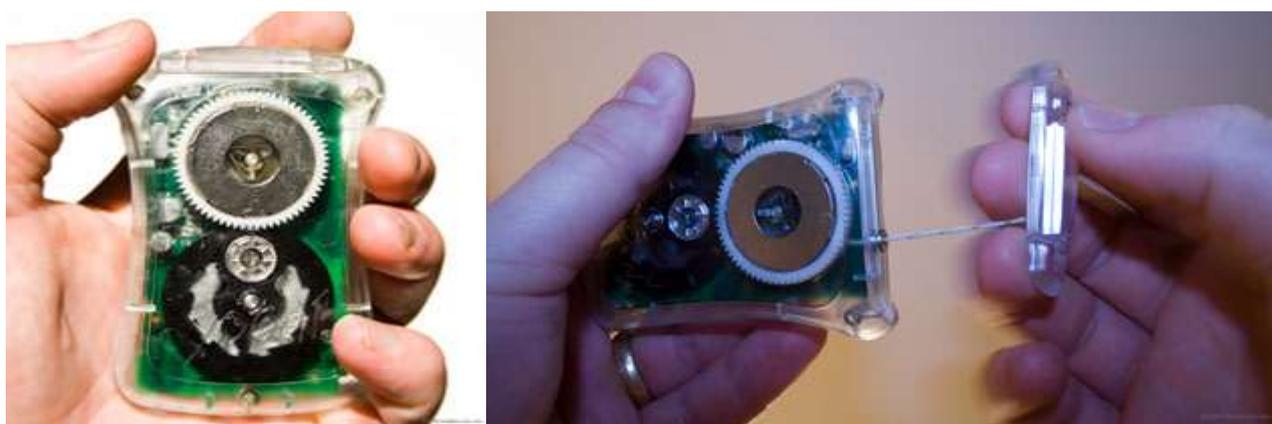
⁶⁴ Il *Program Executive Office (PEO) Soldier Program* è stato creato dall'Esercito americano con uno scopo primario: sviluppare le migliori attrezzature e testarle in teatro operativo il più rapidamente possibile in modo che i soldati americani non siano secondi a nessuno in tutte le tipologie di missioni e operazioni militari. Per maggiori approfondimenti si consulti il seguente link: <https://peosoldier.army.mil>

⁶⁵ Per maggiori informazioni sul Protonex™ SPM-611 *Soldier-Worn Power Manager* (SPM) si consulti il link: <http://ultralifecorporation.com/commsys/products/soldier-modernization-kit/soldier-modernization-kit-protonex-soldier-worn-power-manager-611>

dio, cellulari e computer. Ad occuparsi della realizzazione sono i ricercatori dell'Università Nazionale a Canberra, mettendo a punto celle sottilissime, flessibili e allungate che si potranno applicare su elmetti, uniformi e radio. L'obiettivo, come ha spiegato lo stesso coordinatore del progetto Igor Skryabin del Centro per i sistemi di energia sostenibile dell'ateneo, è riuscire a coniugare la necessità di energia per un numero sempre maggiore di congegni elettrici portatili all'esigenza di ridurre il carico da trasportare. *“Mentre è possibile trasmettere dati senza fili – ha detto Skryabin – non si può trasmettere energia senza fili. L'unica fonte affidabile in qualsiasi luogo del mondo è la luce. La cosa migliore da fare è di trovare il modo di convertire la luce in elettricità”*. Secondo lo scienziato, il sistema dovrebbe essere portato a compimento nell'arco di due anni. Il progetto arriva a quasi un anno di distanza dal finanziamento concesso all'ente nazionale di ricerca Csiro, pari a circa 2,5 milioni di euro, per sviluppare una uniforme che generi energia dal movimento ⁶⁶.

L'ultima novità nella generazione di energia sostenibile, che ha riscosso grande successo al *2010 Consumer Electronics Show* è il nuovo caricatore di energia elettrica palmare, chiamato *Easy Energy YoGen*. Il dispositivo funziona in modo simile ad uno yo-yo ed è stato progettato per alimentare l'elettronica portatile di piccola dimensione, tirando una corda elastica. Il dispositivo, il cui meccanismo interno funziona come un orologio, è costituito da un alternatore che trasferisce l'energia cinetica per ricaricare oggetti come un cellulare o una fotocamera. Il dispositivo è disponibile in nero o trasparente, ad un prezzo di circa 40 dollari sul sito *YoGen*.

Tav. 57 – YoGen Zero Carbon Electronics Portable Charger



Fonte:

<http://buildaroo.com/it/news/article/yogen-zero-carbon-portable-electronics-charger-works-just-like-a-yo-yo>

⁶⁶ Cfr. *“Celle solari sulle mimetiche dell'esercito australiano”*, Rinnovabili.it, 2018. Si consulti il seguente link: <http://www.rinnovabili.it/celle-solari-sulle-mimetiche-dellesercito-australiano-701415>

3.5 Applicazioni militari delle celle a combustibile

Il mondo si sta muovendo verso un'era che vedrà il tramonto della "cultura energetica" del combustibile fossile, cominciata 300 anni fa con il carbone. L'idrogeno appare essere il vettore di elezione per un sistema energetico sostenibile, in quanto:

- in linea di principio, può essere prodotto da una pluralità di fonti (combustibili fossili, con separazione della CO₂; rinnovabili, nucleare) tra loro intercambiabili e disponibili su larga scala per le generazioni future;
- può essere impiegato in applicazioni diversificate, dal trasporto alla generazione di energia elettrica per taglie di potenza da qualche W a diversi MW, con un impatto ambientale nullo o estremamente ridotto sia a livello locale che globale.

Oltre al suo attuale impiego come materiale per processi chimici, l'idrogeno può in prospettiva essere utilizzato come combustibile per la generazione di energia elettrica in cogenerazione (cicli termici, celle a combustibile) e per il trasporto (motori a combustione interna⁶⁷, celle a combustibile) con notevoli benefici sia in termini di efficienza che di riduzione dell'impatto ambientale. Anche in questo caso, le tecnologie necessarie, pur oggetto finora di notevoli sforzi di ricerca e sviluppo, richiedono ancora un impegno notevole per giungere alla disponibilità di prodotti competitivi⁶⁸.

Le celle a combustibile sono in una fase precoce di commercializzazione e garantiscono un uso più efficace dell'idrogeno. Di seguito verranno analizzate più in dettaglio le tecnologie e le applicazioni delle celle a combustibile, con particolare riferimento agli usi militari.

⁶⁷ I motori a combustione interna installati a bordo dei veicoli, alimentati con idrogeno, possono costituire un modo adatto per introdurre questo tipo di energia, in attesa che altre tecnologie siano messe a punto, come i gruppi motopropulsori elettrici a celle a combustibile. I motori a combustione interna ad idrogeno (o a miscele gas naturale-idrogeno) sono ormai disponibili con rendimenti sensibilmente più elevati e emissioni ridotte rispetto a quelli utilizzando combustibili convenzionali. Le diverse caratteristiche di combustione dell'idrogeno (velocità, temperatura) pongono in questo caso, come in quello delle turbine, problemi di alimentazione e di materiali che vanno ulteriormente studiati. Si ritiene che il rendimento di un motore a idrogeno possa risultare superiore al rendimento di un motore a benzina di un fattore compreso tra 1,5 e 2. Le attuali applicazioni per l'utilizzo dell'idrogeno in motori a combustione interna sono state fatte su dei motori standard opportunamente adattati con risultati nettamente inferiori. Esistono anche prototipi di motori alternativi a combustione interna che fanno uso di idrogeno combinato a combustibili tradizionali (benzina, GPL e metano). Solitamente, in tali motori, l'idrogeno è il combustibile secondario ed è presente in percentuali comprese tra il 10% e il 35%.

⁶⁸ Per un approfondimento delle potenzialità dell'idrogeno e delle sue applicazioni tecnologiche si veda il Rapporto ENEA (2008), *Energia per un futuro sostenibile e fonti rinnovabili*, al seguente link: http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2008_17_EnergiaRinnovabili.html

Infine, si presenta una panoramica dello stato dell'arte della ricerca e sviluppo delle celle a combustibile per applicazioni militari ⁶⁹.

La tecnologia

Le celle a combustibile sono sistemi elettrochimici capaci di convertire l'energia chimica di un combustibile (in genere idrogeno) direttamente in energia elettrica, senza l'intervento intermedio di un ciclo termico. Non sono soggette quindi alle limitazioni del ciclo di Carnot e di conseguenza permettono rendimenti di conversione più elevati rispetto a quelli delle macchine termiche convenzionali.

Una cella a combustibile funziona in modo analogo ad una batteria, in quanto produce energia elettrica attraverso un processo elettrochimico. Tuttavia, a differenza di quest'ultima, consuma sostanze provenienti dall'esterno ed è quindi in grado di operare senza interruzioni, finché al sistema viene fornito combustibile (idrogeno) ed ossidante (ossigeno o aria). Una cella è composta da due elettrodi in materiale poroso, separati da un elettrolita. Gli elettrodi fungono da siti catalitici per le reazioni di cella che consumano fondamentalmente idrogeno ed ossigeno, con produzione di acqua e passaggio di corrente elettrica nel circuito esterno. L'elettrolita ha la funzione di condurre gli ioni prodotti da una reazione e consumati dall'altra, chiudendo il circuito elettrico all'interno della cella. La trasformazione elettrochimica è accompagnata da produzione di calore, che è necessario estrarre per mantenere costante la temperatura di funzionamento della cella.

Una singola cella produce normalmente una tensione di circa 0,6-0,7 V e correnti comprese tra 300 e 800 mA/cm², quindi per ottenere la potenza ed il voltaggio desiderato più celle sono disposte in serie, a mezzo di piatti bipolari, a formare il cosiddetto "stack". Gli stack a loro volta sono assemblati in moduli, per ottenere generatori della potenza richiesta.

Esistono diverse tecnologie di cella, con diverse caratteristiche e diverso grado di sviluppo. Normalmente le celle vengono classificate sulla base dell'elettrolita utilizzato (celle alcaline, ad elettrolita polimerico, ad acido fosforico, a carbonati fusi, ad ossidi solidi) o della temperatura di funzionamento (celle a bassa e ad alta temperatura). L'elettrolita determina

⁶⁹ Per un approfondimento delle celle a combustibile e delle applicazioni in ambito militare si veda il Rapporto ENEA (2008), *Celle a combustibile - Stato di sviluppo e prospettive della tecnologia* al seguente link: http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2002_Celle-Combustibile.html

o condiziona fortemente: il campo di temperatura operativo, il tipo di ioni e la direzione in cui si diffondono attraverso la cella, la natura dei materiali costruttivi, la composizione dei gas reagenti, le modalità di smaltimento dei prodotti di reazione, le caratteristiche di resistenza meccanica e di utilizzo e per finire la durata della cella.

Le applicazioni

Le celle a combustibile presentano proprietà che ne rendono molto interessante l'impiego nel campo della produzione di energia elettrica e del trasporto, in quanto rispondono perfettamente agli obiettivi che si perseguono per garantire uno sviluppo sostenibile del pianeta, e cioè:

- miglioramento dell'efficienza e del risparmio energetico;
- diversificazione delle fonti energetiche;
- contenimento delle emissioni di inquinanti nell'atmosfera.

Le celle a combustibile risultano particolarmente adatte alla generazione di potenza distribuita, lo sviluppo del loro mercato dipende pertanto fortemente dall'evoluzione in atto con la liberalizzazione ed apertura del mercato dell'energia. Oggi in tutto il mondo la tendenza è quella di abbassare la taglia media degli impianti di generazione. Negli Stati Uniti si è scesi da una taglia media di 600 MW ai 100 MW del 1992, per arrivare poi agli attuali 20 MW o meno. In Italia, grazie soprattutto agli apporti degli autoproduttori industriali e civili, la taglia media è scesa ad alcune decine di MW. È quindi prevedibile uno spazio crescente per sistemi di produzione di energia elettrica di piccole medie dimensioni a limitato impatto ambientale, ed elevata efficienza come le celle a combustibile.

Le caratteristiche delle celle a combustibile ne fanno una tecnologia particolarmente interessante per la generazione di energia elettrica portatile, soprattutto quando le potenze del sistema sono basse, in quanto è proprio in questo settore che le tecnologie convenzionali soffrono i maggiori problemi di efficienza e prestazioni. Infatti le caratteristiche di modularità e di alto rendimento ai carichi parziali, proprie delle celle a combustibile, sono maggiormente sfruttate per basse potenze, e quindi le applicazioni "portatili" (da pochi watt a qualche kW) sono quelle dove tale vantaggio è maggiormente avvertibile. Per quanto riguarda i generatori portatili le caratteristiche di silenziosità e di basse (o nulle) emissioni ne fanno

la tecnologia ideale per tutte quelle applicazioni dove il “comfort” di utilizzo è uno dei requisiti richiesti dall’utente finale.

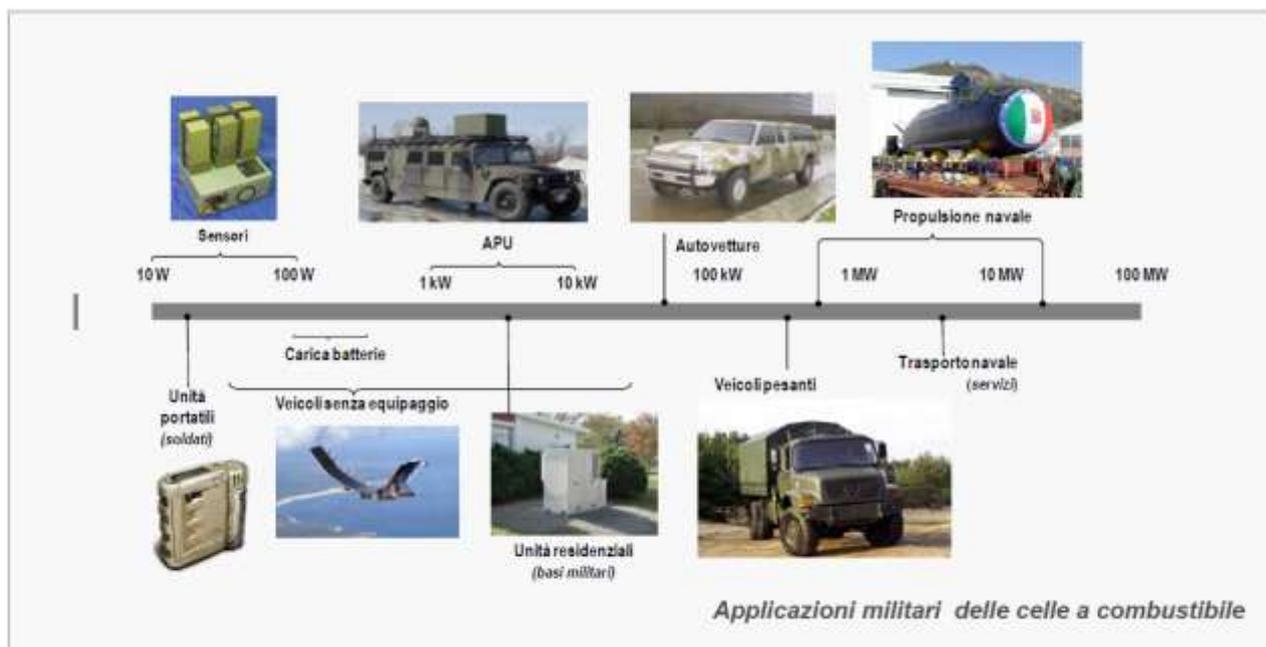
Infine, le celle a combustibile risultano particolarmente adatte per migliorare l’efficienza energetica e ridurre le emissioni di gas serra dei mezzi di trasporto. L’industria automobilistica sembra oggi in grado di proporre mezzi dai consumi bassissimi e con un minor impatto ambientale rispetto al passato, ma questa offerta non è ancora in grado di rispondere alla richiesta di “veicoli ad emissioni zero” per un mercato sempre più vincolato ai problemi legati all’inquinamento. A livello internazionale si guarda alla propulsione elettrica come una soluzione ideale. Tra le diverse soluzioni, la più promettente per il medio lungo termine è quella basata sull’impiego di veicoli a idrogeno che utilizzano la tecnologia delle celle a combustibile.

Le celle a combustibile possono consentire di realizzare veicoli che uniscono ai vantaggi di silenziosità ed assenza di inquinamento, tipici dei veicoli elettrici a batteria, caratteristiche d’uso simili a quelle dei veicoli convenzionali, in termini di autonomia e tempi di rifornimento. Grazie all’elevata efficienza della cella, i rendimenti previsti per veicoli con celle a combustibile sono superiori a quelli dei motori a combustione interna. Si raggiungono, a seconda del combustibile impiegato, valori compresi tra il 27 ed il 41%, contro rendimenti medi del 16 18% e del 20 24% misurati rispettivamente per i veicoli a benzina e diesel, nel ciclo urbano. Tuttavia l’idrogeno è un gas altamente infiammabile e può formare con l’aria miscele esplosive. Inoltre reagisce violentemente con il cloro e il fluoro.

Le applicazioni militari

Oggi la richiesta di energia per alimentare i numerosi dispositivi (sistemi di comunicazione, apparecchiature informatiche, sensori per il rilevamento di agenti chimici, sistemi di sorveglianza, ecc.), adottati dalle varie organizzazioni militari nelle missioni che sono chiamate a svolgere (umanitarie, belliche, di controllo del territorio), è alta e continua a crescere. Si guarda quindi con interesse alle celle a combustibile come ad una tecnologia potenzialmente in grado di soddisfare le esigenze di questo settore. Le celle a combustibile, come abbiamo visto, presentano caratteristiche che le rendono adatte per un’ampia varietà di applicazioni.

Tav. 58 – Applicazioni militari delle celle a combustibile



Fonte: ENEA (2008), Celle a combustibile - Stato di sviluppo e prospettive della tecnologia.

Le celle candidate ad impieghi in campo militare e sulle quali si concentra la maggior attenzione sono quelle ad elettrolita polimerico alimentate ad idrogeno, le celle ad ossidi solidi e quelle a metanolo diretto. Queste tecnologie sono adatte alla generazione di energia portatile di bassa potenza (fino a 250 watt), dove dimostrano prestazioni superiori a quelle delle batterie attualmente in uso, soprattutto nel caso di missioni di 72 ore di durata.

I veicoli elettrici sono un'altra area d'interesse. Celle polimeriche, ad ossidi solidi o a carbonati fusi possono fornire la propulsione a mezzi militari terrestri, marittimi o aerei, o semplicemente alimentarne i servizi ausiliari. I mezzi militari dispongono oggi di sofisticate apparecchiature elettroniche e di telecomunicazione la cui alimentazione non può essere, al momento, sostenuta dalle sole batterie ed in operazioni cosiddette "silent watch" è precluso l'impiego di generatori tradizionali perché rivelabili in quanto possibili sorgenti di rumore, vibrazioni, calore e materiale particolato.

Sono state infine valutate le potenzialità di impianti con celle a combustibile nella generazione di potenza distribuita. Negli Stati Uniti, presso basi militari sono stati installati in passato impianti di cogenerazione PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*) ed attualmente sono operativi sistemi PEFC (*Polymer electrolyte fuel cell*) per usi sia residenziali che industriali.

L'introduzione delle celle a combustibile in applicazioni militari richiede tuttavia che si superino una serie di problemi tecnici per ottimizzarne le prestazioni ed occorre soprattutto mettere a punto efficienti sistemi di accumulo o di generazione di idrogeno.

Sistemi ibridi costituiti da una cella a combustibile ed una batteria ricaricabile si prestano molto bene come generatori portatili per operazioni "stealth" per potenze tra 20 W e 2 kW. In questo intervallo di potenza le celle offrono funzionalità e potenzialità che nessuna delle tecnologie concorrenti è forse in grado di offrire. Le batterie sono una buona soluzione quando la quantità di energia richiesta è bassa (potenze inferiori a 20 W e per missioni di durata inferiore alle 24 ore) mentre quando tale richiesta diventa più elevata (potenza superiore a 2 kW), vengono oggi adottati sistemi alimentati con motori diesel. Questi ultimi, tuttavia, non risultano adatti nel caso di operazioni di sorveglianza o ricognizione silenziosa ed inoltre nel campo di potenza considerato presentano efficienze inferiori a quelle ottenibili con una cella a combustibile. L'intervallo 20 W 2 kW risulta pertanto un'area dove le potenze richieste sono troppo elevate per le batterie e troppo basse per generatori tradizionali che usano combustibili logistici.

L'attività di ricerca e sviluppo di sistemi per applicazioni militari

Programmi di ricerca e sviluppo di sistemi a celle a combustibile per applicazioni militari sono in corso principalmente in Stati Uniti, Canada ed Europa. In Giappone, a differenza di quanto avviene per altri settori (trasporto, generazione stazionaria e portatile, unità per elettronica di consumo), al momento non risultano finanziamenti pubblici per progetti rivolti allo sviluppo di unità per usi in campo militare. Nel seguito si riporta una panoramica delle attività promosse da organizzazioni governative e militari.

Negli Stati Uniti i maggiori finanziamenti governativi per lo sviluppo di celle a combustibile per applicazioni militari provengono dal Dipartimento della Difesa (DoD). Nello specifico il DoD promuove lo sviluppo di celle a combustibile per la propulsione di veicoli (trasporto terrestre, aereo e navale) e per generatori portatili e la dimostrazione di sistemi di generazione di potenza stazionaria presso alcune basi militari.

Nel quadro del *Programma Land Warrior/Future Warrior* si stanno esplorando nuove tecnologie da integrare nell'equipaggiamento dei soldati. In quest'ambito viene valutata la

possibilità di utilizzo delle celle a combustibile, alimentate con metanolo o altri combustibili logistici (diesel, JP 8), come sorgenti di energia per armi, dispositivi elettronici, sistemi GPS e anche per gli “*exoskeleton*”, le strutture robotizzate che si stanno sperimentando per aumentare le prestazioni fisiche dei soldati in missione o in combattimento.

Tav. 59 – Prototipo di exoskeleton



Fonte: Università di Berkeley.

Le organizzazioni del DoD che hanno in corso programmi di R&S su celle a combustibile sono:

- Army Research Laboratory (ARL);
- Air Force Research Laboratory (AFRL);
- Defense Advanced Research Project Agency (DARPA);
- U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC) e Construction Engineering Research Laboratory (CERL);
- Office of Naval Research (ONR).

L'*Army Research Laboratory* è impegnato in attività finalizzate allo sviluppo di unità portatili per l'alimentazione di sistemi di telecomunicazione, di visione notturna e sensori non presidiati. ARL, con il supporto di diversi partner (Motorola Laboratories, Illinois Institute of Technology, NuVant, Honeywell e molte università statunitensi), per le diverse applicazioni sta esaminando differenti tecnologie di cella (DMFC 0,1 100 W, PEFC 1 1.000 W e SOFC 0,1 10 kW). In passato ARL ha lavorato con l'Università di Stato della Pennsylvania ad un progetto per convertire a celle a combustibile (tecnologia PEFC) un mezzo sottomarino a batterie senza equipaggio (UUV, *Unmanned Undersea Vehicle*), il "Seahorse".

L'*Air Force Research Laboratory* all'interno del *Dual Use Science and Technology Programme* nel 2004 ha avviato un progetto in cui *Protonex Technologies* e *Millennium Cell* sviluppano piccole unità portatili alimentate con idrogeno da sodio boridruro. L'AFLC sta inoltre sviluppando celle a combustibile per "unmanned aerial vehicle" (U.A.V.), di piccole e medie dimensioni (potenze 50 300 W e 1 10 kW).

In collaborazione con i laboratori di ricerca *CERL* e *ERDC* del DoD, presso l'*Army Research Laboratory* è in corso la messa a punto di un'unità di generazione di idrogeno da 100 kW da integrare in un sistema a celle a combustibile compatto e modulare da utilizzare come alternativa alle unità MEP (Mobile Electric Power) attualmente in uso.

La *Defence Advanced Research Projects Agency*, a partire dal 2000, ha promosso molte iniziative, tra cui ricordiamo:

- il *Micro Power Generation Programme*, coordinato da DARPA/MTO (*Micro systems Technology Office*) e finalizzato alla realizzazione di microcelle a metanolo diretto ed a elettrolita polimerico alimentate con idrogeno da *reformer*;
- il *Palm Power Programme*, con il supporto di ARL e dell'*Office of Naval Research*, incentrato allo sviluppo e dimostrazione di sistemi portatili da 20 W, alimentati con combustibile JP 8 ed integrati con una batteria. Obiettivo è quello di ottenere unità in grado di fornire un contenuto energetico 15 volte superiore a quello delle attuali batterie. Questi sistemi sono destinati ad alimentare dispositivi elettronici in dotazione a singoli soldati, piccoli veicoli robot o *exoskeleton*;
- il *Mobile Electric Power Project* finalizzato all'introduzione della tecnologia delle celle a combustibile come alternativa ai generatori diesel di grandi dimensioni attualmente impiegati e alla realizzazione di piccole unità di potenza 500 W.

Tav. 60 – Generatore mobile di energia elettrica



Fonte: ENEA (2008)

Il *Communications, Electronics Research Development and Engineering Center* (CERDEC) dell'U.S. Army, per usi nel settore militare sta valutando diverse tecnologie (batterie litio ione e di tipo avanzato, celle a combustibile, motori Stirling, pannelli solari, batterie metallo aria, motori a combustione interna). Relativamente alle celle a combustibile ha identificato, per il medio termine, tre possibili aree di applicazione:

- generazione di piccola taglia (< 100 W) per dispositivi portatili di soldati e per sensori;
- sistemi per ricarica batterie (100 500 W);
- unità di potenza ausiliaria (APU, 0,5 10 kW).

Concluso il *Foreign Comparative Test (FCT) Programme*, in cui erano state provate unità PEFC e DMFC di potenza compresa tra 25 W e 2 kW e sistemi di generazione idrogeno per valutarne l'affidabilità e la rispondenza agli standard militari, nel 2005 sono state avviate nuove iniziative nel *CERDEC Fuel Cell Technology Programme*. All'interno del programma operano diverse organizzazioni industriali che sviluppano celle a combustibile e sistemi di generazione di idrogeno. Parte delle attività sono svolte a supporto del *Land Warrior Programme*.

Tav. 61 – CERDEC Fuel Cell Technology Programme

Organizzazione	Tecnologia / Combustibile	Potenza	Applicazione
Smart Fuel Cell	DMFC	20 W	Sistemi portatili individuali
UltraCell	RMFC (Methanol Reformer Fuel Cell)	25 W	Sistemi portatili individuali
Idatech / Genesis FuelTech	PEFC / Fuel processor a metanolo	200 W	Ricarica batterie portatili
SOFCo-EFS Holdings	SOFC / Combustibili idrocarburici pesanti	2-5 kW	Generatori di potenza silenziosi
Adaptive Materials Inc.	SOFC / Combustibili idrocarburici	50-150 W	Ricarica batterie portatili
Nanodynamics / Altex Technol.	SOFC / Idrocarburi (es. propano)	50-150 W	Generazione portatile
General Atomics	PEFC / Generatori idrogeno che usano idruri chimici (NaNH ₂ , NH ₃ BH ₃)	20 W	Generazione portatile
General Dynamics / Aspen Product Group	Fuel processor / Combustibili logistici (JP-8)	5 kW	

Fonte: ENEA (2008), Celle a combustibile - Stato di sviluppo e prospettive della tecnologia.

Il CECOM (*Communications Electronics Command*), in collaborazione con il *National Automotive Center* (NAC) ed il CERDEC, ha provato in condizioni reali un prototipo di veicolo leggero da combattimento su cui era installata una cella polimerica da 2 kW, che funzionava da sorgente di potenza ausiliaria per i dispositivi elettronici e di telecomunicazione durante le missioni “*silent watch*”. La cella, fornita dalla Idatech, era alimentata a metanolo.

Tav. 62 – Prototipo CECOM - unità APU (PEFC 2 kW) installata sul tetto



Fonte: ENEA (2008), Celle a combustibile - Stato di sviluppo e prospettive della tecnologia.

Il *National Automotive Center*, come parte del *TARDEC (Tank Automotive Research Development and Engineering Center)*, che si occupa dello sviluppo e gestione dei veicoli in dotazione alle Forze Armate statunitensi per il trasporto via terra, sta lavorando con diverse organizzazioni impegnate in progetti dimostrativi di veicoli alimentati con celle a combustibile, sia per usi in battaglia che per trasporto di personale all'interno delle basi militari. Uno di questi progetti vede impegnata la *Quantum Technologies* che ha realizzato, il *Quantum AMVTM (Alternative Mobility Vehicle)*, un fuoristrada denominato "Aggressor". Si tratta di veicolo ibrido, in cui un'unità PEFC da 10 kW (tecnologia *Hydrogenics*) è accoppiata ad un sistema di accumulo di energia (batteria) da 60 kW. Il veicolo, che è stato provato presso basi militari statunitensi per un periodo di sei mesi, può anche funzionare come generatore da campo per sistemi di telecomunicazione, sorveglianza o altri dispositivi militari. Il mezzo è alimentato con idrogeno a 350 bar. Il NAC è impegnato inoltre nello sviluppo di una locomotiva alimentata con un'unità PEFC da 1,2 MW.

Tav. 63 – AMVTM Quantum - Aggressor



Fonte: ENEA (2008), Celle a combustibile - Stato di sviluppo e prospettive della tecnologia.

L'Engineer Research and Development Center e il Construction Engineering Research Laboratory del Dipartimento della Difesa dal 1994 promuovono programmi dimostrativi che riguardano celle a combustibile per generazione stazionaria.

Come vedremo in seguito, presso basi militari e sedi diplomatiche statunitensi sono stati installare unità PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*) di potenza 200 kW e PEFC (*Polymer electrolyte fuel cell*) di tipo residenziale (1.5 kW).

Diversi centri della Marina promuovono l'uso di celle per applicazioni navali, con l'obiettivo abbastanza ambizioso di avere unità operative entro il 2011. In particolare attività di ricerca e sviluppo di celle a combustibile come unità APU o sistemi di generazione di *back up* per navi e sottomarini sono in corso presso il *Naval Surface Warfare Center*. Nel corso degli ultimi anni sono stati provati diversi sistemi, tra cui un'unità PEFC da 500 kW sviluppata da Ballard e McDermott, e attualmente si sta sperimentando una cella a carbonati fusi da 625 kW, alimentata con diesel, fornita da FuelCell Energy. Il *Naval Undersea Warfare Center*, in collaborazione con l'*Office of Naval Research*, ha sviluppato e provato celle a combustibile per varie applicazioni, compresi UUV ed armi per guerra sottomarina.

La NASA ha tre diverse organizzazioni con attività in corso nel settore delle celle a combustibile per usi militari. Il *Dryden Flight Research Center* (DFRC) promuove lo sviluppo di celle a combustibile per applicazioni su velivoli telecomandati per usi civili e militari all'interno del *UAV Project*, che vede il coinvolgimento di *AeroVironment*, *Aurora Flight Systems*, *Boeing*, *General Atomics*, *Lockheed Martin*, *Northrop Grumman*, e *Scaled Composites*. Presso il DFRC, frutto di un progetto congiunto con la società californiana *AeroVironment*, in passato era stato sviluppato *Helios* un velivolo senza equipaggio, alimentato a energia solare capace di operare ad altissima quota e per lunghi periodi, progettato per usi di sorveglianza sia militare che civile (es. osservazioni meteorologiche). Sul mezzo era montata una PEFC da 15 kW, che alimentava i 14 motori ad elica del prototipo nelle fasi di volo notturno. A causa di problemi tecnici, *Helios* è precipitato in mare nei pressi delle Hawaii durante un volo di prova nel giugno 2003. Il velivolo era arrivato a toccare i 22.800 metri di quota. Il *Glen Research Center* della NASA, che negli anni '60 e '70 del Novecento ha sviluppato celle alcaline e polimeriche per le varie missioni spaziali, è attualmente coinvolto nello sviluppo di celle a combustibile per UAV e piccoli aerei da trasporto e per palloni da alta quota. Infine il *Jet Propulsion Center* gestito sempre dalla NASA attraverso l'*Institute of Technology* della California, sta lavorando su celle a metanolo diretto per applicazioni portatili. Supportato dal DARPA, il *Jet Propulsion Center* ha messo a punto un sistema portatile da 150 W.

In Canada, il Dipartimento della Difesa sostiene da alcuni anni lo sviluppo di celle a combustibile. In passato ha promosso attività della *Ballard Power System* volte allo sviluppo di unità da 50 kW e successivamente ha finanziato la realizzazione di un sistema da 250 kW per usi a bordo di un sottomarino. Il Dipartimento della Difesa sta promuovendo presso il *Royal Military College of Canada* un progetto quinquennale volto allo sviluppo di *fuel processor* per la conversione di combustibili convenzionali in idrogeno. L'Esercito canadese sta inoltre valutando la possibilità di utilizzare le celle a combustibile come unità APU su veicoli corazzati del tipo LAV-3.

In Europa le attività di sviluppo delle celle a combustibile per usi militari sono limitate ad alcune nazioni e riguardano essenzialmente applicazioni portatili e sistemi per il trasporto via mare (navi di superficie e sottomarini). In Germania, Grecia, Italia e Portogallo è stata avviata la realizzazione di sottomarini con celle ad elettrolita polimerico. Si tratta di sottomarini della Classe U212, progettati congiuntamente da *Siemens* e da *Howaldtswerke Deutsche Werft* (HDW) e costruiti a Kiel in Germania e dalla Fincantieri in Italia. I sottoma-

rini sono dotati di propulsione diesel elettrica affiancata ad un sistema a celle a combustibile, destinato alle fasi di navigazione silenziosa a bassa velocità, in quanto unico sistema di generazione/propulsione quando in immersione. In Francia, il dipartimento DGA (*Délégation Générale pour l'Armement*) del Ministero della Difesa nel 2004 ha avviato il progetto *FELIN*, analogo al Programma *Land Warrior*, finalizzato allo sviluppo e realizzazione di equipaggiamenti elettronici individuali di nuova generazione (es. sistemi di ricognizione visiva diurna/notturna) per la fanteria, all'interno del quale viene promosso l'impiego di celle a combustibile come sistemi di ricarica di batterie o per applicazioni su mezzi di trasporto. Un programma simile, il *FIST (Future Integrated Soldier Technology)* è stato promosso dalla *Defence Procurement Agency* del Ministero della Difesa britannico, in cui si guarda alla possibilità di utilizzare le celle a combustibile per la generazione di potenza portatile.

A parte alcune attività svolte a Singapore e in Sud Corea, non risultano attualmente in corso progetti significativi o quanto meno questi non sono resi pubblici. A Singapore, la *Defence Science and Technology Agency (DSTA)* promuove presso la *Nanyang Technological University*, attività su celle a combustibile per usi stazionari. DSTA finanzia inoltre alcune attività del *CET Technologies*, che sta provando per le forze armate un sistema UPS della società canadese *Palcan Fuel Cells (PalPac® 500)*, tecnologia PEFC). La *South Korea Navy* ha ordinato tre sottomarini al gruppo *HDW/Siemens*, la cui costruzione sarà affidata alla *Hyundai Heavy Industries*.

3.6 La diffusione delle energie alternative in ambito militare

Grazie all'adozione di una nuova strategia in campo energetico il Dipartimento della Difesa americano ha aumentato l'uso di fonti energetiche rinnovabili e ha ridotto la domanda energetica per migliorare l'efficienza operativa, ridurre le emissioni di gas serra, e proteggere il Dipartimento dalle fluttuazioni dei prezzi energetici. Infatti, tutte le Forze Armate americane hanno investito in fonti di energia *noncarbon* come quella solare, eolica, geotermica, e energia da biomassa in impianti domestici e in veicoli alimentati con carburanti alternativi, tra cui l'alimentazione ibrida, elettricità, idrogeno e gas compresso ⁷⁰.

⁷⁰ Cfr. *Annual Energy Management Report Fiscal Year 2008, Department of Defense, United States of America*. Documento consultabile al seguente link: [http://www.acq.osd.mil/ie/energy/library/Dipartimento della Difesa americanoenergymgmt08.pdf](http://www.acq.osd.mil/ie/energy/library/Dipartimento%20della%20Difesa%20americanoenergymgmt08.pdf)

Risolvere le sfide militari attraverso innovazioni quali generatori più efficienti, batterie migliori, materiali più leggeri, e fonti di energia tatticamente schierate, ha il potenziale per produrre *spin-off* di tecnologie a vantaggio delle comunità civili. Per agevolare questo processo il Dipartimento della Difesa americano collaborerà con il mondo accademico, altre agenzie statunitensi e partner internazionali per ricercare, sviluppare, testare e valutare nuove tecnologie ad energia sostenibile.

In effetti, gli esempi che seguono dimostrano l'ampia gamma di innovazioni per il risparmio energetico in via di sviluppo.

Dal 2016, l'*Air Force* sarà obbligata ad acquisire, a costi competitivi, il 50% del suo carburante domestico attraverso una miscela di combustibile alternativo che è più "verde" del petrolio convenzionale. Inoltre, l'*Air Force* sta testando e definendo degli standard in questo campo spianando la strada per il settore dell'aviazione commerciale.

L'Esercito statunitense è nel bel mezzo di una significativa trasformazione della sua flotta di 70.000 veicoli non-tattici (NTVs), compreso l'attuale dispiegamento di oltre 500 veicoli ibridi, e l'acquisizione di 4.000 veicoli elettrici a bassa velocità nelle installazioni domestiche per contribuire a ridurre l'uso di combustibili fossili. L'Esercito sta anche esaminando i modi per sfruttare le opportunità per la produzione di energia rinnovabile a supporto delle esigenze operative: per esempio il *Rucksack Enhanced Portable Power System (Portable REPPS)*, ovvero uno zaino con avanzate funzionalità di sistema di alimentazione.

La Marina statunitense ha commissionato la realizzazione della *USS Makin Island*, la sua prima unità di superficie combattente a propulsione elettrica, e testato il motore F/A-18 alimentato dalla camelina, un nuovo biocarburante, nel 2009, che rappresentano due passaggi chiave per schierare una portaerei "verde" utilizzando biocarburanti ed energia nucleare entro il 2016.

Il Corpo dei *Marines* ha creato, inoltre, un ufficio *ad hoc*, chiamato *Expeditionary Energy Office*, per affrontare il rischio operativo di energia, e il suo team *Energy Assessment* ha identificato alcuni modi per migliorare l'efficienza nelle operazioni ad alta intensità energetica di oggi in Afghanistan e Iraq al fine di ridurre la logistica e i relativi requisiti di protezione delle forze.

3.7. Lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabili nel prossimo futuro

Le Forze Armate hanno bisogno di diversificare le proprie fonti di energia e proteggere l'accesso alle fonti di energia disponibili al fine di assicurarsi una fornitura più affidabile e sicura di energia per le missioni militari. In particolare, il Ministero della Difesa dovrebbe incentivare lo sviluppo di sistemi di produzione di energia da fonti alternative al fine di rimuovere alcuni degli oneri delle linee di alimentazione e approvvigionamento di energia, con particolare attenzione alle energie che possono essere generate o acquistate a livello locale o regionale. Per esempio, le forze operative speciali americane nel nord dell'Afghanistan e una compagnia di *Marines* recentemente dispiegata nella provincia di Helmand, in Afghanistan, stanno valutando l'opportunità di produrre energia elettrica dall'energia solare, mentre la Marina degli Stati Uniti sta cercando di sviluppare tecnologie *waste-to-energy* in grado di essere installati sulle navi.

La capacità di produrre anche piccole quantità di energia nei luoghi più avanzati può ridurre la pressione sulle rotte di approvvigionamento di combustibile più pericolose e costose. Inoltre, l'addestramento delle forze militari, incorporando l'uso di energie alternative, avrà il vantaggio di ridurre ulteriormente la diffusione di tecnologie basate sull'utilizzo di petrolio in campo militare.

Lo sviluppo di sistemi di generazione di energia da fonti alternative ha anche la potenzialità per migliorare lo sviluppo delle tecnologie in altri ambiti, come ad esempio nel settore civile. Infatti, le tecnologie più promettenti per scopi militari di trasporto possono essere adatte anche per le nazioni partner in cui mancano estese infrastrutture energetiche. Forze Usa in Afghanistan, per esempio, hanno costruito avamposti dell'esercito nazionale afgano alimentati da energia solare. Il Comando Sud degli Stati Uniti sta lavorando con i militari di El Salvador per installare un sistema da 91 kilowatt di pannelli solari in grado di fornire il 20% del fabbisogno energetico nella postazione di sicurezza cooperativa in Com-pala, El Salvador.

Inoltre, il Ministero della Difesa dovrebbe adoperarsi per promuovere la garanzia degli approvvigionamenti di fonti energetiche a lungo termine. La volatilità dei prezzi del petrolio continuerà ad essere una sfida per il bilancio del Ministero della Difesa e data la situazione dei mercati mondiali del petrolio è plausibile e sempre più probabile prevedere un'interruzione delle forniture di petrolio nei prossimi decenni. Le Forze Armate americane

hanno già preso provvedimenti per certificare aerei, navi, veicoli tattici e attrezzature di supporto per l'uso di combustibili liquidi alternativi. Questa è una strategia prudente ed anche una polizza di assicurazione contro future interruzioni di fornitura di petrolio e prezzi elevati che potrebbe essere replicata anche in Italia.

Si prevede che a lungo termine, i combustibili alternativi potranno costituire una parte importante dell'energia consumata e il Ministero della Difesa e i suoi servizi dovrebbero essere pronti a sfruttare questo sviluppo attraverso il continuo investimento in ricerca, sviluppo, test e valutazione di combustibili alternativi. Tali investimenti devono essere supportati da analisi sulla fattibilità economica e tecnica e soddisfare le seguenti condizioni:

- i combustibili devono essere “*drop in*” (cioè compatibili con le apparecchiature attuali, piattaforme e infrastrutture);
- i combustibili devono essere in grado di supportare un dispiegamento di forze impiegate a livello planetario;
- bisogna tener conto delle potenziali conseguenze a monte e a valle (ad esempio, elevati prezzi dei generi alimentari nel caso di utilizzo di prodotti agricoli);
- bisogna tener conto del ciclo di vita delle emissioni di gas a effetto serra, che deve essere inferiore o uguale alle emissioni da combustibili convenzionali.

Attualmente il Dipartimento della Difesa americano produce o acquista combustibili alternativi a prezzi non competitivi a scopo di test per promuovere la ricerca, ma in futuro questi combustibili potranno essere usati per le operazioni militari solo se potranno essere prodotti a prezzi competitivi con il prezzo di mercato dei combustibili convenzionali. Il Dipartimento può anche in casi particolari rendere obbligatorio l'uso di combustibili alternativi. Per esempio, le forze Usa in Afghanistan hanno utilizzato l'olio prodotto da colture locali in generatori militari statunitensi come parte della strategia di promozione dell'economia locale in Afghanistan.

Infine, si raccomanda di migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico delle missioni operative in installazioni fisse, con particolare riferimento alle forniture di elettricità. Per le basi militari, un'interruzione delle forniture di energia elettrica di qualsiasi durata potrebbe avere un impatto sulle operazioni militari.

Nel lungo periodo, l'interruzione di energia elettrica potrebbe minare la capacità del Ministero della Difesa e delle Forze Armate di svolgere il proprio compito istituzionale di difesa della sicurezza nazionale, compreso il supporto alle autorità civili in caso di emergenza nazionale.

4

Energie Alternative per le rimanenti esigenze delle Forze Armate

SOMMARIO: 4.1 L'efficienze energetica delle installazioni e delle basi militari in Patria – 4.2 L'uso di energie rinnovabili in installazioni militari in Patria – 4.3 La gestione “sostenibile” delle Forze Armate.

Le Forze Armate di tutto il mondo sono consapevoli che il consumo di energia (prevalentemente energia elettrica e combustibile) in tempo di pace e sulle installazioni in Patria è diverso dal consumo di energia durante le operazioni di contingenza e le missioni operative. Tuttavia, lo sviluppo di soluzioni innovative in Patria potrà aiutare anche i soldati in combattimento.

Lo sviluppo di nuova dottrina energetica e la concentrazione degli investimenti in nuove tecnologie da adottare successivamente anche nel contesto delle missioni e delle operazioni di contingenza, sono provvedimenti che possono aumentare l'efficacia, estendere la durata e la resistenza delle forze militari e ridurre la dipendenza da convogli di rifornimento e relativi costi operativi.

Perciò in questo capitolo verranno presi in rassegna gli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica e le modalità di impiego delle fonti rinnovabili di energia, applicabili in ambito militare in situazioni di pace e in Patria. Si ricorda che, in questi casi, le esigenze energetiche delle Forze Armate sono molto simili a quelle della società civile, di conseguenza saranno richiamati anche gli sviluppi tecnologici in ambito civile. Infine, a corredo della ricerca, un'analisi tecnica dello stato dell'arte dello sviluppo tecnologico e della diffusione delle diverse fonti rinnovabili di energia (eolica, solare fotovoltaica, solare termica, solare termodinamica, biomasse, biogas, biocarburanti, geotermica ed idroelettrica) verrà delineata nella parte specialistica del presente Rapporto.

4.1 L'efficienza energetica delle installazioni e delle basi militari in Patria

Raggiungere l'obiettivo della sicurezza energetica in assenza di produzione autoctona sufficiente richiede una riduzione del consumo di energia e l'utilizzo di fonti rinnovabili. In via generale, le misure per migliorare l'efficienza energetica necessitano di investimenti iniziali cospicui che verranno però coperti da ampi risparmi di consumi di energia in futuro. Tuttavia esistono anche metodi di riduzione dei consumi di energia a costo pari a zero.

Il modo più semplice per ridurre il consumo di energia, per il singolo, è banalmente semplice, ed è lo stesso per la casalinga o per il soldato: spegnere le luci e l'aria condizionata prima di uscire, tenere le luci spente durante il giorno quando la luce solare naturale può illuminare una stanza, e così via. In questo senso diventa di fondamentale importanza la sensibilizzazione del singolo individuo verso la riduzione del consumo di energia e la diffusione di una nuova "cultura energetica", da incentivare anche attraverso programmi di formazione.

Interventi di efficienza energetica sulle installazioni militari fisse richiedono invece un ripensamento architettonico delle strutture esistenti e delle nuove strutture militari da realizzare. In particolare si raccomanda di costruire nuove caserme seguendo i criteri di risparmio energetico più elevati e di ristrutturare le caserme esistenti utilizzando finestre che garantiscano un maggior isolamento termico, in grado di ridurre la necessità di ricorrere all'uso di aria condizionata/riscaldamento. Nella progettazione delle nuove installazioni si consiglia inoltre di posizionare le finestre in modo da ridurre al minimo la necessità di utilizzare l'illuminazione artificiale di interni durante il giorno. Interessanti prospettive di riduzione di consumi di energia sono offerte anche dalle soluzioni tecnologiche sostenibili di "frontiera", come l'integrazione architettonica dei pannelli fotovoltaici nelle pareti degli edifici ⁷¹.

Il ventaglio di tecnologie ad elevata efficienza energetica applicabili alle installazioni militari fisse in Patria corrisponde in massima parte alle soluzioni tecnologiche di efficienza energetica sviluppate per usi civili, di cui si offre una rapida rassegna ⁷². La riduzione maggiore di consumi è ottenibile attraverso un "efficientamento" del parco tecnologico per la clima-

⁷¹ Sul punto si veda, tra gli altri, SCOGNAMIGLIO A., BOSISIO P., DI DIO V. (2009), *Fotovoltaico negli edifici*, Edizioni Ambiente, Milano.

⁷² Per un ulteriore approfondimento del tema si rinvia *infra* alle schede tecnologiche delle fonti rinnovabili di energia presenti nella parte specialistica del presente Rapporto.

tizzazione (invernale ed estiva) e la produzione di acqua calda sanitaria. Ampii miglioramenti dell'efficienza energetica sono perseguibili attraverso un maggior ricorso a caldaie a condensazione ad alto rendimento, pompe di calore e condizionatori più performanti. Anche il rinnovo dello *stock* di apparecchiature elettriche, quali lampadine, elettrodomestici, computer, può giocare un ruolo centrale, specie nel breve periodo: la sostituzione dei prodotti attuali con altri nuovi e a bassi consumi (conformi ai regolamenti comunitari di recepimento della direttiva EuP, *Energy using Products*). Nel lungo periodo un notevole contributo alla riduzione dei consumi viene inoltre dalla riduzione della richiesta di servizi energetici, per effetto di un uso più razionale dell'energia.

Oltre alle caserme e alle altre installazioni fisse, in Patria è possibile sperimentare anche nuove tecnologie per le basi militari mobili, da utilizzare in seguito in missioni operative all'estero. Ad esempio, un laboratorio sperimentale, il *Base Camp System Integration Laboratory* (SIL) è stato aperto dall'Esercito americano, il 24 giugno 2011, a Fort Devens, Massachusetts, per testare delle tecnologie avveniristiche volte a creare campi base a maggiore efficienza energetica ⁷³.

Tav. 64 – *Base Camp System Integration Laboratory, or SIL*



Fonte: <http://www.army.mil/article/60310>

⁷³ Sul punto si consulti il seguente link: <http://www.army.mil/article/60473>

Lo studio di basi militari a basso impatto energetico si concentra su cinque obiettivi:

1. riduzione dei consumi energetici;
2. aumento dell'efficienza energetica attraverso piattaforme e servizi;
3. aumento dell'uso delle energie rinnovabili e alternative;
4. garanzia di accesso a forniture di energia sufficiente oggi e in futuro;
5. riduzione degli impatti negativi sull'ambiente.

Oltre che nelle basi militari, l'efficienza energetica può essere migliorata anche nel settore del trasporto, infatti il ricorso a veicoli più performanti rappresenta la principale opzione alla riduzione dei consumi di energia nel medio periodo (dal 2020 in poi).

Se nel lungo periodo un'opportunità di riduzione dei consumi è rappresentata dalla diminuzione della domanda di spostamento con mezzi individuali sostituiti da mezzi di trasporto ad uso collettivo, la principale opzione tecnologica nel breve-medio periodo è rappresentata dal rinnovo del parco veicoli per il trasporto passeggeri. I vincoli più stringenti sui livelli di emissioni dei veicoli nuovi favoriscono la penetrazione massiccia di veicoli a bassi consumi e di nuova generazione, tra cui segnaliamo i veicoli ibridi e *plug in* (ricaricabili dalla rete elettrica) che nel lungo periodo arriveranno a rappresentare quasi il 70% delle vendite, in linea con le stime ETP 2010 ⁷⁴.

4.2 L'uso di energie rinnovabili in installazioni militari in Patria

Attualmente le Forze Armate stanno sviluppando test pilota per l'implementazione di nuove soluzioni che riducano le richieste di energia elettrica, combustibile ed acqua nelle installazioni militari. Le Forze Armate di tutto il mondo stanno lavorando da un lato, per ridurre l'onere logistico dei soldati schierati in teatri operativi e ridurre i convogli di trasporto di rifornimenti e, dall'altro, stanno costruendo basi di contingenza all'estero e in Patria più autosufficienti in termini di consumo di energia ed acqua.

Per esempio, il Dipartimento della Difesa americano ha già adottato sistemi di illuminazione a basso consumo, finestre più isolanti e sistemi di condizionamento (di riscaldamento e

⁷⁴ Per maggiori approfondimenti sul sistema energetico internazionale ed europeo si consulti il Rapporto Energia e Ambiente 2009 dell'ENEA:

<http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-volumi/V2010REA2009.pdf>

raffreddamento) a basso consumo energetico in molte installazioni esistenti e sta trasformando i tetti mediante l'utilizzo di pannelli fotovoltaici.

L'installazione di pannelli fotovoltaici sulle caserme è una delle soluzioni percorribili che ha riscontrato l'approvazione di diverse Forze Armate. Per esempio l'*Israel Air Force* ha lanciato il primo bando di gara per la realizzazione di impianti solari di piccole dimensione (fino a 50 kilowatt) nelle proprie basi ed è già in programma – sotto esame di fattibilità – un mega progetto da 50 MW. Se il progetto andrà in porto, l'*Israel Air Force* (IAF) rivoluzionerà il proprio sistema di approvvigionamento energetico, convertendo all'energia solare tutte le proprie basi, sulla scia delle Forze Armate degli Stati Uniti che insegnano, quando si tratta di fame energetica e di soluzioni all'avanguardia, che non c'è nulla come il rigore militare per perseguire in maniera ferrea anche gli obiettivi sfidanti fissati nel campo delle energie rinnovabili ⁷⁵.

Ora anche l'Italia si cimenta nell'impresa con il progetto di solarizzare dei tetti delle caserme italiane. L'iniziativa ha alla base la firma del contratto di servizio tra la società Difesa Servizi S.p.A e il Ministero della Difesa. In base alla convenzione attuativa stipulata, la società potrà gestire una serie di terreni e di coperture di fabbricati in 64 siti in uso alle Forze Armate per installare degli impianti fotovoltaici. L'obiettivo perseguito dal Ministero della Difesa è quello di rendere tendenzialmente autosufficienti le Forze Armate dal punto di vista energetico, abbattendo notevolmente i costi ora sostenuti ⁷⁶.

In realtà l'attenzione alle tematiche sul risparmio energetico e le energie rinnovabili non sono nuove nel nostro Paese. Già nel 2007 nell'ambito della manifestazione "*In difesa... dell'ambiente*" le Forze Armate si erano schierate in difesa dell'ambiente con a fianco, i ministri Visco per l'Economia, Parisi per la Difesa e Pecoraro Scanio per l'Ambiente. In quell'occasione era stato presentato il programma di ristrutturazione di alcune caserme, con una particolare attenzione alle tematiche ambientali e con un ampio ricorso alle tecnologie da energie rinnovabili. Il seminario, che accompagnò la manifestazione, fu tenuto dal professor Vincenzo Naso che trattò degli impianti da fonti rinnovabili di ultima generazione e dal professor Mauro Spagnolo che illustrò i più recenti sistemi di efficienza energetica nell'involucro edilizio.

⁷⁵ Cfr. "*Energia solare per l'esercito israeliano*", Rinnovabili.it, 2010. Link: <http://www.rinnovabili.it/energia-solare-per-lesercito-israeliano-402748>

⁷⁶ Sul punto si veda "*Caserme fotovoltaiche, le Forze Armate scelgono il sole*", Rinnovabili.it, 2011. Link: <http://www.rinnovabili.it/caserme-fotovoltaiche-le-forze-armate-scelgono-il-sole404545>

L'avvenimento fu di una certa importanza, in quanto, fu la prima volta che le Forze Armate italiane scelsero il percorso della sostenibilità per le proprie attività. Il binomio "Forze Armate-fonti rinnovabili di energia" è assolutamente originale e si concretizzerà nella realizzazione di tre impianti fotovoltaici per le caserme "E. Rosso" (1140 kWp), "N. Ponzio" (627 kWp) e "F. Bazzani" (672 kWp). Esse si trovano nella cittadella militare della Cecchignola, a Roma e avranno assicurata l'energia pulita per tutte le esigenze energetiche. Il progetto è stato elaborato dall'Ispettorato delle Infrastrutture dell'Esercito. Tutte le modalità tecniche ed amministrative sono state definite in collaborazione sia con l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas che con il Gestore del Servizio Elettrico (G.S.E.)⁷⁷.

L'esercito statunitense sta valutando anche le potenzialità di una tenda ad energia solare flessibile, portatile e leggera (si veda Tav. 65). Queste tende solari sono progettate per consentire alle unità di spedizione di trasportare facilmente una potenza elettrica trasferibile ed esportabile che può caricare batterie, computer e altre attrezzature essenziali senza bisogno di combustibile o di un generatore. Utilizzando una tecnologia in rapida evoluzione conosciuta come fotovoltaico flessibile, la tenda solare sfrutta l'energia solare per convertire l'energia luminosa in energia elettrica, eliminando così la necessità di trasportare i generatori e grandi quantità di carburante. Inoltre, i notevoli progressi tecnologici compiuti nel campo del fotovoltaico hanno reso possibile la costruzione di tende con materiali leggeri e portatili che sono flessibili e che, smontate, possono viaggiare facilmente. In realtà, l'Esercito americano ha già distribuito alcune di queste tecnologie in sedi sparse in tutto il mondo per una valutazione supplementare.

I principali utilizzi delle nuove fonti rinnovabili di energia⁷⁸ in ambito militare sono:

- produzione di calore (solare termico, cogenerazione, geotermia, biocombustibili per uso riscaldamento, legname e teleriscaldamento a biomasse);
- produzione di energia elettrica (idroelettrica, eolica, fotovoltaica, geotermica, e da biomasse);
- impiego di biocombustibili da utilizzare per il riscaldamento o alimentazione di veicoli a motore (ad esempio l'isobutanolo).

⁷⁷ Sul punto si veda "Le Forze Armate scendono in campo nella sfida ambientale", Rinnovabili.it, 2010. Link: <http://www.rinnovabili.it/difesa-fisco-e-ambiente-un-tris-per-vincere-la-sfida-500032>

⁷⁸ Per un ulteriore approfondimento del tema si rinvia *infra* alle schede tecnologiche delle fonti rinnovabili di energia presenti nella parte specialistica del presente Rapporto.



Fonte: <http://www.army.mil/article/49138/army-evaluating-transportable-solar-powered-tents>

Si ricorda, infine, che in Patria, l'alimentazione di energia elettrica delle Forze Armate dipende dalle reti elettriche commerciali che sono vulnerabili. Sistemi di distribuzione dell'acqua e sistemi di smaltimento dei rifiuti complessi, volatilità dei prezzi dei combustibili fossili e requisiti di conformità alla comunità civile costituiscono ulteriori sfide per le Forze Armate.

4.3 La gestione “sostenibile” delle Forze Armate

I trend globali odierni di domanda e offerta di energia sono chiaramente insostenibili da un punto di vista ambientale, economico e sociale. Il settore energetico si trova ad affrontare quattro sfide principali: la minaccia di un cambiamento climatico con potenziali effetti distruttivi ed irreversibili; la riduzione progressiva della sicurezza degli approvvigionamenti; la crescita e volatilità dei prezzi dell'energia e la crescente domanda energetica nei Paesi

in via di sviluppo. Non è esagerato affermare che uno sviluppo economico sostenibile sarà possibile solo se il mondo saprà garantire un'offerta di energia affidabile a prezzi accessibili ed effettuare una rapida trasformazione verso approvvigionamenti energetici a basso contenuto di carbonio, efficienti e rispettosi dell'ambiente.

Chiaramente, l'operatività delle Forze Armate in futuro dipenderà dalla capacità delle stesse di ridurre la dipendenza energetica, aumentare l'efficienza e utilizzare più fonti rinnovabili o alternative di energia. Attraverso una serie di iniziative per l'energia, le Forze Armate di diversi Paesi stanno sviluppando tecnologie innovative e migliorando le prestazioni operative in tutta la gamma delle operazioni militari, a partire dai soldati, fino ad arrivare alle piattaforme e alle esigenze di sostentamento.

Il focus attuale delle Forze Armate dovrebbe essere quello di esplorare i possibili miglioramenti alla fornitura energetica e l'uso dell'energia nelle basi militari e nelle missioni, in Patria e all'estero.

L'obiettivo finale è una maggiore efficacia operativa, misurata in termini di protezione, resistenza, agilità, flessibilità, resistenza e forza. La gestione dell'energia, la diversificazione delle fonti di energia, una maggiore efficienza energetica e la riduzione della domanda di energia, porteranno alla gestione energetica sostenibile delle Forze Armate.

5

Nuove tecnologie e nuovi concetti: credibilità scientifico-tecnologica

SOMMARIO: 5.1 Nuove tecnologie in ambiente bellico – 5.1.1 Le tecnologie per muovere e combattere – 5.1.2 Le tecnologie per vivere – 5.2 Le nuove frontiere tecnologiche commercializzabili nel breve-medio termine (5-10 anni) – 5.2.1 Il *Green Jet Fuel*: effettuato il primo volo transatlantico eco-sostenibile – 5.2.2 Dagli Usa il biocarburante agli aghi di pino – 5.2.3 Bio-butano dalla cellulosa, scommessa vinta con *Clostridium ogm* – 5.2.4 Il fotovoltaico organico: le celle di terza generazione – 5.2.5 Il fotovoltaico a concentrazione – 5.2.6 Utilizzo innovativo delle fonti geotermiche sul territorio nazionale – 5.2.7 Condizionatori d'aria magnetici: leghe particolari consentono di raffreddare alimenti e ambienti – 5.2.8 I motori a cogenerazione per il recupero degli sprechi – 5.3 Le nuove frontiere tecnologiche commercializzabili nel medio-lungo termine (>10 anni) – 5.3.1 Ottenere la benzina dal sole: forse si può – 5.3.2 Il fotovoltaico quantistico: nuovi orizzonti per un impennamento dell'efficienza – 5.3.3 Il BEEST project (*Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation*) dell'ARPA-e (*Advanced Research Projects Agency – Energy*) statunitense – 5.3.4 I motori ad onda d'urto – 5.3.5 Un carbone più pulito – 5.3.6 Tecnologia mista fusione-fissione: come ottenere energia da combustibile nucleare esausto – 5.3.7 La nuova fusione fredda.

La trattazione di nuove tecnologie, che innovano in modo incrementale o radicale, avendo impatto ora sull'efficacia ora sull'efficienza, e le attuali modalità di produzione di energia nel contesto delle Forze Armate passano necessariamente attraverso la scissione, in un *continuum* di situazioni possibili, tra l'esigenza di produrre ed avere a disposizione energia in un contesto di pace oppure in un contesto di guerra.

In questa sezione si passeranno in rassegna le possibili soluzioni d'avanguardia per il miglioramento dell'efficienza e della riduzione dalle tradizionali fonti energetiche per le Forze Armate e si tratterà delle soluzioni tecnologiche adottabili in campo energetico, già presenti sul mercato e in continua evoluzione.

Con riguardo alle soluzioni inerenti lo scenario bellico, torna utile dividere la narrazione tra fonti energetiche per “vivere”, “muovere” e “combattere”, che rappresentano i tre bisogni cardine da soddisfare in ambiente bellico.

Di converso, la trattazione delle soluzioni di frontiera riguardanti scenari di pace si baserà quasi esclusivamente sulla selezione di quelle che maggiormente rispettano il criterio dell'efficienza.

5.1. Nuove tecnologie in ambiente bellico

5.1.1 Le tecnologie per muovere e combattere

La fonte energetica per la quale maggiormente si richiede innovazione verso il dogma di una maggiore efficienza (lasciando se possibile inalterata l'efficacia) è sicuramente quella relativa ai combustibili necessari per i combattimenti in prima linea e per lo spostamento dei combustibili stessi presso gli scenari di battaglia (ma anche per il *training* sia in campo domestico che presso basi militari internazionali). Con riguardo ai combustibili militari, la cosa più importante è che nel momento in cui si ipotizza l'uso di un carburante alternativo, questo possieda caratteristiche organiche simili, o addirittura migliori, rispetto a quelle presentate dai carburanti tradizionali. È questo un aspetto molto importante in quanto in ambito militare il carburante non serve solo genericamente per alimentare le flotte armate ma deve rispondere ad esigenze connesse alla sicurezza e a prestazioni di livello particolarmente elevato.

In particolare, per un carburante alternativo sono importanti le seguenti specifiche:

1. avere un *flash point*⁷⁹ accettabile minimo vicino a quello di un combustibili tradizionale;
2. possedere una stabilità termica elevata in quanto le flotte (aeree, navali o di terra) ad alte prestazioni utilizzano il carburante anche per il raffreddamento di talune delle proprie componenti meccaniche;
3. avere un buon grado di lubrificazione e viscosità capaci di garantire un certo grado di affidabilità sia in termini di prestazioni che dei motori stessi;

⁷⁹ Il *flash point* è la temperatura minima alla quale avviene la combustione che permette al motore di avviarsi.

4. presentare punti di congelamento e di evaporazione consoni per le flotte utilizzate ad alte quote o in scenari bellici dal clima decisamente estremo;
5. avere un tempo, il quanto più lungo possibile, di stabilità organica che consenta lo stoccaggio di ampie riserve, per tutte le evenienze del caso;
6. presentare un'alta densità energetica: più è alta maggiori sono le autonomie, minore è l'esigenza di rifornirsi.

Come già anticipato, due sono le principali tipologie di combustibile alternativi (e già esistenti) a quelli di diretta derivazione petrolifera:

- a. quelli prodotti secondo la metodologia Fischer-Tropsch (d'ora in avanti FT);
- b. quelli ottenuti mediante oli vegetali o grassi animali idrogenati.

Per la descrizione di come si ottengono queste due tipologie di combustibile alternativo si rimanda al documento prodotto dal RAND statunitense "*Alternative fuels for military application*"⁸⁰. In questa sede, proprio ai fini della produzione e dell'eventuale uso di questi combustibili per fini militari ci sembra opportuno porre l'attenzione su alcune caratteristiche produttive, benefici e costi associati ai materiali potenzialmente utilizzabili per farlo.

Anzitutto è importante conoscere il potenziale sia in termini di infrastrutture già operanti nel campo della produzione di questi combustibili sia in termini di disponibilità delle materie prime necessarie per la produzione.

Con riguardo ai combustibili FT la situazione è la seguente: ci sono impianti che usano il carbone per la produzione commerciale di FT in Sudafrica, Malesia, Nigeria e in Qatar. In quest'ultimo Paese è stato da poco aperto un impianto che invece utilizza il gas naturale come materia prima in grado di produrre circa 140.000 barili di FT al giorno. Si stima che nel 2012 la produzione mondiale di FT si aggirerà attorno ai 350.000 barili al giorno. Tuttavia la scelta di utilizzare un combustibile dipende anche dalla disponibilità che un Paese ha di produrlo internamente e quindi di ottenerlo a costi sicuramente inferiori rispetto a quelli ottenuti importandolo da Paesi terzi.

E' questa la strada che stanno seguendo gli Stati Uniti visto che possiedono carbone e biomasse in quantità tale da produrre alcuni milioni di barili di FT al giorno. In Italia la situazione è completamente differente: posta l'assenza di carbone (se si eccettua un piccolo

⁸⁰ Per consultare il documento: <http://www.rand.org/pubs/monographs/MG969.html>

giacimento in Sardegna del tutto trascurabile in termini di potenziale produttivo) ci sono alcuni giacimenti di gas naturale ma che vengono attualmente utilizzati (dall'ENI) per la copertura del 15% del fabbisogno nazionale commerciale (per lo più uso domestico). Se ne deduce che anche in questo caso saremmo importatori per la quasi totalità di questa tipologia di combustibile.

Con riguardo alle caratteristiche dei carburanti FT va sottolineato che producono, sia durante la produzione che nell'uso, meno sostanze inquinanti (per lo più ossidi solfurei) rispetto ai carburanti derivati dal petrolio ma al contempo è documentato che i carburanti FT per uso commerciale attualmente in uso producono un ammontare di gas serra superiore ai carburanti tradizionali. Tuttavia le nuove tecnologie di produzione sperimentali promettono una riduzione nell'emissione di gas serra fin sotto quelli attualmente prodotti dai carburanti petroliferi. Due vantaggi organici dei carburanti FT sono quello di possedere un alto numero di cetano⁸¹, che torna particolarmente utile per molte tipologie di armamenti, ed una stabilità termica particolarmente elevata, utile per i processi di stoccaggio e conservazione. Attualmente si stima (*National Academy of Science 2009*) che la produzione di combustibile FT derivato dal carbone presenti un costo che oscilla tra i 60 e i 70 dollari al barile. Tuttavia si prevede che con il procedere delle tecnologie e l'accumulo di esperienza di produzione tale costo possa ragionevolmente scendere attorno ai 50 dollari al barile.

Per quanto riguarda invece i combustibili ottenuti dalle c.d. biomasse (oli vegetali, grassi animali, rifiuti) la situazione è per certi versi analoga e per altri completamente differente.

Se si sommano le varie tipologie di biomasse da cui è possibile estrarre energia o combustibili un po' tutti i Paesi ne hanno, chi più chi meno, a disposizione. I problemi sono di altro tipo e riguardano la resa delle biomasse, la possibilità di averle a disposizione tutto l'anno e i problemi legati all'emissione di sostanze inquinanti. Se con riguardo a quest'ultimo aspetto molti passi in avanti sono stati fatti e le tecnologie odierne portano ad un'emissione di sostanze inferiore a quella dei derivati del petrolio, i primi due problemi restano però sostanzialmente irrisolti. In particolare la resa delle biomasse è particolarmente bassa; infatti al contrario dei combustibili tradizionali, che si trovano generalmente in giacimenti di grandi dimensioni, la produzione di biomasse risulta vantaggiosa in zone a lati-

⁸¹ Nei motori diesel il numero di cetano è un indicatore del comportamento, in fase di accensione, dei combustibili (gasolio e biodiesel). L'indice esprime quindi la "prontezza" del combustibile all'accensione, dove maggiore è il numero di cetano, maggiore sarà tale prontezza. Sul punto si veda Wikipedia al seguente link: http://it.wikipedia.org/wiki/Numero_di_cetano

tudini molto elevate, ricche di combustibile vegetale (ad esempio boschi e foreste). Questo è forse il principale limite allo sfruttamento delle biomasse. Con riguardo alle caratteristiche qualitative ed ai loro vantaggi i combustibili da biomasse presentano una stabilità termica ed un numero di cetano anche migliore rispetto ai carburanti FT.

In relazione ad informazioni di costo la questione è non solo più variegata (dipende dalla materia prima utilizzata nella produzione) ma anche parzialmente ignota. Analisi sui costi necessari per la produzione dei c.d. oli rinnovabili idrogenati non sono pubblicamente disponibili. In base ad informazioni riportate sul documento RAND si sa che un gallone di combustibili ottenuto da oli vegetali presenta un costo che oscilla tra gli 0,30 e gli 0,45 dollari. Se così è si tratta di costi particolarmente bassi.

La produzione di combustibili alternativi effettuata in zona di operazioni è di difficile implementazione, comporta problemi logistici e presenta costi elevati. Di converso, se si hanno le materie prime, la produzione in campo nazionale è da vedersi di buon grado in quanto in alcuni casi genera miglioramenti sia in termini di efficienza sia in termini di contrasto all'inquinamento.

Nel caso italiano difficilmente si può dar luogo ad una produzione massiva sul campo nazionale visti i problemi di scarsità di materie prime con riguardo ai carburanti FT e di resa delle biomasse. Quali i motivi per investire allora su fonti energetiche alternative di questo tipo da parte della ricerca italiana? Sicuramente l'uso commerciale di tali fonti non solo è possibile ma produce tutti i benefici già enucleati. Ma, ancor più importante, è lo studio di nuove tecnologie per lo sfruttamento di nuove fonti energetiche affinché, come anche sostenuto nel RAND, lo sviluppo di queste porti ad una riduzione del prezzo del petrolio e ad un abbassamento dei costi globali per l'approvvigionamento di energia e combustibili.

5.1.2 Le tecnologie per vivere

Ovviamente anche l'utilizzo dell'energia elettrica e le relative fonti di creazione della stessa, per gli usi connessi, ad esempio, ai campi militari presso gli scenari bellici è oggetto di studio su come ridurre il costo per il soddisfacimento delle esigenze per cui se ne richiede l'uso.

“Quando ce ne andremo dall’Iraq, assisteremo al più massiccio trasferimento di condizionatori d’aria della storia dell’umanità”, parola di Dan Nolan, consulente energetico dell’Esercito degli Stati Uniti d’America ⁸².

Proprio così. Proviamo infatti a fare mente locale su cosa significhi per gli Usa, dal punto di vista logistico, un’operazione come quella in Iraq (ma quella in Afghanistan non differisce di molto così come le considerazioni di cui appresso). Significa decine e decine di basi militari di vario livello e differenti dimensioni *“in the middle of nowhere”*, isolate dall’ambiente civile, superprotette da incursioni esterne, organizzate con rifugi prefabbricati e tende per i comandi, i dormitori, gli uffici, i locali dei servizi principali e accessori come refettori, chiese, palestre, negozi, infermerie, sale da parrucchiere e così via. La temperatura esterna può arrivare a 50 °C e pertanto il tutto va climatizzato, e per far funzionare i condizionatori ci vuole l’elettricità. Ma non ci si può appoggiare alla rete elettrica del posto, innanzitutto perché è poco affidabile e molto soggetta a sabotaggi, e inoltre perché sarebbe immorale sottrarre una fetta di energia alla popolazione locale. Quindi ci vuole una gran quantità di generatori elettrici che funzionano a gasolio. Ma il carburante non è fornito dall’Iraq perché quello che viene estratto in Mesopotamia basta a malapena per le esigenze interne del Paese. Pertanto il carburante deve provenire da fuori, dal Kuwait o da più lontano ancora, e va trasportato alle basi militari fino agli avamposti più sperduti per mezzo di autocisterne. E siccome le autocisterne americane sono i bersagli preferiti dalla guerriglia, devono essere difese con poderose scorte, che non sempre riescono ad impedire lo scoppio degli *“ordigni esplosivi improvvisati”*.

Il risultato è che il 75% del budget per l’energia delle Forze Armate statunitensi in Iraq viene assorbito dallo spostamento del carburante da una base all’altra. Una base di piccole dimensioni ha bisogno di circa 40.000 litri di gasolio al giorno, solo 5.000 dei quali servono per la mobilità, mentre la grandissima parte, 35.000 litri, serve ai generatori che funzionano 24 ore al giorno per climatizzare i locali.

Tutto ciò configura un doppio paradosso: da una parte non può essere utilizzato il petrolio locale, pur essendo il sottosuolo irakeno fornito a dismisura di *“oro nero”*, dall’altra ci si affida al gasolio (e per di più d’importazione) anziché sfruttare fonti di energia di cui il Medio Oriente è ancor più ricco: il vento e, soprattutto, il sole.

⁸² Cfr. <http://www.loccidentale.it/articolo/usa%3A+verso+forze+armate+ecologiche.0091107> del 22 maggio 2010.

Oggi giorno le Forze Armate statunitensi bruciano 330.000 barili di petrolio al giorno e, in quanto all'elettricità, sommando tutte le loro esigenze in tutto il globo, ogni anno il fabbisogno ammonta a qualcosa come 3,8 miliardi di kilowattora. I costi sono esorbitanti, se si pensa che un gallone di benzina utilizzato da un reparto di Marines in Afghanistan viene a costare circa 400 dollari, dato che deve essere trasportato attraverso il Pacifico e poi via terra attraverso Pakistan e Afghanistan. I costi, poi, aumentano quando certi quantitativi di carburante vanno perduti a causa di attacchi della guerriglia. Nel solo mese di giugno 2008, tanto per fare un esempio, 44 veicoli e 220.000 galloni di carburante sono andati perduti in attacchi e sabotaggi.

La consapevolezza del fatto che le fonti di energia alternative potrebbero salvare molte vite umane ha fatto cambiare idea ai vertici militari americani. E' stata una "rivoluzione dal basso", partita da coloro che, rischiando continuamente la pelle in quanto incaricati di trasportare carburante sul territorio iracheno, sono diventati per forza di cose convinti sostenitori dell'energia solare. I livelli di comando intermedi hanno poi realizzato che affidarsi di più all'energia solare, oltre a diminuire il prezzo del carburante, limita il numero dei convogli sulle strade e riduce la perdita di vite umane. Non solo, ma regalando un po' dell'energia in eccesso alle comunità locali, la popolazione diventa più incline a lanciare ai soldati fiori anziché bombe.

Tale "rivoluzione verde" negli affari militari ha poi coinvolto le alte sfere che si sono fatte promotrici di concrete misure per ridurre la dipendenza dalle fonti di energia fossili da parte di tutte le Forze Armate. L'obiettivo è quello di arrivare, entro il 2025, ad ottenere il 25% dell'energia "militare" da fonti non esauribili. Non si tratta di essere ecologisti per partito preso, si tratta piuttosto di salvare vite umane e di risparmiare denaro.

Siccome i cambiamenti più efficaci cominciano da casa propria, l'Esercito americano sta convertendo Fort Irwin in California in una base autosufficiente dal punto di vista energetico grazie ad un proprio impianto ad energia solare da 500 megawatt. In tale modo la base non soltanto non sarà più dipendente dagli impianti locali ma venderà il surplus di energia alle autorità civili locali.

Per l'Italia tutte queste cifre e questi costi sono astronomici ma l'esigenza di ridurre costi, migliorare l'efficienza e lasciare inalterata l'efficacia nella produzione e nell'uso dell'energia sono ugualmente forti.

In tal senso la riduzione dei costi associati all'energia passa anche da altre vie. Ad esempio, si possono migliorare le capacità di isolamento termico delle infrastrutture ad uso abitativo ed adottare le più moderne tecnologie in materia impiantistica.

D'altra parte il vasto parco immobiliare e infrastrutturale delle Forze Armate italiane sembra essere, almeno in parte, vetusto e sottoutilizzato. Ciò è dovuto al fatto che la grande espansione numerica delle Forze Armate italiane è avvenuta in occasione di conflitti del ventesimo secolo, e poi per le esigenze della guerra fredda.

Oggi abbiamo Forze Armate prevalentemente professionali, composte da volontari e professionisti, che sono molto più piccole dimensionalmente, ma che richiedono anche standard abitativi decisamente differenti per ospitare del personale che svolge volontariamente il servizio militare, e non già a seguito della chiamata obbligatoria della leva. La sua ottimizzazione, e l'eventuale ristrutturazione, potrebbe costituire una buona occasione per realizzare un vasto programma di efficienza e risparmio energetico.

A ciò si aggiunga che attualmente gli scenari operativi di una moderna Forza Armata sono essenzialmente costituiti da missioni di "pace" ed umanitarie, con dislocamenti di infrastrutture posizionati in Paesi a volte molto lontani. In questi casi l'uso di energie da fonte rinnovabile sarebbe un'ottima soluzione, oltre che di rispetto ambientale, di grande praticità e autonomia. In tal senso il fotovoltaico e il solare termico possono rappresentare una soluzione che assomma in sé sia criteri di efficienza che di efficacia.

Un esempio di ciò esiste in Libano, dove è stato realizzato il comprensorio abitativo militare di Shama⁸³ dove sono applicate le moderne tecnologie solari fotovoltaiche e termiche. Tramite il solare termico si riesce a garantire l'intero fabbisogno di acqua calda sanitaria mentre con i moduli fotovoltaici si ha una produzione di energia elettrica pari al 20% del fabbisogno necessario al comprensorio abitativo.

⁸³ Per i dettagli sul nostro contingente in Libano si consulti la nota aggiuntiva allo stato di previsione per la difesa per l'anno 2011, pag. 42 al seguente link: <http://www.difesa.it/Approfondimenti/Nota-aggiuntiva/Documents/NA2011edMarzo.pdf>

5.2 Le nuove frontiere tecnologiche commercializzabili nel breve-medio termine (5-10 anni)

Si descrivono di seguito alcune delle tecnologie d'avanguardia che potranno essere utilizzate e commercializzate nei prossimi 5-10 anni per uso civile ma che sono suscettibili di essere prese in considerazione ed adattate anche all'ambito delle Forze Armate.

5.2.1 Il *Green Jet Fuel*: effettuato il primo volo transatlantico eco-sostenibile ⁸⁴

Un aereo ha viaggiato grazie ad una miscela composta per il 50% da biocarburante e per la restante metà, da combustibile convenzionale a base di petrolio. Dal Nord America fino all'Europa, questo il tragitto percorso dall'aereo "Gulfstream G450" che ha viaggiato il 17 giugno 2011 per sette ore alimentato da una miscela composta per il 50% da biocarburante e, per la restante metà, da combustibile convenzionale a base di petrolio. Il volo, decollato da Morristown, nel New Jersey, alle nove di sera ed arrivato a Parigi alle 4 di mattina, è stato il primo percorso transatlantico effettuato con il carburante rinnovabile *Green Jet Fuel* (prodotto dalla società Honeywell), usato per alimentare uno dei 2 motori "Rolls-Royce" del jet aziendale. L'impiego di questo biocarburante, secondo alcuni dati riportati dallo studio mirato del *Life Cycle Assessment*, ha inoltre fatto risparmiare 5,5 tonnellate di emissioni nette di CO₂ rispetto ad una medesima rotta effettuata con l'utilizzo di combustibile convenzionale a base di petrolio.

Il *Green Jet Fuel* della Honeywell è un biocarburante derivato dalla "camelina", una pianta impiegata come coltura energetica specifica e i cui semi potrebbero addirittura tagliare le emissioni di carbonio degli aerei dell'84%. Oltre a questo, la camelina non provoca effetti negativi alla catena alimentare, perché può essere sia coltivata in "rotazione" al grano, sia svilupparsi anche su terreni marginali.

Ed è proprio in questi ultimi aspetti inerenti l'impatto energetico che questo biocarburante si diversifica da molti degli oli rinnovabili idrogenati finora testati in ambiente operativo e di cui si è riferito ampiamente nei paragrafi precedenti.

⁸⁴Sul punto si veda Rinnovabili.it al seguente link: <http://www.rinnovabili.it/con-il-green-jet-fuel-parte-il-primo-volo-transatlantico-eco-sostenibile404437>

5.2.2 Dagli Usa il biocarburante agli aghi di pino ⁸⁵

Una società statunitense è riuscita a convertire aghi di pino e paglia di mais in Bioformate, un *biofuel* con una composizione molecolare simile alla benzina.

Tav. 66 – Aghi di pino



Fonte: <http://www.rinnovabili.it>

Tre famosi nomi dal mondo dell'agricoltura, del petrolio e dell'industria automobilistica si sono riuniti per sostenere un interessante progetto nel campo dei biocarburanti. Honda, Shell e Cargill hanno deciso di investire nella Virent, una compagnia che ha sviluppato un *biofuel* che è praticamente l'equivalente molecolare della benzina convenzionale e per questo suscettibile di essere adattata anche per usi militari.

A rendere significativo il prodotto è la materia prima impiegata dalla Virent, costituita al 100% di rifiuti cellulosici come gli aghi di pino e la paglia del mais (foglie e steli rimasti dalla raccolta). Il segreto per una produzione efficiente sta nell'esser riusciti ad idrolizzare la lignina in questo tipo di rifiuti. Con l'aiuto del *National Renewable Energy Laboratory* e con gli investimenti di Cargill, Shell e Honda, la compagnia ha potuto mettere a punto un efficace ed economico processo per la produzione di Bioformate, un carburante ad alto numero di ottani che può essere mescolato a concentrazioni elevate alle benzine oggi in commercio. Produrre benzina dalla cellulosa è una tappa importante per l'industria dei biocarburanti in generale.

⁸⁵ Cfr. <http://www.rinnovabili.it/dagli-usa-il-biocarburante-agli-aghi-di-pino-404363>

Oltre agli aghi di pino e alla paglia del mais, i ricercatori della Virent stanno studiando la possibilità di produrre il proprio biocombustibile a partire dalle bucce di arancia e da altri rifiuti agricoli.

5.2.3 Biobutanolo dalla cellulosa, scommessa vinta con *Clostridium ogm*⁸⁶

Nella ricerca di *biofuel* economici, la cellulosa ha dato prova di non riuscire a tenere testa alla strategia di bioprocessi e batteri geneticamente modificati sviluppata dai ricercatori del *BioEnergy Science Center del Department of Energy*. Il Segretario all'Energia americano, Steven Chu, si è ufficialmente congratulato con un team di ricercatori del *BioEnergy Science Center* del DOE, meritevoli d'aver raggiunto ancora un altro obiettivo chiave nella corsa verso i biocarburanti di prossima generazione: l'uso di batteri per convertire la materia vegetale direttamente in isobutanolo, che può essere bruciato nei motori delle auto regolari con un valore termico più elevato dell'etanolo.

Si tratta di un ulteriore segno dei rapidi progressi che si stanno compiendo nello sviluppo di biocarburanti in grado di contribuire a ridurre la dipendenza dal petrolio. Un perfetto esempio delle promettenti opportunità per creare una nuova grande industria – basata sui bio-materiali come paglia di grano, riso e mais, scarti forestali e piante coltivate specificamente per la produzione di biocombustibile che richiedono molto meno fertilizzante – e altri input energetici. Il lavoro condotto dai ricercatori del centro, guidati dall'*Oak Ridge National Laboratory*, è riuscito per la prima volta a produrre isobutanolo direttamente dalla cellulosa, impiegando bioprocessi già consolidati.

A differenza dell'etanolo, l'isobutanolo può essere mescolato in qualsiasi rapporto con la benzina e dovrebbe eliminare la necessità di infrastrutture dedicate nelle cisterne o nei veicoli. Per effettuare la conversione, gli scienziati hanno dovuto sviluppare un ceppo di *Clostridium cellulolyticum*, un batterio normalmente non in grado di operare sia la digestione della cellulosa che la produzione di butanolo. In natura non sono stati identificati microrganismi che possiedono tutte le caratteristiche necessarie per l'ideale processo di bio-trasformazione, quindi si è proceduto a modificare geneticamente un ceppo per questo scopo. E lo scopo è stato raggiunto.

⁸⁶ Cfr. <http://www.rinnovabili.it/biocarburanti-i-nuovi-passi-avanti-del-doe-403904>

Va sottolineato, come debitamente riportato anche nel documento del RAND ⁸⁷, che etanolo e biodiesel, per via della bassa temperatura di *flash point* ed alta volatilità organica, non si prestano affatto per essere usati in ambito militare. Tuttavia un uso di questi biocarburanti evoluti, quale l'isobutanolo, può essere ipotizzato per gli spostamenti su base nazionale dei mezzi tradizionali secondo logiche di razionalizzazione dei costi e miglioramento dell'efficienza.

5.2.4 Il fotovoltaico organico: le celle di terza generazione

Le celle solari organiche sono rappresentate da tutti quei dispositivi la cui parte foto attiva è basata sui composti organici del carbonio. Le celle organiche più efficienti, ispirandosi al processo di fotosintesi clorofilliana, utilizzano una miscela di materiali in cui un pigmento assorbe la radiazione solare e gli altri componenti estraggono la carica per produrre elettricità. La gamma di pigmenti che possono essere impiegati include quelli a base vegetale, come le antocianine derivate dai frutti di bosco, i polimeri e le molecole sintetizzate in modo da massimizzare l'assorbimento dello spettro solare ⁸⁸.

Le tipologie di celle solari organiche sono quattro:

- *Dye Sensitized*;
- Organiche;
- Ibride organiche/inorganiche;
- Ibride biologiche.

Le ultime tre tipologie sono particolarmente interessanti per la bio-compatibilità del materiale foto attivo, poiché la gamma utilizzabile va dalle antocianine, cioè una classe di pigmenti idrosolubili, fino a veri e propri complessi proteici fotosintetici estratti, per esempio, dalle foglie di spinaci.

⁸⁷ Box 2.2 “*Why not gasohol and biodiesel?*” pag. 12.

⁸⁸ I materiali organici sono quei materiali non fabbricati dall'uomo, che si trovano frequentemente in natura e che assorbono facilmente la luce solare. Questi materiali sono costituiti da pigmenti o coloranti di varia natura che possono avere origine biologica, naturale oppure possono essere creati sinteticamente. Il più facile da estrarre proviene dai frutti di bosco, in particolare dal mirtillo, e si chiama antocianina, ma si trova comunque in tutti i frutti ed in altri composti alimentari. Oggetto di ricerca e sviluppo è anche il polimero, che nel campo della chimica industriale consiste in macromolecole di origine sintetica: materie plastiche, gomme sintetiche e fibre tessili (ad esempio il *nylon*), ma esistono anche polimeri sintetici biocompatibili largamente usati nelle industrie farmaceutiche, cosmetiche ed alimentari.

Un'altra componente importante che viene utilizzata frequentemente nella cella solare, per estrarre la carica generata nel pigmento dopo l'assorbimento della luce, è una pasta di ossido di titanio: un ingrediente comune e certamente eco-compatibile che si trova in innumerevoli prodotti, come dentifrici, vernici idrosolubili per interni e creme solari. L'ambizione della ricerca in questo tipo di cella è difatti proprio quella di sviluppare una cella solare all'insegna della bio-eco-compatibilità.

Le celle *Dye Sensitized* sono quelle in cui il pigmento è stato sintetizzato attraverso i processi della chimica organica con lo scopo di aumentarne il più possibile la fotostabilità e l'assorbimento totale dello spettro solare. Infatti mentre quest'ultime hanno raggiunto efficienze massime del 10%- 12% e tempi di vita di vari anni, le celle completamente polimeriche sono recentemente arrivate al 4%-5% di efficienza massima con tempi di vita ancora ridotti. Le celle organiche hanno però il grosso vantaggio di avere costi notevolmente ridotti rispetto alle altre tecnologie fotovoltaiche, dovuti alla possibilità di usare metodi tipici dell'industria della stampa e applicarli nel campo del solare organico, eliminando così gli alti costi di materiale e di processo tipici dell'industria a semiconduttore in cui la purezza e le alte temperature richieste per la liquefazione, cristallizzazione e drogaggio del silicio provocano dispendio energetico ed economico e causano inoltre scarichi nocivi per l'ambiente ⁸⁹.

Tav. 67 – Solar Cell Dye Sensitized



Fonte: <http://www.subitotechs.com>

⁸⁹ Cfr. DI CARLO, A. (2007), *“Il fotovoltaico organico”*, Centre for Hybrid and Organic Solar Energy, Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università di Roma Tor Vergata.

I materiali organici o ibridi, invece, una volta depositati assumono la forma di vere e proprie pellicole, che sono da qualche decina di volte fino ad oltre mille volte più sottili dei *wafers* in silicio. I materiali sono anche compatibili con film o rotoli di plastica e depositabili su substrati trasparenti flessibili con sensibili vantaggi nei costi, trasporto, risparmio di materiale e facilità d'installazione.

Molto importante in questo ambito è l'attività di ricerca e sviluppo che sta svolgendo il Polo Solare Organico del Lazio in collaborazione con la Facoltà di Ingegneria elettronica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", in cui dal 2006 è attivo un progetto diretto dal Prof. Aldo Di Carlo ⁹⁰.

In tutto il mondo ci sono centri di ricerca che testano continuamente nuovi materiali organici. Ad esempio, in Inghilterra due ricercatori si stanno concentrando sulla fabbricazione della cella solare attraverso inchiostri utilizzati per la colorazione dei *blue jeans* ⁹¹.

Altrettanto importante è la scoperta di un nuovo materiale altamente conduttore, trasparente e flessibile, ma allo stesso tempo resistente quasi come l'acciaio, il grafene ⁹²; questo materiale è stato studiato da due scienziati russi Geim e Novoselov che hanno ricevuto il Premio Nobel 2010 per la fisica e potrebbe costituire il fotovoltaico di terza generazione.

Attualmente non sono disponibili sul mercato moduli basati sulle tecnologie di terza generazione anche se sono in allestimento le prime piccole linee pilota. Non essendo naturalmente destinate ai grandi impianti queste tecnologie sono per lo più dedicate ad opere di integrazione architettonica, nelle quali i moduli fotovoltaici assumono, oltre alla funzione di produrre elettricità, il ruolo di elemento di costruzione.

⁹⁰ Per ulteriori approfondimenti sugli studi e le ricerche relative alle celle solari organiche consultare il sito <http://www.chose.uniroma2.it>

⁹¹ Cfr. ZAMBON R. "Il fotovoltaico dai *blue jeans* per celle solari economiche, flessibili e versatili", nel sito internet www.greenme.it

⁹² Il grafene è una molecola di atomi di carbonio in grado di trasportare elettroni a notevole velocità, rendendolo pertanto un ottimo e promettente materiale non solo per dispositivi elettronici del prossimo futuro, ma anche per sostituire il silicio. Anche l'Italia nel Centro di Ricerca ENEA a Portici, si è attivata alla realizzazione di campioni di dispositivi elettronici e fotovoltaici in grafene. Per maggiori informazioni consultare PORCELLI M.: "Il Grafene nel futuro del fotovoltaico" al link: <http://www.italnews.info>

5.2.5 Il fotovoltaico a concentrazione

Non soltanto i nuovi materiali favoriscono la riduzione dei costi nella produzione delle celle e dei successivi moduli e pannelli, ma anche le nuove tecnologie di fabbricazione degli impianti. Gli impianti fotovoltaici a concentrazione si distinguono da quelli tradizionali perché la luce solare prima di raggiungere la cella viene filtrata attraverso un sistema ottico utilizzando così per la generazione di energia elettrica non solo la luce diretta, ma anche la luce riflessa da questo sistema. Il fotovoltaico a concentrazione funziona focalizzando la luce su una piccola area mediante un concentratore ottico, ottenuto da tecnologie basate sulla rifrazione (lenti Fresnel) o sulla riflessione (specchi), per realizzare sistemi di generazione ad alta efficienza.

Questo metodo permette di utilizzare una quantità inferiore di moduli fotovoltaici e di conseguenza di ridurre i costi, ottenendo comunque valori di efficienza molto alti ⁹³. La contrazione del prezzo, inoltre, è dovuta ai materiali relativamente economici che questi sistemi utilizzano (lenti di plastica, supporti metallici, etc.) per catturare una grande quantità di energia solare e focalizzarla su una piccola area, in cui risiede la cella solare ⁹⁴. Questi impianti attualmente necessitano di un sistema elettromeccanico di inseguimento che costantemente e con elevata precisione allinea il sistema ottico alla posizione del disco solare, anche se l'obiettivo di lungo termine è proprio quello di eliminare la necessità dell'inseguimento realizzando notevoli benefici sia in termini di costi che di affidabilità.

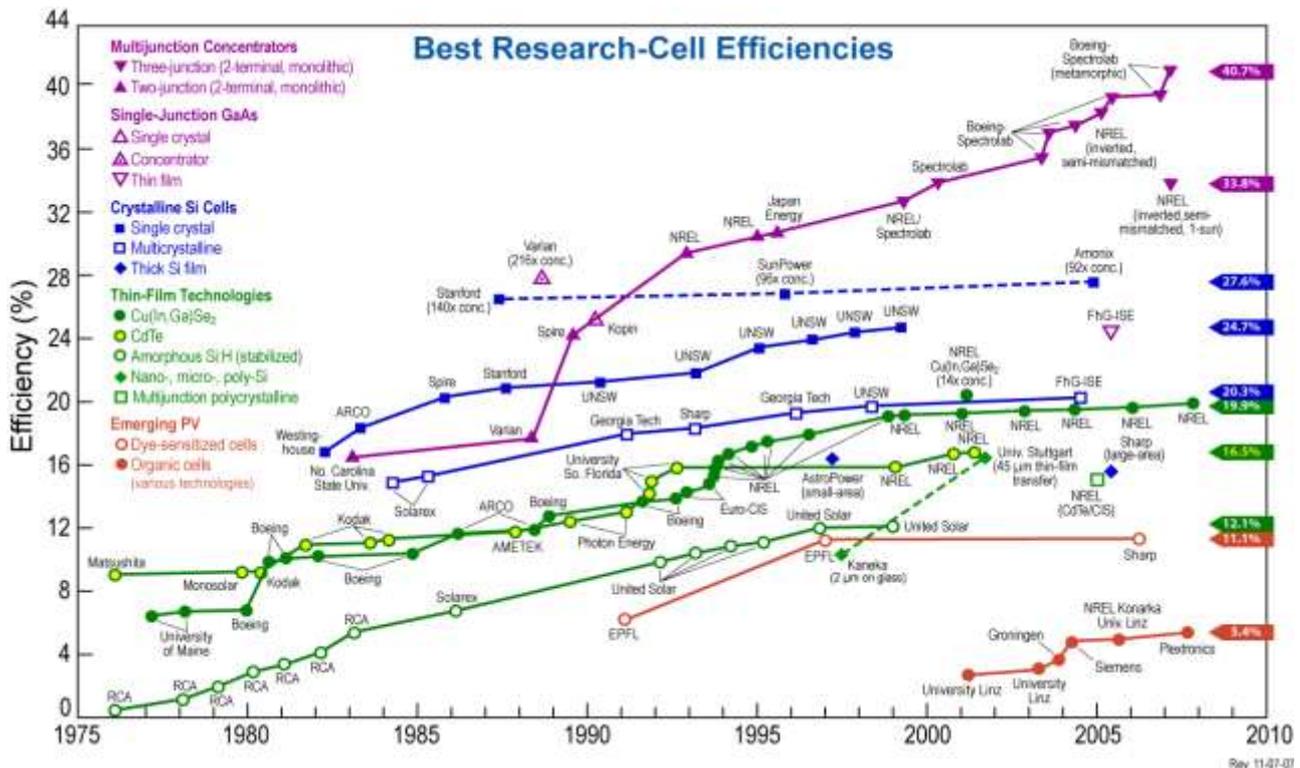
Utilizzando infatti tecnologie sperimentate già negli anni '50 dal Premio Nobel per la fisica Zhores Alferov nei primi viaggi aerospaziali russi, si è già da tempo affermata l'idea che la concentrazione possa essere considerato il vettore sul quale fare affidamento per gli sviluppi futuri della produzione da fonti rinnovabili. Questo soprattutto in riferimento ai risultati raggiunti proprio attraverso la multi giunzione, ossia la sovrapposizione di più materiali che permettono di raggiungere su scala di laboratorio rendimenti superiori al 40% ⁹⁵.

⁹³ Si consideri che, a parità di kWp, l'area occupata da un sistema a concentrazione è 1/50 di quella occupata da pannelli al silicio cristallino di prima generazione. Grazie inoltre alla modesta superficie di celle impiegate, risulta molto spesso interessante adottare celle di elevato rendimento, come per esempio le celle multi giunzione, nonostante il loro costo maggiore.

⁹⁴ Cfr. EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL (2010), *Renewable Energy Technology Roadmap*, Bruxelles.

⁹⁵ Cfr. DI TILLIO, C., (2008), *Studio, progettazione e sperimentazione di un laboratorio di misure "on-site" per impianti fotovoltaici di media e grande taglia*, Roma.

Tav. 68 – Efficienza delle celle solari



Fonte: DI CARLO, A. (2010), "Tecnologie fotovoltaiche".

D'altro canto, esistono numerosi svantaggi nell'impiego dei concentratori. Infatti le ottiche di concentrazione richieste, ad esempio, sono molto più costose dei semplici materiali di rivestimento per i moduli piani.

Dato quest'alto costo esse trovano applicazione prevalentemente nei sistemi spaziali. In più, i concentratori necessitano di sistemi di inseguimento lungo due assi per essere efficienti poiché non possono sfruttare la luce diffusa, che rappresenta circa il 20% della radiazione solare ricevuta in una regione desertica⁹⁶. Ulteriore svantaggio che ne deriva è che l'uso di questi sistemi d'inseguimento non permette un'applicazione domestica di tali tecnologie, anche se è in fase di avvio la commercializzazione di un prototipo della Beghelli che ha la stessa potenza dei pannelli al silicio a parità di superficie occupata, ma con un'efficienza quasi raddoppiata⁹⁷

⁹⁶ Cfr. CONSIGLIO CONSULTIVO DELLA RICERCA SULLE TECNOLOGIE FOTOVOLTAICHE DELLA COMMISSIONE EUROPEA (2005), *A vision for Photovoltaic Technology*, Bruxelles.

⁹⁷ Sul punto si consulti il sito della società <http://www.beghelli.it>

I maggiori sforzi in termini di ricerca e sviluppo hanno portato i concentratori solari ad essere la tecnologia con maggiore efficienza di conversione, avendo raggiunto il record del 41,6% di raggi solari effettivamente convertiti in energia elettrica. Queste sue potenzialità sono state valorizzate dal Legislatore italiano che ha dedicato, all'interno del Conto Energia 2011, una speciale tariffa all'energia prodotta da questi sistemi ⁹⁸.

Si spera che così facendo vengano smentite le analisi compiute dall'Istituto Prometeo e da *Greenwich Media* i quali hanno ritagliato per il mercato dei concentratori solari solo il 2% dei sistemi fotovoltaici commercializzati nel 2020.

La tecnologia della concentrazione solare è giunta da pochi anni alla fase di applicazione, in particolar modo in Spagna dove sono in corso di costruzione diverse centrali solari basate sul *Concentrating Solar Power (CSP)* ⁹⁹. Sono in corso di sperimentazione anche dei pannelli fotovoltaici in grado di essere collegati direttamente con l'impianto utilizzatore senza necessità di passare attraverso un convertitore, ma il processo di trasformazione della corrente continua in corrente alternata verrà effettuato da un *micro-inverter* inserito direttamente nel pannello ¹⁰⁰. È stato inoltre ideato un sistema di produzione di micro celle fotovoltaiche di forma sferica che sono in grado di lavorare in condizioni ottimali con la luce che proviene da una direzione arbitraria e perciò riescono a sfruttare la luce diretta, quella diffusa e quella riflessa; inoltre il loro processo produttivo consente di evitare spreco di materiale e il loro utilizzo è molto utile per facilitare l'integrazione architettonica ¹⁰¹.

Per concludere vogliamo citare una ulteriore scoperta relativa a delle micro antenne formate da tubicini in atomi di carbonio, lunghi 10 micron e larghi 4 che, applicate sui moduli fotovoltaici, riescono ad utilizzare una maggiore quantità di energia luminosa e a trasformarla in elettricità. Bisogna però ancora perfezionare il processo di produzione per evitare perdite eccessive di materiale ¹⁰². Possiamo perciò osservare che i grandi progressi che si stanno svolgendo nel campo fotovoltaico sono dovuti alla nano elettronica e non più alla

⁹⁸ Cfr. Ministero per lo Sviluppo Economico, Decreto 6 agosto 2010 (Gazzetta ufficiale n. 197 del 24 agosto 2010), "*Disciplina degli incentivi del Conto Energia 2011 per impianti fotovoltaici*".

⁹⁹ Per maggiori informazioni consultare "*Studi sul Fotovoltaico a concentrazione solare*", ERSE ora RSE S.p.A (Ente per la ricerca di Sistema Elettrico) controllata dal GSE.

¹⁰⁰ Questo nuovo processo è stato ideato in Sicilia da una nuova realtà industriale derivante da una collaborazione tra l'azienda nipponica Sharp e l'ENEL. Cfr. ONEGREENTECH: "*Da Catania il pannello fotovoltaico del futuro*" del 29 giugno 2010.

¹⁰¹ Questo sistema è stato ideato dalla società nipponica *Kyosemi Corporation*. Cfr. www.kyosemi.co.jp

¹⁰² Questa scoperta è frutto del lavoro del *Massachusetts Institute of Technology* MIT di Boston capeggiato dall'ingegnere chimico M. Strano. Cfr. AMOROSI V. "*Fotovoltaico: dal MIT Pannelli solari più piccoli ed efficienti grazie alle microantenne*" del 14 settembre 2010.

micro elettronica, portando la generazione di energia elettrica a livello molecolare, con effetti come abbiamo visto, probabilmente molto positivi.

5.2.6 Utilizzo innovativo delle fonti geotermiche sul territorio nazionale ¹⁰³

Il progetto segna un passaggio importante per il raggiungimento dell'obiettivo generale del Programma Operativo Interregionale (POI) "Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico 2007-2013", finanziato con le risorse del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) della politica regionale comunitaria, di "aumentare la quota di energia consumata proveniente da fonti rinnovabili e migliorare l'efficienza energetica, promuovendo le opportunità di sviluppo locale".

Il Dipartimento Terra e Ambiente del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) è responsabile anche del Progetto "Atlante Geotermico", un'opera di sistematizzazione dei dati geotermici che, per le Regioni del Mezzogiorno, intende verificare e localizzare le risorse geotermiche utilizzabili non solo con metodologie disponibili, ma anche quelle in via di sviluppo, per la produzione di energia geotermoelettrica.

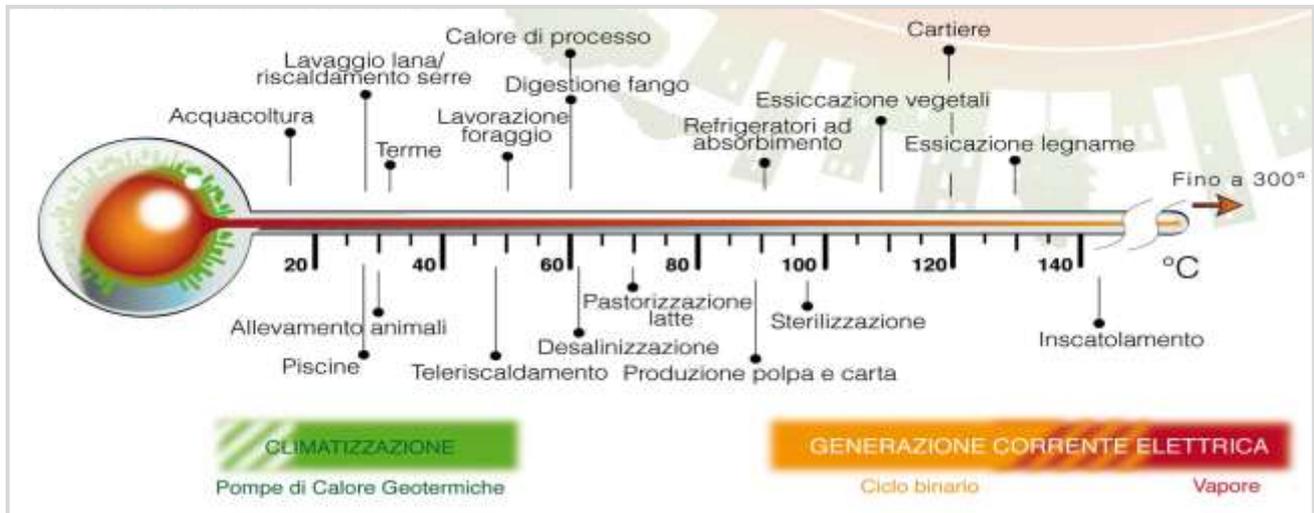
La geotermia è una risorse energetica rinnovabile e autoctona conosciuta sin dall'antichità che sfrutta il calore del sottosuolo per una serie di diverse applicazioni: è utilizzata in modo diretto come energia termica; acque estratte dal sottosuolo a temperature superiori ai 100 °C sono utilizzate per produrre energia elettrica; grazie a sonde geotermiche collegate a pompe di calore gli edifici possono godere della condizioni costanti di temperatura del sottosuolo e quindi è possibile climatizzare gli ambienti con un minimo consumo di energia; inoltre, l'acqua calda geotermica può essere utilizzata in diversi processi che richiedono il riscaldamento di acqua per usi civili, agricoli e industriali.

Benché la fonte geotermica sia presente ovunque nel sottosuolo, l'estrazione risulta economicamente conveniente solo nelle aree in cui sono presenti particolari condizioni geologiche. Attualmente in Italia la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili rappresenta una percentuale ridotta (circa il 7%) rispetto a quella ottenuta da materie prime fossili come petrolio, gas naturale e carbone.

¹⁰³ Per approfondimenti si consulti il link: <http://www.cnr.it/sitocnr/ICNR/SeiProgettiPerIlSud/p4.html>

In questa produzione da fonti rinnovabili la percentuale di energia geotermoelettrica, circa il 10%, è in diminuzione: sebbene la potenza installata aumenti, il tasso di crescita di altre fonti è molto maggiore di quello relativo alla geotermia (biomasse, eolico, ecc). Dalla geotermia, però, può arrivare il 10% del fabbisogno energetico nazionale in 15 anni.

Tav. 69 – Usi del calore geotermico



Fonte: http://www.vigor-geotermia.it/images/IRSA/20111102_vigor_libretto_stampa_abb_interna.pdf

Le valutazioni del potenziale a disposizione attualmente sono disomogenee in relazione ai territori, non sistematizzate in un'unica base dati ed, inoltre, non aggiornate in relazione ai progressi della tecnologia (l'ultima base dati è aggiornata all'inizio degli anni '90).

L'intesa operativa tra il MiSE (Ministero dello Sviluppo Economico) – DG ENRE (Direzione Generale per l'Energia Nucleare, le Energie Rinnovabili e l'Efficienza Energetica) ed il CNR-DTA (Dipartimento Terra e Ambiente CNR), sottoscritta il 22 ottobre 2010, ha attivato il progetto VIGOR (Valutazione del potenziale Geotermico delle Regioni Convergenza), per la realizzazione di interventi innovativi di utilizzo della fonte geotermica nelle Regioni Convergenza (Campania, Calabria, Puglia e Sicilia).

Il progetto si propone di raccogliere, sistematizzare e divulgare le informazioni scientifiche, tecniche, economiche e ambientali utili per consentire la valutazione del potenziale geotermico nelle Regioni di Convergenza inerente tutti gli utilizzi della geotermia. L'obiettivo è uno strumento di conoscenza e valutazione per la gestione delle risorse geotermiche che organizzi e renda fruibili tutte le informazioni necessarie alla progettazione ed installazione

di impianti geotermici nelle Regioni in un formato chiaro, facilmente fruibile e aggiornabile. Inoltre è previsto di sviluppare l'ipotesi di una soluzione impiantistica tipo, attraverso l'elaborazione di modelli, corredata da una valutazione budgetaria parametrica del costo di impianto e da una proposta metodologica ed operativa per la realizzazione del lavoro, accompagnata da un programma delle attività previste per avviare la procedura di appalto concorso.

Sarà inoltre curata la promozione della risorsa geotermica e dei suoi utilizzi e la divulgazione, al fine di sviluppare il tessuto socio-economico e produttivo dei territori di riferimento. Il progetto si rivolge innanzitutto ai potenziali futuri utilizzatori della fonte geotermica tra cui, certamente, le nostre basi militari, fornendo informazioni analitiche utili ad avviare attività di prospezione e di utilizzo dell'energia da tale fonte.

5.2.7 Condizionatori d'aria magnetici: leghe particolari consentono di raffreddare alimenti e ambienti ¹⁰⁴

La maggior parte degli impianti di raffreddamento commerciale comprimono e fanno espandere un gas o un liquido refrigerante attraverso cicli ripetuti. Via via che i cicli procedono, il calore è estratto dalla stanza o dall'elettrodomestico. I compressori, però, sono avidi di energia. E i gas comunemente impiegati nei condizionatori, una volta rilasciati, riscaldano l'atmosfera almeno 1.000 volte di più dell'anidride carbonica, a parità di numero di molecole.

Alcuni ricercatori dell'*Aeronautics Corporation of America* di Milwaukee stanno sviluppando un impianto di raffreddamento a magneti che evita l'uso di compressori e gas. Tutti i materiali magnetici infatti si riscaldano quando sono esposti a un campo magnetico e si raffreddano quando il campo sparisce, secondo un effetto chiamato "magnetocalorico". Gli atomi immagazzinano calore sotto forma di vibrazioni; quando un campo magnetico allinea gli elettroni nel metallo, impedendogli di muoversi liberamente, gli atomi del metallo vibrano con frequenza maggiore, aumentando la temperatura. Eliminando il campo, la temperatura diminuisce.

¹⁰⁴ Tratto dall'edizione italiana di *Scientific American*, "Le Scienze", luglio 2011.

Nel 1997 alcuni ricercatori dell'*Ames Laboratory del Department of Energy* degli Stati Uniti, hanno scoperto una lega di gadolinio, silicio e germanio che ha mostrato un effetto magnetocalorico gigante a temperatura ambiente. Da allora di passi se ne son fatti ed ora si sta progettando un condizionatore d'aria per raffreddare un appartamento di circa 90 metri quadri.

La tecnologia consiste in un piccolo disco piatto che contiene cunei porosi realizzati con una delle leghe citate. Il disco è circondato da un magnete permanente stazionario a forma di anello che giace sullo stesso piano. Il magnete ha un traferro da un lato su cui si concentra il campo magnetico. Quando il disco ruota, ciascun cuneo magnetocalorico attraversa il traferro riscaldandosi, per poi raffreddarsi nel resto del percorso. Il fluido in circolo all'interno del sistema è riscaldato e raffreddato dai cunei rotanti, e il fluido raffreddato estrae calore dall'ambiente. Il magnete è attentamente progettato per impedire che il campo si propaghi alla macchina e influisca su circuiti elettronici vicini o con eventuali *pacemaker* cardiaci.

In un impianto convenzionale, la maggior parte del lavoro è fatta dal compressore. Nell'impianto magnetico, invece, la maggior parte del lavoro è fatta dal motore elettrico che comanda la ruota e in genere i motori elettrici sono molto più efficienti rispetto ai compressori. Entro il 2013, l'*Astronautics* intende realizzare un prototipo in grado di tagliare di un terzo il consumo di elettricità a parità di raffreddamento. Un altro grande vantaggio consisterebbe nel fatto che il sistema usa solo acqua per il trasferimento del calore producendo un impatto sull'ambiente notevolmente più basso.

5.2.8 I motori a cogenerazione per il recupero degli sprechi ¹⁰⁵

Mediamente il 60% dell'energia prodotta da veicoli ed impianti di generazione è sprecata soprattutto in forma di calore. Alcuni ricercatori di *General Motors*, stanno cercando di sfruttare questa energia mediante l'uso di materiali a memoria di forma capaci di convertire il calore in elettricità. Obiettivo iniziale è quello di recuperare questa energia per il funzionamento del climatizzatore o dello stereo delle auto.

¹⁰⁵ Per un approfondimento delle ricerche sui motori a cogenerazione si consultino i seguenti link:

<http://www.omniauto.it/magazine/9982/gm-energia-dalla-memoria-di-forma>

<http://www.autoblog.it/post/22994/general-motors-una-nuova-lega-per-convertire-il-calore-degli-scarichi-in-energia>

<http://www.technoplaza.it/2010/la-ricerca-di-general-motors-robot-umanoidi-e-leghe-a-memoria-di-forma/1027>

Il progetto è quello di raccogliere il calore con una cinghia costituita da fibre parallele in lega nichel-titanio che “ricordano” una forma. Le leghe a memoria di forma oscillano tra due stati: in questo caso uno stato rigido predefinito, a temperatura più alta, e uno stato più flessibile a temperatura più bassa. Nel progetto GM la cinghia è fissata a tre pulegge ai vertici di un triangolo. Uno è in prossimità del sistema di scarico, un altro dove si trova l'impianto di raffreddamento. Contraendosi nel punto ad alta temperatura ed espandendosi in quella a temperatura più bassa, la cinghia si muove, facendo ruotare le pulegge che, a loro volta, possono guidare un generatore. All'aumentare della differenza di temperatura il materiale si muove più velocemente e si genera più energia.

Il prototipo GM è più una dimostrazione di fattibilità che un dispositivo pratico. Una piccola cinghia di 10 grammi fornisce 2 watt di potenza, sufficienti ad alimentare una lampada. Si ipotizza che la tecnologia potrebbe raggiungere la produzione commerciale entro 10 anni. La tecnologia non presenta particolari problemi per essere adattata al riscaldamento delle abitazioni o alle torri di raffreddamento degli impianti di potenza. Ciò in ragione del fatto che queste leghe possono funzionare anche con solo 10 gradi Celsius. Questo ovviamente potrebbe aprire la strada a tante possibili applicazioni che prima erano considerate irrealizzabili. Ma, ancor di più, se i motori a cogenerazione si possono realizzare con dispositivi e materiali esistenti e futuri, le applicazioni possibili sono virtualmente infinite. In tutto il mondo questo metodo potrebbe generare miliardi e miliardi di watt, riducendo così il consumo di combustibili fossili.

5.3. Le nuove frontiere tecnologiche commercializzabili nel medio-lungo termine (>10 anni)

Si descrivono di seguito alcune delle tecnologie d'avanguardia che potranno essere utilizzate e commercializzate non prima dei prossimi 10 anni, per uso civile, ma che sono suscettibili di essere prese in considerazione ed adattate anche all'ambito delle Forze Armate. Si tratta di progetti molto ambiziosi e le cui sperimentazioni sono appena state avviate o addirittura ancora non ci sono.

5.3.1 Ottenere la benzina dal sole: forse si può

In un'ora la terra riceve dal sole più energia di quella consumata da tutte le attività umane in un anno. Derivare combustibili da questa energia in modo efficiente ed economico significherebbe cambiare il mondo.

Un progetto dei *Sandia National Laboratories* usa un disco parabolico di sei metri di diametro ricoperto di specchi in un impianto nel deserto del New Mexico. I raggi del sole sono concentrati su una struttura cilindrica lunga 0,5 metri collocata di fronte al disco. Gli specchi focalizzano la luce solare attraverso un'apertura su una decina di anelli concentrici che ruotano una volta al minuto. Sui bordi degli anelli ci sono denti di ossido di ferro e ossido di cerio che nella rotazione sono colpiti dai raggi, riscaldandosi fino a 1.500 gradi Celsius. Il calore permette di liberare ossigeno dall'ossido di ferro. Grazie alla rotazione i denti tornano nell'impianto di raffreddamento, la parte in ombra del reattore, ed estraggono ossigeno dal vapore oppure dall'anidride carbonica nella camera, rilasciando idrogeno e monossido di carbonio ricchi di energia. Questa miscela è chiamata "gas di sintesi", o syngas, ed è il mattone di base per combustibili fossili e composti chimici come anche la plastica.

Tale processo potrebbe assorbire una quantità di anidride carbonica equivalente a quella emessa quando il combustibile è bruciato. Questi combustibili permetterebbero di raggiungere quattro esaltanti obiettivi: avere un carburante pulito, maggiore sicurezza energetica, minori emissioni di anidride carbonica e, conseguentemente, mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici in atto.

I problemi pratici, ovviamente, sono l'ostacolo maggiore. Ai *Sandia* i denti tendono a fratturarsi, ostacolando la reazione. Durante il ciclo, si passa continuamente da 1550 a 900 gradi: un grande stress per il materiale. Il passo successivo è rendere più robusta la struttura dell'ossido di ferro alle nanoscale oppure trovare materiali sempre migliori con cui realizzare i denti. Occorre anche uno sforzo per ridurre l'alto costo degli specchi. I ricercatori dei *Sandia* ritengono che il loro motore possa produrre combustibili a 2,5 euro al litro. Non è un obiettivo impossibile, ma ancora piuttosto lontano ¹⁰⁶.

¹⁰⁶ Per maggiori informazioni si consulti il sito: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2010-1056.ch001>

5.3.2 Il fotovoltaico quantistico: nuovi orizzonti per un impennamento dell'efficienza

Le celle fotovoltaiche in commercio convertono dal 10 al 15% dell'energia di radiazione ricevuta, quindi l'elettricità che producono è costosa. Un motivo è che uno strato di silicio in grado di assorbire la luce ha un limite "teorico" di efficienza del 31% (il miglior risultato sperimentato in ambiente operativo è però del 27,6%, come illustrato nella Tav 68). La nuova ricerca sui cristalli semiconduttori, o punti quantici, potrebbe spingere il massimo teorico oltre il 60%, aprendo la strada a elettricità a prezzi altamente competitivi.

In una cella convenzionale, i fotoni liberano elettroni dal silicio, che così possono scorrere in un cavo conduttore generando corrente elettrica. Molti fotoni solari sono però troppo energetici; quando incidono sul silicio, gli elettroni emessi perdono rapidamente energia in forma di calore e ritornano allo stato iniziale prima di essere catturati dal cavo conduttore. Una soluzione è rallentare il raffreddamento degli elettroni, aumentando così il tempo di cattura.

Lo scorso anno un ricercatore chimico dell'Università del Texas (Xiaoyang Zhu) ha cominciato a usare i punti quantici, ciascuno costituito da poche migliaia di atomi. Il ricercatore ha fatto depositare punti di seleniuro di piombo su uno strato conduttore di biossido di titanio, un materiale comune, e ha scoperto che una volta colpiti dalla luce gli elettroni impiegavano un tempo fino a 1000 volte maggiore per perdere energia. Tenere in stallo gli elettroni *p* è però solo una parte dell'obiettivo: ora si sta cercando di facilitare la conversione in corrente del maggior numero possibile di elettroni, in modo che il materiale conduttore non li assorba in forma di calore. Ma per ottenere una cella fotovoltaica funzionante restano ancora molti ostacoli da superare.

Zhu afferma: *“dobbiamo chiarire la fisica del processo: come si raffreddano esattamente gli elettroni e come sono trasferiti ai materiali conduttori, in questo modo potremmo definire i materiali da usare.”* Certo, ci vorrà del tempo, ma chissà che un giorno non si vedano sui tetti questi pannelli che hanno un ritorno commerciale potenzialmente elevatissimo e rappresentano una grande frontiera anche per l'alimentazione energetica presso gli scenari bellici ¹⁰⁷.

¹⁰⁷ Per approfondimenti si veda: www.utexas.edu/news/2010/06/17/quantum_dot_research

5.3.3 Il BEEST project (*Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation*) dell' ARPA-e (*Advanced Research Projects Agency – Energy*) statunitense ¹⁰⁸

Il problema fondamentale dei veicoli elettrici è dato dall'autonomia delle batterie. Al massimo 100 miglia e si palesa il bisogno di ricaricare le batterie. Posto che c'è sicuramente un problema di carenza di infrastrutture (le c.d. colonnine), aumentare la capacità delle batterie è uno dei principali accadimenti da cui passerebbe un utilizzo massivo dell'elettrico suscettibile di essere pensato anche in ambito militare. All'interno del BEEST project dell'ARPA-e c'è un progetto specifico per lo sviluppo di una batteria ricaricabile basata su aria ed elettroni metallici protetti al litio.

Questa batteria che utilizza l'aria e dei materiali attivi diversi rispetto a quelli attuali permetterebbe di ridurre consistentemente il peso rispetto a quelle attuali e di aumentarne fino a 5 volte la resa. Per realizzare il complesso disegno di *packaging* ed alcuni dei componenti all'origine del nuovo tipo di batteria ci vorrà del tempo. Nel 2010 però il nuovo tipo di membrana e tecnologie basata sulla ceramica per il rivestimento interno permettono di poter sperare in una produzione di queste nuove tipologie di batterie al litio moderne nei prossimi 8-15 anni.

¹⁰⁸ Per ulteriori approfondimenti sui progetti di ricerca in campo energetico avviati e finanziati dall'Advance Research Projects Agency – Energy si consulti il *FY2010 Annual Report* al seguente link: <http://arpa-e.energy.gov/About/AnnualReport.aspx>

Advanced Research Projects Agency-Energy's (ARPA-E) Fiscal Year 2010 Annual Report

The Advanced Research Projects Agency-Energy's (ARPA-E) Fiscal Year 2010 Annual Report highlights the agency's establishment and how it has focused precious resources to create programs that will advance the development of transformational technologies in energy.

In its first two years of existence, ARPA-E has awarded amounts ranging from roughly \$400,000 to \$9 million each to 121 projects, with an average award value of \$3 million. The agency supports projects for up to three years. The Annual Report details its portfolio of projects in the following areas:

- Open Funding Opportunity Announcement and Other Projects;
- Agile Delivery of Electrical Power Technology (ADEPT);
- Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation (BEEST);
- Building Energy Efficiency Through Innovative Thermodevices (BEETIT);
- Electrofuels;
- Grid-Scale Rampable Intermittent Dispatchable Storage (GRIDS);
- Innovative Materials and Processes for Carbon Capture Technologies (IMPACCT).



Fonte: ARPA-E

ARPA-E's Funding Opportunity Announcement (FOA) was open to all energy ideas and technologies and focused on applicants who already had well-formed research and development plans for potentially high-impact concepts or new technologies. Following a thorough review process, projects spanning ten topic areas were selected, based on their impact on ARPA-E's mission and opportunities for the U.S. to gain leadership, their innovative technical approaches and performance teams, and the pursuit of technologies that are underserved by other parts of DOE and the private sector. Projects Highlights:

- Direct Wafer: Enabling Terawatt Photovoltaics;
- Wave Disk Engine; and
- Large-Scale Energy Reductions through Sensors, Feedback, & Information Technology.

segue

ARPA-E's ADEPT program is focused primarily on two areas: creating the world's first kilovolt-scale integrated circuits, and developing transistor switches operating at grid-level voltages that would exceed 13 kilovolts. Bringing the integrated circuit revolution to power applications can improve the performance of nearly every type of electrical component while simultaneously redefining the manufacturing platform for power systems. The development of grid-scale discrete transistors has the potential to create an actively controlled electric power grid where transformers can be re-configured dynamically. The 14 projects that make up the ADEPT program strive to reinvent the basic building blocks of circuits from transistors, inductors, transformers to capacitors for a broad spectrum of power applications. ADEPT Project Highlights:

- 15 kV Silicon Carbide (SiC) Insulated-Gate Bipolar Transistor (IGBT) Power Modules for Grid Scale Power Conversion;
- High Performance Gallium Nitride (GaN) High Electron Mobility Transistor (HEMT) Modules For Agile Power Electronics.

ARPA-E Program: Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation (BEEST) carried out 10 projects that are developing batteries for PHEVs and EVs that can make a 300- to 500-mile-range electric car a reality. Successful development of these types of batteries will make PHEVs and EVs valuable to more people and could significantly reduce dependency on foreign oil for transportation. BEEST Project Highlights:

- Semi-Solid Rechargeable Power Sources - Flexible, High Performance Storage for Vehicles at Ultra-Low Cost;
- Development of Ultra-High Specific Energy Rechargeable Lithium-Air Batteries based on Protected Lithium Metal Electrodes.

The 16 projects funded through the *BEET-IT program* focus on developing new approaches and technologies for cooling equipment used in heating, ventilating, and air conditioning (HVAC) systems in our buildings, as well as in refrigeration. These projects aim to drastically improve energy efficiency in buildings at a cost comparable to current technologies. The technologies undergoing development in these projects are suitable for new building construction and can also be retrofitted into the existing cooling systems of legacy buildings, which will enable the U.S. to leverage its existing infrastructure. BEETIT Project Highlights:

- Compact, Efficient Air Conditioning and Ionic Liquid-Based Refrigerants;
- Non-Equilibrium Asymmetric Thermoelectric (NEAT) Devices.

The U.S. transportation sector is almost exclusively reliant upon petroleum-derived liquid fuels, and this dependency comes with a large and increasing economic cost. Domestically-produced biofuels increase the Nation's energy security, but there remains considerable need for next-generation renewable fuels that can be integrated into the Nation's current fuel refining and distribution infrastructure.

segue

Most of the methods for producing biofuels that are currently under development involve converting biomass or waste, or directly producing fuels from sunlight and carbon dioxide, but overall efficiencies from these approaches remain low. The 13 projects that comprise the *Electrofuels program* intend to explore new paradigms for the production of renewable liquid fuels that are compatible with today's infrastructure – using microorganisms to harness chemical or electrical energy to convert carbon dioxide into liquid fuels, without using petroleum or biomass. Electrofuels Project Highlights:

- Biofuels from Carbon Dioxide Using Ammonia-Oxidizing Bacteria in a Reverse Microbial Fuel Cell;
- Novel Biological Conversion of Hydrogen and Carbon Dioxide Directly into Biodiesel.

The 12 projects that make up the *GRIDS program* seek to develop new energy storage technologies that are comparable in reliability and cost to pumped hydropower, and additionally, that are modular and can be deployed in any location in the country. These new technologies will enable the storage of electricity anywhere on the electricity grid across the U.S., allowing extra energy to be transmitted to geographies that need it the most at any given time. This ability to store and dispatch electricity on a reliable basis will be a key enabler of renewable electricity generation at high penetration while maintaining high reliability in electric supply. GRIDS Project Highlights:

- Soluble Lead Flow Battery Technology;
- Superconducting Magnet Energy Storage.

The *IMPACCT program* seeks to reduce the cost of carbon capture significantly through a combination of new materials, improvements to existing processes, and demonstration of new capture processes. Fifteen high-risk, high-reward projects are underway among a group of universities, businesses, and national laboratories. IMPACCT is pushing the boundaries of carbon capture research through technologies such as new liquid chemistries that dissolve carbon dioxide and a capture system inspired by jet engines that transforms carbon dioxide from a gas into pellets of dry ice. If successful, the IMPACCT program will secure the continued use of America's coal infrastructure without further increases in harmful greenhouse gas emissions. IMPACCT Project Highlights:

- Low Cost Biological Catalyst to Enable Efficient Carbon Dioxide (CO₂) Capture
- Stimuli-responsive Metal-Organic Frameworks for Energy-Efficient Post-Combustion Carbon Dioxide Capture.

ARPA-E's FY 2010 Annual Report

<http://arpa-e.energy.gov/About/AnnualReport.aspx>

5.3.4 I motori ad onda d'urto

Quasi tutti i veicoli del mondo usano motori a pistone che vengono impiegati anche per generare elettricità e ricaricare le batterie in modo efficiente. Attualmente la *Michigan State University* sta sviluppando un progetto diverso, noto come generatore *wave-disk* o motore a onda d'urto, che elimina i pistoni. In questo modo le future auto ibride potrebbero percorrere, con un litro di benzina, distanze cinque volte superiori rispetto a quelle attuali, riducendo le emissioni di anidride carbonica e tagliando i costi di produzione anche del 30 per cento. A differenza dei motori a pistone (benzina e diesel), nello schema *wave-disk* il processo di generazione dell'energia avviene in una turbina in rotazione. Il sistema si può immaginare come un ventilatore o un'elica che ruota in un piano orizzontale, con molte pale di forma curva che sfiorano i bordi dell'alloggiamento. La miscela aria-combustibile in pressione e ad alta temperatura entra nello spazio che separa le pale dal fuso centrale. Quando la miscela si accende, i gas che bruciano si espandono, generando un'onda d'urto che comprime l'aria nello spazio rimanente. Le onde riflesse dalle pareti dell'alloggiamento comprimono e riscaldano ulteriormente l'aria, che al momento giusto è espulsa dall'involucro. La forza dei gas compressi sulle pale insieme con quella dell'uscita dei gas di scarico, fanno ruotare il rotore collegato all'albero motore. Oggi i motori ad onda d'urto sono usati nei compressori volumetrici in alcuni sport automobilistici, ma la parte difficile rimane quella di gestire i flussi non stazionari di gas. Simulazioni altamente affidabili, condotte anche alla *Michigan State*, ora stanno dando informazioni precise sulla geometria delle pale e la temporizzazione della combustione per ottenere le massime prestazioni.

5.3.5 Un carbone più pulito

Negli Stati Uniti il carbone è la fonte energetica più abbondante ed economica, ma è anche la principale responsabile del cambiamento climatico. Negli ultimi anni sono stati progettati diversi metodi per eliminare l'anidride carbonica dagli scarichi degli impianti a carbone, prima che siano immessi in atmosfera, ma questi processi assorbono fino al 30 per cento dell'energia ottenuta dalla stessa combustione. Questo inconveniente può raddoppiare il costo dell'elettricità generata, rendendo il carbone da bruciare in modo pulito difficilmente vendibile. Tuttavia l'*Advanced Research Projects Agency-Energy* del *Department of Energy*, insieme con altre agenzie governative statunitensi, sta finanziando la ricerca su

tecnologie che possano abbassare questa percentuale. Inoltre un progetto dell'*Energy Center* della *Notre Dame University* usa un nuovo materiale chiamato liquido ionico, in sostanza un particolare tipo di sale, che può estrarre circa il doppio dell'anidride carbonica rispetto ad altre sostanze simili che assorbono il carbonio. Si parla così di "carbone pulito" anche se restano i problemi di salute e ambientali che si accompagnano all'estrazione del carbonio e all'eliminazione delle ceneri tossiche prodotte con la combustione.

5.3.6 Tecnologia mista fusione-fissione: come ottenere energia da combustibile nucleare esausto

La fusione nucleare (si veda il successivo paragrafo) rappresenta la frontiera energetica più auspicata dall'umanità. Significa ottenere energia tramite lo stesso processo che permette al sole di splendere o che fa esplodere le bombe a idrogeno. I ricercatori ottengono reazioni di fusione facendo scontrare tra loro nuclei di isotopi dell'idrogeno con velocità sufficiente a farli fondere liberando così neutroni ed energia. La parte difficile è arrivare a un processo così efficiente da ottenere più energia rispetto a quella immessa nel sistema per innescare la reazione di fusione, una condizione chiamata "ignizione" che sarebbe sfruttata per la produzione di energia elettrica.

Gli scienziati della *National Ignition Facility* (NIF) hanno pensato ad una nuova strategia: usare la fusione per innescare la fissione, cioè la scissione di atomi che alimenta i reattori nucleari oggi operanti in molte parti del mondo. I ricercatori si aspettano di poter far operare sul campo questa tecnologia entro 20 anni con la realizzazione di un impianto prototipo. Secondo gli scienziati gli impulsi laser producono esplosioni di fusione al centro della camera di reazione, emettendo neutroni che scindono atomi di un sottile strato di uranio o di un altro combustibile che riveste le pareti della camera. L'energia generata da queste fissioni moltiplicherebbe la produzione di energia della camera di un fattore quattro o più. Il concetto di fusione che innesca la fissione per scopi civili risale ad Andrej Sakharov, padre della bomba H sovietica, che propose l'idea negli anni cinquanta. Se la maggior parte dell'energia proviene dalla fissione, però, perché non continuare con gli impianti convenzionali, evitando i problemi legati allo sviluppo dell'innesco a fusione?

Un reattore a fissione si basa su una reazione a catena, in cui i neutroni prodotti dalla fissione di atomi provocano la fissione di altri atomi. Per sostenere la reazione a catena è necessario plutonio o uranio arricchito, entrambi utili per bombe nucleari.

Nell'impianto ibrido fusione-fissione, i neutroni delle esplosioni di fusione innescano le fissioni, eliminando la necessità di sostenere una reazione a catena. Questo schema amplia la gamma dei possibili combustibili fino a includere l'uranio non arricchito, l'uranio impoverito (un voluminoso prodotto di scarto dell'uranio arricchito), o anche combustibile esausto di altri reattori nucleari, cioè scorie che altrimenti dovrebbero essere stoccate per migliaia di anni o subire un complicato e pericoloso riprocessamento per essere usate in un impianto a fissione.

Un altro beneficio è la quantità di combustibile consumato. Un reattore convenzionale scinde solo una piccola percentuale degli atomi del combustibile prima che il combustibile sia sostituito. Gli impianti ibridi potrebbero usare il 90% del materiale fissile, richiedendo quindi solo un ventesimo del combustibile di un reattore a fissione odierno. Una fase di "incenerimento" nel decennio finale del ciclo di vita dell'impianto (cinquant'anni), ridurrebbe le scorie a lunga vita da alcune tonnellate a un centinaio di chilogrammi, sia pure a prezzo di una diminuzione dell'energia prodotta in quei dieci anni. Dal Texas e dalla Cina provengono altre idee nella stessa direzione come ad esempio la fusione innescata da campi magnetici.

Di qualunque tipo sia l'energia ottenuta dalla fusione è una proposta radicale. Ci sono tuttavia numerosissimi ostacoli tecnici. Occorrerebbe produrre in serie e in modo economico piccole sfere attentamente ingegnerizzate: i bersagli del processo di fusione; l'ignizione dovrebbe avvenire dieci volte al secondo, frequenza che richiederebbe dispositivi tecnologici non ancora disponibili (il NIF riesce a produrre solo pochi inneschi al giorno). Gli approcci ibridi richiedono anche tecnologie accessorie, non necessarie alla parte di fusione, e in particolare il rivestimento di fissione, composto da combustibile nucleare in grado di resistere a un flusso di calore e di neutroni molto più alti rispetto a quelli prodotti in un reattore convenzionale. La gamma di proposte si estende da "ciottoli" multistrato a liquidi composti da uranio, torio e plutonio disciolti in sali fusi. Le sfide sono, prima su tutte, provare che la fusione laser può realmente raggiungere l'ignizione ¹⁰⁹.

¹⁰⁹ Per approfondimenti si veda https://lasers.llnl.gov/about/missions/energy_for_the_future/life

5.3.7 La nuova fusione fredda ¹¹⁰

La storia della fusione fredda cominciò nel 1989 quando due chimici, il britannico Martin Fleischmann e lo statunitense Stanley Pons, mostrarono al mondo un congegno semplicissimo e rivoluzionario: una provetta contenente 2 elettrodi (di cui uno di palladio) e acqua “pesante” (in cui gli atomi di idrogeno sono sostituiti da un isotopo, il deuterio). Bastava un pò di elettricità e nella provetta iniziava una reazione capace di moltiplicare per 4-5 volte, o anche più, l'energia inizialmente immessa.

Non era una reazione chimica ma una fusione nucleare, nel senso che fondeva i nuclei di due atomi: partendo da due atomi di deuterio, ne produceva uno di elio con emissione di energia. La reazione non produceva scorie, né radiazioni pericolose. Ed era una fonte di energia praticamente illimitata, perché l'idrogeno è l'elemento più comune dell'universo. Il problema fu che l'esperimento talvolta riusciva (per esempio in Italia all'ENEA), talvolta no. Inoltre, il fatto che si trattasse di una reazione nucleare contrastava con le teorie più accreditate. In poco tempo, i due ricercatori, additati come eretici persero credibilità. Nonostante ciò, seppur in un contesto di scarsità di risorse finanziarie dedicate, la ricerca sulla fusione fredda è andata avanti in base alla convinzione di molti che qualcosa di non ordinario in quelle provette succedeva.

Tra questi i ricercatori dell'ENEA di Frascati che iniziarono un lungo lavoro che li ha portati ad avere una *leadership* mondiale sul tema. Proprio a Frascati pochi anni fa sono stati scoperti alcuni segreti della fusione fredda, come le condizioni in cui si verifica (e quindi la possibilità di replicare il fenomeno), ma soprattutto la certezza che il fenomeno esiste e che non si tratta di una mera reazione chimica. Scoperta questa che però rimane di per sé insufficiente per aprire la strada ad applicazioni rivoluzionarie.

Si ritiene che per quanto aletorio, sia opportuno citare il tentativo di un piccolo gruppo di ricercatori dell'Università di Bologna, facente capo al fisico Sergio Focardi e all'imprenditore Andrea Rossi, che avrebbe trovato il modo di produrre e commercializzare la fusione fredda anche nota con l'acronimo Lenr (*Low Energy Nuclear Reactions*) di cui era stata annunciata l'esistenza più di 20 anni fa, ma che era sempre stata considerata dalla scienza come una chimera.

¹¹⁰ Tratto in parte da Focus, Agosto 2011, pagg. 32-36.

Focardi e Rossi sembrano aver trovato la chiave di volta realizzando un prototipo e successivamente un dispositivo denominato *Hyperion* (da 1 megawatt) che sarebbe già in produzione negli Usa e che si prevede sarà immesso sul mercato nel 2012. Il prototipo è un contenitore in acciaio di 50 centimetri cubi in cui si pone polvere di nichel, idrogeno in pressione e un catalizzatore ¹¹¹, la cui formula è tenuta gelosamente segreta da Rossi. All'esterno, in un tubo che avvolge tutto l'apparecchio, si fa circolare acqua. A questo punto si preme un interruttore e si accende la macchina: la corrente elettrica fa in modo che si attivino i meccanismi di fusione, che a loro volta producono quantità sempre maggiori di energia. L'acqua si scalda e va in ebollizione. L'energia prodotta può essere direttamente usata per riscaldamento. Oppure il vapore così prodotto può essere usato per generare (con turbine) energia elettrica. E, questa volta, in uscita dal dispositivo l'energia prodotta è, secondo Focardi, non 4 o 5, ma centinaia di volte superiore di quella immessa. Il principio è quello della fusione nucleare in cui si produce energia fondendo i nuclei di due atomi anziché spezzando il nucleo di uno solo come avviene con i processi di fissione nucleare utilizzati nelle centrali nucleari odierne. Tuttavia si tratta di un processo molto diverso rispetto ai processi di fusione che avvengono nelle stelle (e nel sole): in questo caso infatti la fusione avviene facendo reagire nichel (metallo molto comune) e idrogeno. Focardi spiega che ciò che è noto è che il nichel nel processo si trasforma in rame assorbendo idrogeno. Quest'ultimo fenomeno però secondo le teorie più accreditate dovrebbe realizzarsi in condizioni di temperatura e pressione proibitive, come quelle delle stelle, e non in un semplice apparecchio come quello sviluppato dai ricercatori di Bologna. Com'è possibile allora che ciò accada? Alcune nuove teorie basate sulle c.d. "interazioni deboli", ossia le forze nucleari responsabili della radioattività, supportano la possibilità del fenomeno. Un altro interrogativo riguarda il fatto per cui, se nell'apparecchio si verificano davvero reazioni nucleari, sembra strano che l'apparecchio non sprigioni radiazioni pericolose. I ricercatori rispondono sostenendo che si producono raggi gamma ma in quantità talmente esigue che possono essere contenuti in un semplice involucro di piombo.

Va detto che il mondo scientifico ha avuto "reazioni" piuttosto fredde all'innovazione. Ciò è dovuto fondamentalmente a due ragioni: la prima è che il principio di funzionamento non è stato pubblicato su alcuna rivista scientifica; la seconda che nessuno è a conoscenza di quale sia il catalizzatore in grado di velocizzare le reazioni (in quanto protetto da segreto industriale).

¹¹¹ Un catalizzatore è una sostanza che accelera enormemente lo sviluppo delle reazioni.

Non tutti però hanno accolto così tiepidamente la cosa, tant'è che alcuni scienziati svedesi dell'Università di Uppsala e del *Royal Institute of Technology* che hanno assistito all'esperimento dei ricercatori italiani hanno poi pubblicato sulla rivista svedese *Ny Teknik* le loro conclusioni. Secondo loro il marchingegno funziona in quanto “[...] *La potenza in ingresso era di 330 W, quella in uscita di 4700 W. E il tutto con soli 50 grammi di nichel. Abbiamo controllato tutto ciò che poteva essere controllato e verificato la maggior parte delle attrezzature: nulla che potesse far pensare ad un frode*”.

Queste ed altre rassicurazioni hanno spinto il governo della Grecia (uno dei maggiori Paesi in cui vi sono giacimenti di nichel) ad appoggiare la *Defkalion Green Technologies*, una società che si ripromette di vendere *Hyperion*. E che stava lavorando a due tipi di centrale: una con potenza compresa tra 5 e 30 kW (pari al fabbisogno di alcuni appartamenti) ed una di 1-3 MW (quanto basta per un Paese di mille famiglie). Rossi sostiene che il costo di una centrale dovrebbe aggirarsi attorno ai 2 mila dollari al kW per la costruzione (contro i 7-8 delle fonti tradizionali) e 1 centesimo al kWh per la produzione di energia.

Nel mese di ottobre 2011 Rossi ha effettuato un esperimento tecnologico, senza valenza scientifica, per dimostrare la funzionalità dell'impianto di produzione di energia a fusione fredda, denominato *E-Cat*, da realizzare per un possibile acquirente. Contrariamente a tutte le aspettative, l'impianto ha superato il test producendo in media 470 Kw per più di cinque ore. Secondo alcuni testimoni che hanno assistito all'esperimento, solo un problema tecnico ha impedito all'impianto di arrivare alla produzione di un megawatt come originariamente previsto. Ciò lascia ben sperare per il futuro!

Anche altri scienziati ed altre aziende stanno cercando di portare avanti progetti di produzione energetica basati sulla fusione fredda. Robert Godes, ad esempio, a differenza di Rossi, ha scelto di essere totalmente trasparente con la comunità scientifica. Nel suo progetto Godes impiega idrogeno pressurizzato in un reticolo di nichel, simile a Rossi, ma usa un impulso elettrico da catalizzatore. (Rossi non ha rivelato il suo catalizzatore o l'esatto meccanismo impiegato nel suo dispositivo). Godes sostiene di essere in grado di controllare la produzione di energia ruotando e spegnendo il suo prototipo a piacimento, ossia in qualunque momento. Questo è particolarmente importante ai fini di una produzione di massa perchè garantisce il controllo da parte di chi sta lavorando col catalizzatore. In realtà quanto asserito da Godes non è stato raggiunto se non recentemente in un esperimento del 7 luglio 2011. Proprio per questo motivo ora si è alla ricerca di finanziatori per lo svi-

luppo commerciale della “*Brillouin Boiler*” (caldaia *Brillouin*) di Godes che al momento riesce a raddoppiare in uscita l’energia inizialmente immessa. Godes però è convinto di riuscire, tramite un affinamento del processo di produzione, a triplicare l’energia iniziale.

Anche un’altra azienda di nome *Economics Technologies* ha da tempo avviato esperimenti sulla produzione di energia da fusione fredda. In tale caso è stato utilizzato come catalizzatore il palladio. Ad oggi tuttavia i risultanti sono contrastanti e non di elevato rilievo. Si attendono pertanto evoluzioni.

Infine una società australiana recentemente entrata nel campo, la *Star Scientific Limited*, impiega una reazione limitata particolare in una particella subatomica conosciuta come un muone che cattura due atomi di idrogeno e li obbliga a fondersi, con conseguente rilascio di particelle energetiche ed elio. Non è noto però se la reazione avvenga in modo coerente e in quantità sufficiente per il rilascio di una quantità veramente apprezzabile di energia. Al contrario delle altre, questa è una società totalmente privata e che al momento si autofinanzia. Resta da vedere quanto questa indipendenza durerà e se e quando si avranno risultati più concreti.

6

Valutazioni di costo, efficacia, sostenibilità ed efficienza della spesa

SOMMARIO: 6.1 Efficacia, efficienza e sostenibilità della spesa militare – 6.1.1 Efficacia, efficienza ed equilibrio economico negli studi economico-aziendali – 6.1.2 Efficacia, efficienza ed equilibrio economico in ambito militare – 6.2 Valutazioni di efficacia, efficienza e sostenibilità della spesa energetica – 6.3 I benefici della promozione dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili di energia in ambito militare – 6.4 La fattibilità di un progetto "green" in ambito militare.

I *trend* globali odierni di domanda e offerta di energia sono chiaramente insostenibili da un punto di vista ambientale, economico e sociale. Il settore energetico si trova ad affrontare quattro sfide principali:

- la minaccia di un cambiamento climatico con potenziali effetti distruttivi ed irreversibili sull'ambiente terrestre;
- la riduzione progressiva della sicurezza degli approvvigionamenti energetici;
- la crescita e volatilità dei prezzi dell'energia;
- la crescente domanda energetica nei Paesi in via di sviluppo.

Non è esagerato affermare che uno sviluppo economico sostenibile sarà possibile solo se il mondo saprà garantire un'offerta di energia affidabile a prezzi accessibili ed effettuare una rapida trasformazione verso approvvigionamenti energetici a basso contenuto di carbonio, efficienti e rispettosi dell'ambiente. In questo contesto, il focus attuale delle Forze Armate dovrebbe essere quello di esplorare i possibili miglioramenti nella produzione di energia, nell'approvvigionamento energetico e nell'uso dell'energia nelle basi militari e nelle missioni di contingenza, in Patria e all'estero. L'adozione di un nuovo approccio alla questione energetica implica per le Forze Armate anche valutazioni di costo, efficacia, sostenibilità, ed efficienza della spesa energetica.

In questo capitolo verrà offerta una opportuna contestualizzazione dei concetti economico-aziendali di efficacia, efficienza e sostenibilità in ambito militare. Successivamente tali concetti verranno analizzati con riferimento all'efficienza energetica e all'uso di fonti rinnovabili di energia da parte delle Forze Armate. Infine verranno evidenziati i principali benefici ottenibili dalle Forze Armate nel caso di adozione di una nuova cultura energetica rispettosa dell'ambiente – che miri al miglioramento dell'efficienza energetica e all'uso di fonti rinnovabili di energia – e sarà illustrato il processo di valutazione della fattibilità economico-tecnica di un progetto “green” in ambito militare.

6.1 Efficacia, efficienza e sostenibilità della spesa militare

La *performance* di qualsiasi organizzazione deriva dal concorso di due condizioni della sua operatività: l'efficacia e l'efficienza. Tuttavia, per procedere alla misurazione della *performance*, ovvero alla misurazione dei risultati raggiunti dall'organizzazione, occorre partire dall'analisi del fine dell'organizzazione – per cui l'organizzazione viene istituita e retta – di cui la misura di *performance* si prefigge di monitorare il raggiungimento.

Per contestualizzare i concetti economico-aziendali di efficacia ed efficienza in ambito militare e, conseguentemente, definire il concetto di sostenibilità della spesa delle Forze Armate si ritiene opportuno richiamare prima la definizione di questi concetti secondo la dottrina economico-aziendale, per poi adattarli al contesto militare.

6.1.1 Efficacia, efficienza ed equilibrio economico negli studi economico-aziendali

Nell'azienda, in quanto «*istituto destinato a perdurare che, per il soddisfacimento dei bisogni umani, ordina e svolge in continua coordinazione la produzione e il procacciamento o il consumo della ricchezza*»¹¹², la *performance*, si sostanzia nel raggiungimento, conservazione e miglioramento di condizioni di *equilibrio economico* durevole ed evolutivo, avente come scopo il raggiungimento del fine aziendale, largamente inteso come *creazione di valore* (o incremento del valore economico) per l'azienda stessa e per le differenti categorie di portatori di interessi comunque coinvolti e socialmente riconosciuti.

¹¹² Cfr. ZAPPA G. (1957), *Le produzioni nell'economia delle imprese*, Giuffrè, Milano, p. 37.

Le condizioni del tendenziale equilibrio economico che perduri nel tempo – e che può essere ritenuto l'obiettivo finalistico dell'azienda – vanno verificate nella loro integrazione. Le condizioni economiche, finanziarie ed organizzative che guidano il comportamento dell'azienda verso il raggiungimento del fine aziendale, ovvero verso la creazione di valore, sono pertanto sintetizzabili nella ricerca continua di posizioni di equilibrio economico, finanziario, monetario e strategico complessivo a valere nel tempo ¹¹³.

Si osserva, inoltre, che l'equilibrio economico, il quale esprime la capacità di reintegro (attraverso i ricavi remuneratori) del valore reale o monetario delle risorse a vario titolo acquisite ed impiegate per attuare la produzione, presenta in realtà diversi aspetti. Visto dal lato dei risultati che l'azienda deve raggiungere, esso implica l'esistenza di una convenienza economica nel rapporto tra sistema dei ricavi e sistema dei costi attribuiti alla competenza economica del periodo di tempo di cui si rileva la redditività dell'azienda. Considerato negli aspetti finanziari, esso richiede una situazione di solidità patrimoniale e finanziaria collegata alla disponibilità dei mezzi finanziari e della liquidità commisurati ai tempi e all'entità dei fabbisogni. Visto, infine, dalla prospettiva dei rapporti con l'esterno, l'equilibrio economico significa per l'azienda operare sul mercato in posizioni di soddisfacente competitività e porsi nei confronti della collettività in maniera positiva e socialmente responsabile.

Raggiungere e mantenere condizioni di equilibrio economico durevole ed evolutivo implica, quindi, che l'azienda, nello svolgimento della sua attività, segua il criterio di *economicità* della gestione. In altri termini, l'economicità deve qualificare il comportamento delle aziende nel senso di permanente tensione all'efficacia e all'efficienza ¹¹⁴.

Pertanto l'economicità è il criterio di scelta che guida l'azione nella determinazione della convenienza economica delle singole operazioni che contribuiscono alla gestione aziendale e si estrinseca nell'ottenimento di un flusso di ricavi che consenta la reintegrazione dei costi sostenuti per l'acquisto dei fattori produttivi necessari per la realizzazione delle produzioni (compresi quelli derivanti dalla copertura esterna, a titolo di prestito, di eventuali fabbisogni finanziari dovuti a sfasamenti tra uscite, necessarie per attuare gli investimenti,

¹¹³ In merito alle finalità delle aziende e alle condizioni per il loro raggiungimento si veda, tra tutti, lo studio del gruppo di ricerca SIDREA, coordinato dal Prof. E. Cavalieri, sulle tematiche concernenti l'oggetto degli studi di economia aziendale e le aziende, in AA.VV. (2009), *I Convegno Nazionale "La Ragioneria e l'Economia aziendale: dinamiche evolutive e prospettive di cambiamento"*, Siena, 8-9 Maggio, Franco Angeli, Milano.

¹¹⁴ Cfr. RANALLI F. (1988), *Considerazioni sul tema dell'economicità*, Clua Editrice, Pescara, pp. 13-18.

ed entrate, derivanti dal graduale processo di recupero degli stessi per il tramite della progressiva acquisizione dei ricavi in veste monetaria), offrendo così un'adeguata remunerazione a tutti i fattori utilizzati, in modo da legarli stabilmente all'economia dell'azienda ¹¹⁵. L'ottenimento di un flusso di ricavi remuneratori consente all'azienda di alimentare costantemente i cicli produttivi, e quindi, in ultima istanza, di raggiungere e mantenere posizioni di equilibrio economico durevole ed evolutivo.

Appare evidente che i due concetti di economicità e di equilibrio economico si collocano su due livelli differenti. L'economicità può essere qualificata come un "metodo per l'azione", mentre l'equilibrio economico deve essere inteso come l'obiettivo da cogliere mediante l'azione aziendale, ovvero le condizioni da soddisfare affinché l'azienda riesca a sopravvivere e a svilupparsi nel tempo ¹¹⁶. In altri termini, la gestione aziendale deve essere economica, cioè deve rispettare la condizione di permanente tensione all'equilibrio economico a valere nel tempo, che si estrinseca nella capacità dell'azienda di alimentare continuamente i cicli produttivi mediante il flusso dei ricavi remuneratori.

L'*economicità* può quindi essere intesa come criterio di scelta di convenienza economica delle operazioni aziendali e si realizza in un "efficiente" impiego delle scarse risorse disponibili, utilizzate appunto in un'attività di produzione, pervenendo a risultati che debbono esprimere la loro "efficacia" nel soddisfare i bisogni che esprimono le esigenze degli individui, le quali costituiscono il punto di riferimento di ogni attività aziendale.

In generale, l'*efficienza* riguarda l'operatività aziendale ed esprime la capacità dell'organizzazione produttiva di realizzare la produzione, ai dovuti livelli qualitativi e quantitativi, con il minor impiego di risorse disponibili o – se si preferisce – perseguendo il miglior risultato attraverso l'impiego delle risorse disponibili. L'*efficacia*, invece, è la capacità dell'organizzazione produttiva di selezionare ed attuare, con logica innovativa, produzioni atte ad incontrare e soddisfare le complessive attese degli utilizzatori. In altri termini, è la capacità di destinare le risorse al raggiungimento di obiettivi vincenti predefiniti.

Pertanto l'efficacia dell'attività aziendale si estrinseca nell'attitudine dell'azienda a cogliere soddisfacenti gradi di "efficacia economica", la quale consiste nella capacità di raggiungere adeguati livelli di produttività economica, a cui si affianca in talune aziende, e soprattutto

¹¹⁵ Cfr. CAVALIERI E. e FERRARIS FRANCESCHI R. (2008), *Economia Aziendale*, volume I, Giappichelli, Torino.

¹¹⁶ Cfr. CAFFERATA R. (1983), *Pubblico e privato nel sistema delle imprese*, Franco Angeli, Milano.

to nelle aziende pubbliche, l'esigenza di soddisfare livelli crescenti di "efficacia sociale", intesa come capacità di soddisfare i fini sociali assegnati all'impresa dal soggetto economico. D'altronde, nello svolgimento della propria attività, l'azienda non può nemmeno trascurare di soddisfare simultaneamente condizioni di "efficienza interna" – ovvero di produttività tecnica congiunta dei fattori produttivi utilizzati – e di "efficienza esterna", intesa come competitività sui mercati, soprattutto di sbocco, su cui l'azienda opera. Tuttavia, sia l'efficienza interna sia la competitività dell'azienda si legano peraltro, in primo luogo e con riferimento a periodi di tempo più lunghi, alla "capacità innovativa" della stessa, cioè alla sua attitudine ad operare nelle funzioni tipiche in modo da individuare nuove prospettive su cui convogliare le risorse di cui dispone o è in grado di disporre. In secondo luogo, con riferimento al breve periodo, l'efficienza si concentra nel "rapporto risultato-risorse", alla ricerca del raggiungimento degli obiettivi prefissati, con il minore costo possibile o – se si preferisce – con l'ottenimento dei massimi rendimenti dall'insieme delle risorse utilizzate.

6.1.2 Efficacia, efficienza ed equilibrio economico in ambito militare

Le aziende, di ogni natura e dimensione, rappresentano unità del sistema economico generale predisposte e strutturate tipicamente per lo svolgimento dei processi finalizzati alla produzione economica. Ciò non toglie che le "asserzioni relative" enunciate dagli studi di Economia aziendale possano essere utilmente applicate in altre organizzazioni produttive, che aziende non sono, ma che svolgono al loro interno attività economiche di produzione assimilabili a quelle che caratterizzano l'intera attività delle aziende.

Un'organizzazione produttiva per essere considerata azienda deve possedere una serie di attributi di tipo economico. Tra gli attributi di aziendalità, necessari affinché l'organizzazione produttiva sia considerata azienda, si richiamano la coordinazione sistemica (o sistematicità), l'economicità e l'autonomia decisionale.

L'azienda è un sistema, e cioè un insieme finalizzato e coordinato di componenti avvinte da relazioni di funzionalità. Il temporaneo manifestarsi di fenomeni di disfunzionalità non fa venir meno il carattere sistemico, anzi, al contrario, tende ad esaltarlo. Il sistema aziendale presenta la valenza di una combinazione (o correlazione) dinamica di risorse-energie-attività personali ed altri mezzi/beni produttivi che si dispiega nel tempo, considerata nelle

sue molteplici e multiformi dimensioni: economica, sociale, politica, etica, psicologica, tecnica, ecc.

L'economicità deve qualificare il comportamento delle aziende nel senso di permanente tensione all'efficacia strategica e all'efficienza operativa.

L'autonomia decisionale può essere intesa come esistenza distinta ed individuale dell'azienda, che possiede comportamenti ed andamenti propri, diversi da quelli delle persone che l'hanno costituita e che vi operano.

Dalla trattazione precedente si evince che le Forze Armate rientrano sicuramente tra le organizzazioni produttive, definite come un insieme di energie personali, mezzi patrimoniali e condizioni di produzione varie, combinate per raggiungere un determinato fine specifico, ma singolarmente non possono essere considerate aziende poiché prive dei requisiti di sistematicità (in quanto appartenenti al sistema dello Stato) ed autonomia decisionale (in quanto dipendenti dal Ministero della Difesa) che caratterizzano le aziende. Pertanto le Forze Armate dovrebbero più propriamente essere considerate parti (o *sub-sistemi*) del sistema aziendale più ampio in cui operano, ovvero dell'azienda Stato ¹¹⁷.

In quanto *sub-sistemi* dello Stato, le Forze Armate, nello svolgimento delle proprie attività, dovrebbero mirare al conseguimento del fine generale dell'azienda Stato in cui sono inserite e, contemporaneamente, al conseguimento del fine specifico per cui sono istituite.

Il fine generico dell'azienda Stato si identifica con il fine del soggetto economico ¹¹⁸, riassumibile nella creazione di valore pubblico, da intendersi come tutela dell'interesse pubblico e soddisfacimento dei bisogni espressi dalla collettività.

Il fine specifico delle Forze Armate rappresenta invece la motivazione che porta il soggetto economico alla costituzione e all'esercizio di queste organizzazioni produttive, in altri termini è il perché le Forze Armate devono produrre un certo bene o servizio. Nel caso delle Forze Armate il fine specifico si sostanzia nella tutela dell'interesse pubblico alla sicurezza

¹¹⁷ Cfr. DI CARLO E. (2009), *I gruppi aziendali tra economia e diritto*, Giappichelli, Torino.

¹¹⁸ Il soggetto economico è quella persona fisica, o quel gruppo di persone che detiene il supremo potere decisionale e di controllo dell'attività aziendale, in altri termini è colui a cui spetta la funzione imprenditoriale. Nel caso dell'azienda Stato il soggetto economico si sostanzia nell'intera collettività, la quale attraverso un processo democratico delega l'esercizio del potere di controllo agli organi parlamentari e di governo dello Stato.

nazionale, che è perseguito mediante l'attività di erogazione del servizio "difesa della sicurezza nazionale", che ha le caratteristiche economiche di un bene pubblico puro ¹¹⁹.

Si osserva inoltre che il raggiungimento del fine specifico delle organizzazioni produttive inserite in un sistema aziendale più ampio è sempre strumentale al raggiungimento del fine generico dell'aggregato aziendale in cui operano. Pertanto le Forze Armate nel perseguimento del proprio fine specifico, ovvero la "sicurezza nazionale", perseguono anche il fine sovraordinato dell'azienda Stato che si estrinseca nel "soddisfacimento dei bisogni della collettività".

Seguendo questa impostazione, i caratteri dell'efficacia e dell'efficienza delle Forze Armate assumono una nuova connotazione.

Per *efficacia* si intende la capacità dell'organizzazione produttiva "Forza Armata" di selezionare ed attuare, con logica innovativa, produzioni atte ad incontrare e soddisfare le complessive attese degli utilizzatori. Di destinare, cioè, le risorse disponibili alla realizzazione di obiettivi "vincenti". In questo caso la soddisfazione degli utilizzatori si sostanzia in apprezzamenti e valutazioni positive sulle prestazioni rese agli stessi (valori d'uso), quando l'organizzazione produttiva opera in ambienti particolari ed in condizioni di competizione attenuata ed indiretta, al cui interno le quantità di denaro pagate per l'acquisto di fattori, ma soprattutto quelle ricevute per la cessione dei prodotti perdono, almeno in parte, il significato di misuratori di valore oggettivizzati dal mercato, poiché i servizi erogati dalle Forze Armate sono ceduti alla collettività a titolo gratuito.

Per *efficienza* si intende la capacità dell'organizzazione produttiva "Forza Armata" di realizzare le produzioni, ai dovuti livelli qualitativi e quantitativi, perseguendo il miglior risultato possibile attraverso l'impiego delle risorse disponibili.

Pertanto le Forze Armate, allo scopo di conseguire il fine specifico per il quale sono istituite e rette, nell'ambito del più ampio fine generico del sistema aziendale in cui sono inserite, dovrebbero orientare la propria attività al soddisfacimento delle condizioni di efficacia ed efficienza.

¹¹⁹ Un bene o servizio pubblico puro è dotato di due proprietà specifiche. La prima è che il godimento dei benefici dei beni pubblici da parte di un individuo addizionale non costa nulla. Formalmente il costo marginale derivante dalla fruizione del bene da parte di un individuo addizionale è uguale a zero. La seconda proprietà è che, in generale, è difficile o impossibile escludere individui dalla fruizione del bene pubblico. Cfr. STIGLITZ J.E. (2003), *Economia del settore pubblico: fondamenti teorici*, Hoepli, Milano.

L'efficacia delle Forze Armate consiste, quindi, nell'erogazione del servizio di difesa della collettività al fine di proteggere la sicurezza nazionale utilizzando esclusivamente le risorse necessarie per raggiungere il fine specifico, evitando di sprecare risorse scarse e limitate nel tempo. Mentre l'efficienza delle Forze Armate si estrinseca nel contenimento dei costi di acquisizione delle risorse e nella contestuale gestione dell'attività secondo i criteri di integrità e correttezza, tesa ad evitare il manifestarsi di fenomeni di corruzione che potrebbero generare un aumento dei costi per la spesa militare. Si sottolinea, inoltre, che l'efficienza delle Forze Armate è quantificabile solo nel contenimento dei costi ¹²⁰ e non anche nella determinazione del profitto della gestione aziendale poiché non è possibile quantificare il valore economico creato dalla prestazione del servizio offerto dalle Forze Armate. A tal fine sarebbe infatti necessario avere, a fronte dei costi sostenuti per l'acquisizione delle risorse, i ricavi relativi alla prestazione dei servizi resi alla collettività. Tuttavia, data la particolare qualità di bene pubblico puro di cui gode il servizio di difesa della sicurezza nazionale reso dalle Forze Armate, all'erogazione di tale servizio non risponde il pagamento diretto di un prezzo da parte dei cittadini.

Infine, citando quanto sopra affermato per le aziende, ovvero che *“raggiungere e mantenere condizioni di equilibrio economico durevole ed evolutivo implica, quindi, che l'azienda, nello svolgimento della sua attività, segua il criterio di economicità della gestione. In altri termini, l'economicità deve qualificare il comportamento delle aziende nel senso di permanente tensione all'efficacia e all'efficienza”*, possiamo affermare che una gestione efficace ed efficiente delle attività istituzionali a cui le Forze Armate sono deputate permetterebbe alle stesse di raggiungere condizioni di equilibrio economico durevole ed evolutivo o, in altri termini, di garantire la sostenibilità nel tempo della spesa militare.

6.2 Valutazioni di efficacia, efficienza e sostenibilità della spesa energetica

Dall'analisi dell'andamento del sistema energetico e dei fabbisogni di energia delle Forze Armate, appaiono sempre più evidenti i crescenti rischi a cui la sicurezza energetica delle Forze Armate, e più in generale del nostro Paese, è sottoposta (vedasi Capitolo 1).

¹²⁰ Per una disamina completa del concetto di costo in ambito militare si consulti MONACI V. (2010), *Generalizzazione del concetto di “costo”*, Rapporto di Ricerca CeMiSS, al seguente link: http://www.difesa.it/SMD/CASD/Istituti_militari/CeMISS/Pubblicazioni/News206/2010-09/Pagine/Generalizzazione_del_concetto_di_costo_11893.aspx

In questo quadro, la migliore strategia perseguibile dalle Forze Armate – per adempiere alla propria missione istituzionale – è quella di investire in efficienza energetica e di incrementare il ricorso alle fonti rinnovabili per la produzione di energia (principalmente energia elettrica e combustibili).

Gli investimenti in energie alternative devono ovviamente rispondere ai requisiti di efficacia ed efficienza dell'azione delle Forze Armate, così da garantire nel tempo la sostenibilità della spesa militare, e più in generale la sostenibilità delle finanze pubbliche, così come raccomandato dal Consiglio *Ecofin* dell'Unione europea.

Attualmente la ricerca dell'efficienza, ovvero del contenimento dei costi sostenuti per l'energia, assume particolare rilevanza poiché le risorse, non solo energetiche, a disposizione delle Forze Armate e dello Stato sono sempre più scarse.

Del resto questa problematica è alla base della più generale questione economica. In altri termini, vi è l'esigenza di soddisfare i bisogni della collettività, che per definizione sono illimitati, mediante risorse (economiche, umane e tecnologiche) limitate nel tempo e nello spazio e in via di riduzione.

Ciò è sicuramente vero in tempo di pace, tuttavia si ritiene che tale attenzione all'efficienza della gestione, seppur attenuata, debba essere mantenuta anche in tempo di guerra. È evidente che, in situazioni di guerra, il raggiungimento dell'efficacia della missione assume la prevalenza e debbano essere impiegate tutte le risorse necessarie per raggiungere l'obiettivo fissato ma, allo stesso tempo, si dovrebbe evitare di sprecare risorse non necessarie a tal fine. In sintesi, investire in energie alternative risulta essere una valida strategia per ridurre il consumo di energia e la dipendenza energetica delle Forze Armate e contenere i relativi costi, nel rispetto della finalità ultima e specifica delle Forze Armate di fornire il servizio di difesa nazionale. Ovviamente ogni scelta di investimento va valutata singolarmente in termini tecnici, operativi ed economici. Quindi, nel proseguo dell'analisi, dopo aver descritto i benefici derivanti da un'oculata gestione dell'energia in ambito militare, si offrirà una rassegna degli elementi da tenere in considerazione per valutare la fattibilità e la convenienza economica di un singolo progetto d'investimento in efficienza energetica ed energie rinnovabili.

Tuttavia si consiglia di effettuare volta per volta le opportune valutazioni tecniche ed economiche di fattibilità, specifiche del progetto che si desidera realizzare.

6.3 I benefici della promozione dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili di energia in ambito militare

La riduzione della domanda di energia nelle operazioni militari, l'espansione della produzione di energia – anche tramite il ricorso a fonti rinnovabili – e il miglioramento della sicurezza energetica delle Forze Armate da un punto di vista operativo significa avere un militare che usa meno energia, ha fonti di energia più sicure e ha le risorse (economiche, energetiche e tecnologiche) necessarie per proteggere la popolazione ed assicurare la difesa nazionale ¹²¹.

I benefici dell'affermazione di una nuova cultura energetica per le Forze Armate sono molteplici, tra di essi spiccano i seguenti risultati positivi conseguibili:

- risparmio di vite umane perse nel trasporto e nella protezione di combustibile sul campo di battaglia;
- miglioramento di capacità, resistenza e affidabilità delle forze di terra, aria, mare e del loro sistema di comunicazione;
- alleggerimento del carico logistico di combustibile da movimentare e riduzione del totale di vulnerabilità delle linee di approvvigionamento del combustibile;
- focalizzazione di alcune forze e capacità di combattimento dalla logistica e dalle linee di rifornimento di combustibile a missioni operative;
- rafforzamento della capacità di risposta delle Forze Armate all'aumento del prezzo dell'energia e alla volatilità delle forniture;
- equipaggiamento delle Forze Armate per raggiungere il successo nell'affrontare le sfide del ventunesimo secolo, grazie ad un migliore allineamento delle risorse tra gli obiettivi tattici, operativi e strategici;
- attivazione di buone relazioni con altri Paesi, condividendo il miglioramento delle capacità di gestione dell'energia operativa, anche in applicazioni civili;
- collaborazione al raggiungimento degli obiettivi nazionali, quali la riduzione della dipendenza dai combustibili fossili, la riduzione delle emissioni di gas serra e stimolare l'innovazione nel settore civile.

¹²¹ Cfr. *Energy for the Warfighter, Operational Energy Strategy, Department of Defense, United States of America*, 2011. Documento consultabile al link: http://energy.defense.gov/OES_report_to_congress.pdf

Inoltre, il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza energetica nazionale, permetterà alle Forze Armate di concentrarsi sulla missione prioritaria di difesa e protezione della sicurezza nazionale a cui sono preposte, prevalendo nelle guerre di oggi, prevenendo e scoraggiando eventuali conflitti e preparandosi a sconfiggere possibili avversari in futuro.

Infine, l'affermazione di una nuova cultura energetica permetterà alle Forze Armate e al Ministero della Difesa di dare un forte impulso allo sviluppo di sistemi energetici sostenibili e un ampio sostegno all'innovazione, data l'entità del fabbisogno energetico militare e la necessità di cambiare le attuali abitudini di consumo.

6.4 La fattibilità di un progetto “green” in ambito militare

L'obiettivo generale di uno studio di fattibilità di un progetto “green” che migliori l'efficienza energetica e/o utilizzi fonti rinnovabili di energia è quello di raccomandare una strategia energetica ottimale in grado di supportare gli obiettivi energetici dell'installazione. Nel determinare questa strategia, non si dovrebbe tenere conto solo della necessità di ridurre i consumi di energia e di diversificare la produzione e l'approvvigionamento energetico, ma anche di altri fattori altrettanto importanti, quali la compatibilità con la missione, il miglioramento della sicurezza energetica, l'economicità del progetto, gli obiettivi militari da perseguire, il mandato politico ricevuto, le risorse disponibili nel sito, il finanziamento necessario e la disponibilità del personale ¹²².

La fase di valutazione della fattibilità dei progetti, che normalmente precede la fase di realizzazione consta di diversi passi: la selezione dei progetti, l'analisi della fattibilità operativa e l'analisi finanziaria. Questi passi dovrebbero essere svolti ad un livello di dettaglio sufficiente per consentire ai responsabili delle decisioni di procedere con la realizzazione del progetto.

Selezione dei progetti

Un elenco di progetti realizzabili è sviluppato in base alle prestazioni, all'appropriatezza e alla disponibilità commerciale della tecnologia, e sulla soddisfazione dei criteri non tecnici

¹²² Cfr. *Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning*, National Renewable Energy Laboratory, 2010. Documento consultabile al seguente link: www.nrel.gov/docs/fy10osti/48876.pdf

già menzionati, ovvero la compatibilità con la missione, il miglioramento della sicurezza energetica, l'economicità del progetto, gli obiettivi militari da perseguire, il mandato politico ricevuto, le risorse disponibili nel sito, il finanziamento necessario e la disponibilità del personale.

Ogni progetto deve essere sottoposto a *screening* per la validità con una serie di criteri che riguardano gli aspetti critici dello sviluppo del progetto, che possono rivelarsi fatali per qualsiasi progetto proposto. L'elenco dei principali criteri da seguire comprende:

- la misurazione del miglioramento dell'efficienza energetica e dell'incremento di uso delle fonti rinnovabili di energia rispetto allo stato attuale dell'installazione;
- la stima del potenziale di riduzione dei gas serra;
- l'elaborazione di stime preliminari dei costi per il miglioramento dell'efficienza energetica e per l'impiego delle tecnologie consigliate per le energie rinnovabili;
- la determinazione di un piano di attuazione dei progetti di energia verde.

Realizzabilità operativa

In questa fase devono essere individuati i migliori approcci operativi candidati per l'implementazione del progetto. Dovrebbero essere individuate anche la strutturazione del progetto e le opzioni di finanziamento. Per le opzioni individuate, è necessario confrontare fattori quali disponibilità di incentivi, questioni legate alla proprietà dell'impianto, tassi di finanziamento, e potenziali partner. Un approccio appropriato dovrebbe essere selezionato per ogni progetto, anche tramite un processo iterativo.

Analisi finanziaria

L'analisi finanziaria può essere esplicitata nelle seguenti attività:

- analisi dell'economicità del progetto, tramite uno studio dei costi energetici basato sul sistema energetico esistente e proiettato nel futuro ipotizzando un'evoluzione delle condizioni di mercato secondo lo scenario *business-as-usual*;

- stima del risparmio netto di energia e dei costi di finanziamento dei progetti raccomandati;
- valutazione dell'investimento, mediante l'uso delle moderne tecniche di analisi degli investimenti proposte dalla finanza aziendale, quali la determinazione del valore attuale netto, il tempo di recupero dell'investimento, l'attualizzazione dei flussi di cassa e ad altri parametri finanziari di *capital budgeting*;
- sviluppo di un'analisi di sensibilità che tenga conto dei parametri finanziari chiave per stimare l'incertezza e la variabilità dei presupposti finanziari scelti.

Per condurre uno studio di fattibilità economica di un progetto di investimento in energie alternative è necessaria la disponibilità di diverse tipologie di dati e informazioni sul progetto da realizzare, sul sito in cui il progetto andrà realizzato, sulle fonti rinnovabili che è possibile utilizzare, sulle caratteristiche del sistema energetico di riferimento, sulle specifiche delle tecnologie disponibili, sulle modalità di finanziamento del progetto, sulle modalità di realizzazione del progetto e sull'andamento del sistema economico generale.

Con riferimento al progetto da realizzare è indispensabile conoscere, da un lato, le prestazioni, la disponibilità commerciale e il costo delle tecnologie verdi; dall'altro lato, il grado di coerenza dei progetti selezionati con i criteri di compatibilità con la missione, la sicurezza energetica, gli obiettivi di servizio militare, il mandato politico, le risorse del sito, il finanziamento e la disponibilità del personale.

Con riferimento al sito in cui il progetto andrà realizzato, è necessario conoscere dove verrà realizzato il progetto, a chi spetterà il controllo legale del progetto, il costo e le modalità di erogazione dell'energia elettrica e degli altri servizi di pubblica utilità, la vicinanza alla rete e agli *host* termici, ecc.

Con riferimento alle risorse disponibili, si dovrebbe conoscere il ventaglio di fonti rinnovabili disponibili, il potenziale delle risorse presenti sul sito e il loro costo.

Con riferimento al sistema energetico è necessario sapere chi utilizzerà l'energia elettrica o termica prodotta, qual è il costo dell'energia, quali sono le opzioni e i requisiti di interconnessione, qual è la capacità di immissione di energia alla rete, qual è la disponibilità dell'installazione a stipulare un contratto energetico a lungo termine (20 anni) e a chi ne

spetta l'autorizzazione, chi svilupperà una descrizione dettagliata del progetto e dei relativi diagrammi di flusso, qual è la stima delle dimensioni del sistema e la generazione annuale (MWh/anno), qual è l'autorità giurisdizionale locale, quali sono i limiti di emissione per gli inquinanti, quali sono i requisiti e i permessi necessari per la realizzazione del progetto, chi compilerà un elenco di tutti i permessi necessari per le diverse aree, quali sono i tempi di attuazione del processo.

Con riferimento alla tecnologia bisogna conoscere gli obiettivi tecnici di performance (MWh all'anno, il tempo di consegna, costi), quali sono le prestazioni e le garanzie delle tecnologie esaminate, qual è la storia commerciale delle tecnologie, qual è il grado di rischio tecnologico che si vuole assumere, chi sarà responsabile della gestione del processo, quali sono le modalità di finanziamento della tecnologia, quali sono le risorse disponibili per assistere al processo di sviluppo, chi è il partner tecnologico/sviluppatore, quali sono le loro qualifiche (anni esperienza, il numero di progetti di successo simili), chi monitorerà la costruzione.

Con riferimento al finanziamento dell'investimento è necessario valutare se gli assetti proprietari sono accettabili per il governo e l'industria, quali sono i programmi di incentivazione applicabili e come influenzano le scelte di implementazione, se si tratta di progetti finanziabili attraverso il ricorso a finanziamenti bancari, se il progetto può ottenere garanzie sui prestiti o crediti d'imposta, ecc. Una filosofia che, in campo militare, è valida "mutatis mutandis".

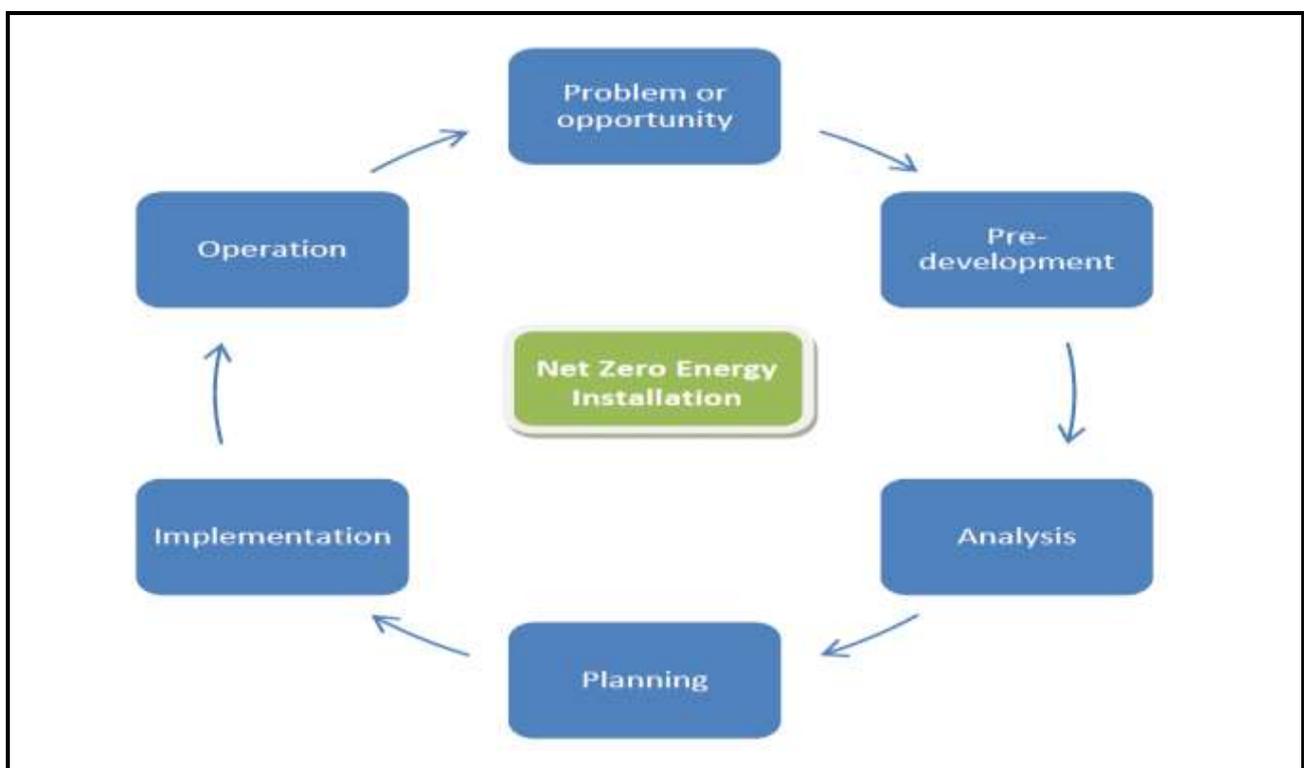
Con riferimento alle modalità di realizzazione del progetto è necessario raccogliere informazioni sulle opzioni di implementazione disponibili per l'installazione, tra i quali ricordiamo i contratti di acquisto di energia, le locazioni, il leasing e le modalità di spesa. Una volta scelta l'opzione più appropriata, la realizzazione del progetto richiederà, per ogni installazione, analisi e informazioni aggiuntive. Considerazioni esemplificative sono le dimensioni del progetto, la disponibilità e l'uso di terreno, i partner privilegiati (industria privata, servizi pubblici, altre agenzie governative) e le fonti di finanziamenti adeguate.

Con riferimento all'andamento del sistema economico è necessario reperire i dati recentemente pubblicati sul consumo di energia, utilizzare uno dei vari pacchetti *software* per stimare il costo delle tecnologie di efficienza energetica e delle fonti di energia rinnovabili e le loro modalità di funzionamento, determinare la disponibilità di incentivi per la base o ter-

ze parti, conoscere i tassi di sconto, i prezzi e gli altri strumenti finanziari necessari per valutare i rendimenti e la riduzione dei costi ottenibili.

Una panoramica del processo di sviluppo del progetto è mostrato nella Tav. 70. Le aree di questo processo riguardano l'identificazione dei vincoli e delle opportunità dei progetti energetici, la predisposizione di uno studio di pre-sviluppo, l'analisi e la pianificazione del progetto, la transizione dalla pianificazione (informazioni) all'attuazione (azione) del progetto. Si tratta di un processo ciclico, perché di solito si esaminano molte alternative per la realizzazione di un impianto o di una installazione a consumo energetico minimo.

Tav. 70 – Ciclo del processo di valutazione di un progetto a risparmio energetico



Fonte: National Renewable Energy Laboratory, 2010.

7

Contesto politico e strategico-militare: orientamento europeo ed internazionale

SOMMARIO: 7.1 La dipendenza energetica delle principali potenze mondiali – 7.2 La dimensione della sicurezza energetica nei vari Paesi – 7.3 Verso un nuovo ordine energetico internazionale – 7.4 La strategia d'azione europea nel settore energetico – 7.4.1 Le direttrici strategiche dell'Unione europea – 7.4.2 La politica energetica europea – 7.4.3 Riesame strategico complessivo di medio e lungo termine della politica energetica europea: il Piano d'azione dell'Ue per la sicurezza e la solidarietà nel settore energetico – 7.5 Lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia – 7.6 Investimenti nelle energie rinnovabili.

La corsa alle fonti di approvvigionamento di energia non è mai stata così intensa: sin dalla Seconda Guerra Mondiale, infatti, le grandi potenze industriali hanno consumato gran parte delle forniture energetiche senza dover sottoporsi ad un'accanita concorrenza; negli ultimi decenni, invece, con l'entrata in gioco delle nuove economie emergenti (Cina, India e Giappone) è molto incerto se le attuali risorse energetiche siano in grado soddisfare le richieste e le esigenze di tutte queste nazioni.

Obiettivo del presente capitolo è quello di fornire al lettore un quadro chiaro ed esaustivo delle dinamiche, sia politiche che economiche, che attualmente governano il mercato dell'energia. Mercato quest'ultimo diventato nel corso degli anni centro di dispute internazionali a causa del progressivo esaurimento delle fonti convenzionali di energia. La possibilità di disporre di sicure fonti di approvvigionamento, infatti, ha ridisegnato gli equilibri mondiali: sarà *leader* del domani non il Paese che disporrà del numero maggiore di testate nucleari – come in passato si riteneva – ma il Paese in grado di avere un accesso sicuro alle fonti di approvvigionamento, sia sul piano civile che militare. È chiaro, quindi, che in questi ultimi anni si è assistito da una parte all'emergere di nuove alleanze politiche, dall'altra alla definizione di nuove strategie energetiche, che vedono come primo obiettivo il potenziamento delle fonti rinnovabili di energia.

7.1 La dipendenza energetica delle principali potenze mondiali

“Lo sviluppo energetico di Cina ed India sta trasformando il sistema energetico mondiale per l'importanza delle loro dimensioni e del loro peso crescente nel commercio internazionale dei combustibili fossili. Analogamente, entrambi i Paesi sono sempre più esposti alle variazioni dei mercati energetici mondiali. I marcati tassi di crescita economica di Cina ed India negli ultimi anni, più alti di quelli di tutti gli altri principali Paesi, hanno aumentato in maniera netta i fabbisogni energetici di questi due Paesi, costretti ad importare sempre di più”, riporta l'International Energy Agency (IEA) nel suo rapporto *World Energy Outlook 2007*¹²³. Inoltre, vi è grande incertezza sul fatto che combustibili alternativi possano in un futuro prossimo sostituire le tradizionali fonti di energia o che comunque possano mantenere gli attuali ritmi di crescita.

Sicuramente ogni nazione in deficit di energia contribuisce ad accendere i termini della contesa ma, nel contesto mondiale, è impossibile non considerare l'enorme impatto del gigante asiatico: nello scenario di riferimento si prevede che la domanda di energia primaria della Cina più che raddoppi, con un tasso di crescita annuo pari al 5,1%. Negli anni Novanta, la Cina consumava solo l'8% dell'energia globale, rispetto al 20% dei Paesi europei e il 24% degli Stati Uniti.

Dati preliminari dell'IEA¹²⁴ sui consumi di energia primaria del 2009 indicano che la Cina, con un valore pari a 2.252 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) annue, ha superato i consumi degli Stati Uniti, pari a 2.170 Mtep. Secondo le statistiche dell'*Energy Information Administration*, inoltre, il colosso asiatico è stato nel 2008 il secondo consumatore di petrolio al mondo, dopo gli Usa. Negli ultimi dieci anni, infatti, la Cina ha raddoppiato i consumi di petrolio, arrivando ad un valore pari a 7.831 migliaia di barili (equivalenti a circa 1,15 Mtep¹²⁵) al giorno nel 2008, che rimane per ora ancora inferiore alla metà dei consumi statunitensi (19.497 migliaia di barili, equivalenti a circa 2,85 Mtep, al giorno).

¹²³ Documento consultabile all'indirizzo: <http://www.iea.org/weo/2007.asp>

¹²⁴ Per ulteriori informazioni consultare il sito: <http://www.iea.org/stats/index.asp>

¹²⁵ Il barile equivalente di petrolio è fissato convenzionalmente in 0,146 tep (una tonnellata di petrolio corrisponde a circa 6,841 barili).

La Cina è anche il Paese con il maggiore consumo di carbone al mondo ¹²⁶ : da sola ne consuma un quantitativo maggiore rispetto agli altri sei principali Paesi consumatori messi insieme (Usa, India, Germania, Russia, Giappone e Sud Africa).

Per quanto riguarda i consumi di energia elettrica, anch'essi si sono triplicati nell'ultimo decennio, con un tasso quattro volte maggiore rispetto alla media mondiale (nel 2007 2.834 miliardi di kWh, equivalente a circa 530 Mtep ¹²⁷). Circa i due terzi della domanda di energia primaria della Cina viene soddisfatta utilizzando carbone, e poiché più del 90% di questa risorsa si trova nelle regioni interne, negli anni più recenti le importazioni sono diventate competitive per le regioni costiere. Petrolio e gas naturale hanno un peso di gran lunga minore nel *mix* energetico determinando una diversificazione delle fonti particolarmente bassa.

In Cina, così come nell'Unione europea e negli Usa, la quasi totale dipendenza dal petrolio anche nel settore dei trasporti rappresenta di certo un ulteriore fattore di rischio per la sicurezza energetica.

Le risorse energetiche della Cina, in primis il carbone, sono notevoli ma sicuramente non in grado di allinearsi ai suoi fabbisogni ¹²⁸ : per continuare a crescere dovrà riuscire a garantirsi sostanziali quantità di combustibili stranieri, soprattutto di petrolio. È probabile poi che la maggior parte delle importazioni aggiuntive di petrolio provengano dal Medio Oriente e attraverseranno rotte marittime a rischio, facendo aumentare a lungo termine anche i rischi per la sicurezza energetica.

¹²⁶ Si ricordi che il carbone è la risorsa energetica maggiormente inquinante. A tal proposito, l'*Energy Outlook 2009*: "I Paesi non-OECD sono responsabili dell'intera crescita delle emissioni di CO₂ nel settore energetico prevista fino al 2030. I tre quarti di questo aumento provengono dalla Cina, dall'India e dal Medio Oriente. Si prevede una leggera diminuzione delle emissioni nei Paesi OECD, dovuta ad un rallentamento della domanda energetica (conseguenza della crisi nel breve termine e di notevoli miglioramenti dell'efficienza energetica nel lungo termine) nonché ad un maggior utilizzo del nucleare e delle rinnovabili, principalmente legato alle politiche già adottate per mitigare il cambiamento climatico e per incentivare la sicurezza energetica. Al contrario, i principali Paesi non-OECD registrano un aumento delle loro emissioni. Tuttavia, mentre i Paesi non-OECD sono attualmente responsabili del 52% delle emissioni annue mondiali del settore energetico, essi sono responsabili solo per il 42% delle emissioni cumulative mondiali dal 1890".

¹²⁷ Per i consumi elettrici, 1 tep = 5347,59 kWh (Delibera EEN 3/08 – Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica).

¹²⁸ Si consideri che nonostante le ingenti risorse di cui dispone, già nel 2007 la Cina è diventata un netto importatore di carbone.

Ciò che sicuramente aumenta le pressioni competitive tra i vari attori internazionali è la convinzione del progressivo esaurimento delle fonti tradizionali di approvvigionamento, in primo luogo del petrolio ¹²⁹. Numerosi esperti del settore evidenziano come ogni nuova estrazione sarà sempre più soggetta a nuove difficoltà, in condizioni maggiormente avverse e in luoghi soggetti a possibili conflitti, con aumenti ingenti dei costi. Scenari simili sono previsti anche per tutti gli altri combustibili esistenti, dal carbone al gas naturale.

Scienziati di tutto il mondo sono alla ricerca di modi per produrre una nuova gamma di combustibili in grado di sostituire quelli a rischio di esaurimento, cercando al tempo stesso di limitare al massimo l'emissione di gas serra. Tuttavia, nessuna delle principali nazioni ad elevato consumo di energia ha investito finanziamenti sufficienti nella ricerca che siano in grado di fornire soluzioni applicabili e convenienti, da un punto di vista economico e tecnico, in grado di sostituire nel breve periodo le attuali fonti di energia. Il risultato è che tutte le strategie governative continuano ancora a basarsi sulla disponibilità dei combustibili fossili nel tempo ¹³⁰.

Ci si trova ancora in un'economia del petrolio, estremamente soggetta agli eventi di politica internazionale, dal momento che gli idrocarburi non sono distribuiti omogeneamente. Allo stato attuale il mercato dell'energia è estremamente influenzato dalla geopolitica, a meno che non si verifichino alternativamente due eventi: da una parte il soddisfacimento del fabbisogno energetico da parte di fonti alternative agli idrocarburi; dall'altro lato, il risolversi di tutti quei conflitti che portano all'instabilità delle fonti di approvvigionamento. Entrambi questi obiettivi sono ad oggi molto lontani.

A tal proposito, nel 2009 si è accolta con entusiasmo l'intenzione del Presidente degli Stati Uniti Barack Obama di voler "guidare il mondo nella ricerca dell'energia pulita". Tuttavia, la previsione è che gli Stati Uniti con l'energia eolica potranno produrre nel 2030 non più del

¹²⁹ A tal proposito, le correnti di pensiero sono due: gli ottimisti e i pessimisti. Tra i primi vi è una *task force* scientifica dell'*U.S. Geological Survey* che dopo uno studio durato cinque anni ha concluso che il mondo ha riserve sufficienti per circa 80 anni ai ritmi di consumo attuali, circa duemila e trecento miliardi di barili, (313 miliardi di tonnellate) anche se gran parte di esse devono essere ancora scoperte. Tra i secondi, invece, ci sono i geologi del *King Hubbert Center* della *Colorado School of Mines* che ritengono che la produzione dell'oro nero toccherà il suo picco in questo decennio con 85 milioni di barili al giorno per poi scendere drammaticamente a 35 milioni nel 2020. Una previsione che molti altri esperti ritengono errata. Un consulente governativo americano, Daniel Yergin, ha dichiarato al *Los Angeles Times* «ormai da oltre un secolo ci sono previsioni catastrofiche sull'esaurimento delle riserve petrolifere, ma in realtà l'unica cosa sicura è che il petrolio è una risorsa finita. Non sappiamo, però, quanto ce ne sia ancora nelle viscere del pianeta».

¹³⁰ Il DoE prevede che nel 2030 queste materie prime soddisferanno ancora l'87% delle esigenze energetiche mondiali.

20% dell'energia necessaria. Inoltre, secondo l'annuario statistico della *British Petroleum* nel 2009 più di quattro quinti dell'energia mondiale provenivano da petrolio, gas naturale e carbone. Ciò evidenzia come almeno il primo dei due obiettivi, l'utilizzo delle fonti alternative, sia ancora marginale.

Gli Usa rappresentano il maggiore consumatore di petrolio e di gas a livello mondiale e la sicurezza energetica riveste un'importanza chiave nella definizione delle strategie di geopolitica energetica, influenzate dalla necessità di investire in Paesi politicamente instabili, in particolare in relazione al settore petrolifero. Per quanto riguarda il gas naturale, invece, la domanda è quasi interamente soddisfatta con la produzione domestica: gli Usa costituiscono il maggiore produttore dopo la Russia, con un'offerta domestica di 583 billions cubic metres (bcm) nel 2008, in aumento dell'8% rispetto all'anno precedente (*World Energy Outlook 2009*¹³¹). Il gas non convenzionale ha avuto un ruolo fondamentale nel determinare quest'aumento, con profonde implicazioni per i mercati internazionali del gas e per la sicurezza energetica statunitense.

In definitiva, l'integrale sostituzione della produzione di energia con combustibili fossili con una modalità basata sulle energie rinnovabili costituisce un'utopia e, comunque, una scelta radicale di cambiamento. Gli investimenti mondiali nelle *renewable energy technologies* hanno mostrato altissimi tassi di crescita, con un totale di 162 miliardi di dollari nel 2009, equivalenti al 37% di quanto investito nell'industria del gas e del petrolio.

L'esistenza di un così grande potenziale di sviluppo deve essere valutata in chiave strategica e nel lungo periodo per capirne i benefici, cioè in termini di maggior sicurezza energetica per i paesi. È chiaro, quindi, che se ad oggi tali tecnologie non sono ancora del tutto sostenibili economicamente, in un futuro, grazie agli investimenti in R&S, non solo lo potranno essere ma porteranno coloro che le utilizzano ad essere "energeticamente indipendenti".

Nello scenario di riferimento fornito dal *World Energy Outlook 2009* i combustibili fossili restano la fonte principale di energia primaria nel mondo e rappresentano oltre i tre quarti della crescita del consumo energetico globale tra il 2007 e il 2030.

¹³¹ Il *World Energy Outlook 2009* è consultabile al seguente link: <http://www.iea.org/weo/2009.asp>

In termini assoluti è il carbone a detenere il tasso di crescita della domanda più elevato nel periodo di proiezione, seguito dal gas e dal petrolio. Quest'ultimo rimane, però, il combustibile principale nel *mix* dei combustibili primari fino al 2030, nonostante scenda la sua percentuale. Si prevede poi un aumento della sua domanda, principalmente nei Paesi non-OECD dovuta al settore dei trasporti. Il principale motore, invece, di gas e carbone è la crescita inesorabile del fabbisogno elettrico, dovuto soprattutto alla Cina. Le tecnologie energetiche rinnovabili – eolica, solare, geotermica, idroelettrica e bioenergia – registrano, invece, il più rapido tasso di crescita nello scenario di riferimento.

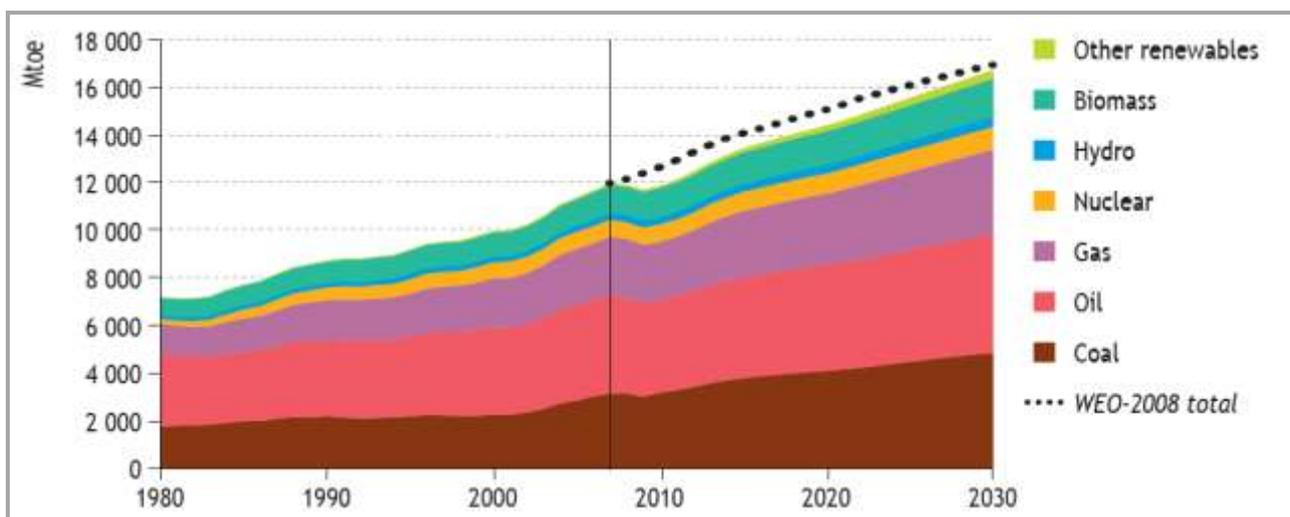
Tav. 71a – Lo scenario di riferimento per la domanda di fonti energetiche primarie (Mtoe)

	1980	2000	2007	2015	2030	2007-2030*
Coal	1 792	2 292	3 184	3 828	4 887	1.9%
Oil	3 107	3 655	4 093	4 234	5 009	0.9%
Gas	1 234	2 085	2 512	2 801	3 561	1.5%
Nuclear	186	676	709	810	956	1.3%
Hydro	148	225	265	317	402	1.8%
Biomass and waste**	749	1 031	1 176	1 338	1 604	1.4%
Other renewables	12	55	74	160	370	7.3%
Total	7 228	10 018	12 013	13 488	16 790	1.5%

* Compound average annual growth rate.
 ** Includes traditional and modern uses.

Fonte: World Energy Outlook, 2009.

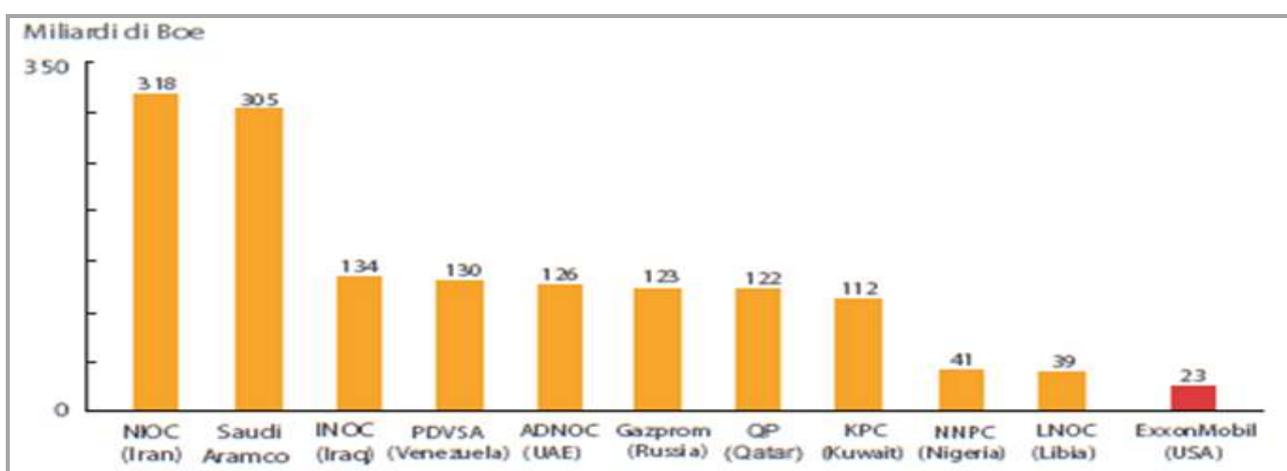
Tav. 71b – Lo scenario di riferimento per la domanda di fonti energetiche primarie (Mtoe)



Fonte: World Energy Outlook, 2009.

Allo stesso tempo bisogna sottolineare che la maggior parte dei consumi avviene in Paesi privi di risorse energetiche o comunque costretti ad importarne ingenti quantità (si pensi, ad esempio, agli Stati Uniti o alla Cina). I Paesi OECD, nonostante le riduzioni dei consumi a causa della crisi, assorbono grande parte del petrolio estratto pur disponendo solo del 7% delle riserve. Le riserve, al contrario, sono concentrate per quattro quinti in dieci Paesi, i quali non hanno una democrazia stabile e consolidata: ben sei di questi, nei quali sono concentrate il 56,9% delle riserve, si trovano in Medio Oriente.

Tav. 72 – Riserve certe di idrocarburi, 2010 (mld boe)



Fonte:

http://www.eni.com/it_IT/innovazione-tecnologia/sfide-tecnologiche/accesso-risorse-minerarie/accesso-risorse-minerarie.shtml

Dal punto di vista della domanda, invece, il 70% dell'energia è consumata da sei entità politiche. Di queste, solo la Russia è autosufficiente ed esportatore. L'Ue è dipendente per due terzi dei propri fabbisogni energetici, il Giappone per più del 40%, gli Stati Uniti e l'India per circa un terzo, la Cina per più del 10%. Mentre gli Stati Uniti hanno approvvigionamenti relativamente sicuri, l'Europa risulta fortemente dipendente dalla Russia e dal Medio Oriente. È quindi naturale che le principali economie cerchino di trovare nuove fonti di energia, al fine di diversificarle in caso di interruzione dell'offerta o di incrementi della domanda.

Una delle espressioni più eclatanti di questa gara è la corsa alle riserve dell'Artico, iniziata quando lo *U.S. Geological Survey*¹³² annunciò che disponeva di circa il 22% dei depositi di gas e petrolio disponibili. Ne è prova anche il crescente interesse manifestato per le sabbie bituminose del bacino di Athabasca, oltre che il greggio extra pesante nel bacino dell'Orinoco o per i giacimenti sottomarini a largo della costa atlantica del Brasile.

Accanto alla disputa in merito alle riserve di idrocarburi convenzionali è quindi sorta quella relativa alle riserve di petrolio e gas non convenzionali, ovvero localizzati in giacimenti con caratteristiche del sottosuolo o degli idrocarburi che rendono l'estrazione costosa o complessa con le tecnologie attuali e, in alcuni casi, limitata a piccole quantità. Il vero limite poi riscontrato nello sfruttamento di tali risorse non è connesso tanto ad un motivo di convenienza economica quanto piuttosto all'impatto climatico: estrarre un barile di petrolio con metodi convenzionali "costa" l'emissione di 29 kg di CO₂, estrarlo da sabbie bituminose invece 125 kg, quattro volte tanto. I costi sia finanziari che ambientali legati a queste risorse non convenzionali sono talmente elevati che è improbabile che queste possano sostituire le fonti convenzionali. Nella Tav. 73 si riportano le principali riserve recuperabili di petrolio non convenzionale.

Tav. 73 – Riserve recuperabili di petrolio non convenzionale (milioni di barili)



Fonte:

<http://www.eni.com/it/IT/innovazione-tecnologia/sfide-tecnologiche/idrocarburi-non-convenzionali/idrocarburi-non-convenzionali.shtml>

Di conseguenza, il problema della sicurezza energetica è al primo posto delle preoccupazioni di molti Stati.

¹³² Per approfondimenti: <http://www.usgs.gov>

7.2 La dimensione della sicurezza energetica nei vari Paesi

Abbiamo già affrontato nel [primo capitolo](#) il tema della sicurezza energetica in Europa. In questa sede si vuole evidenziare come tale concetto sia strettamente connesso con il tema della diversificazione delle fonti e con l'adozione di adeguate strategie a supporto. La realtà geopolitica, infatti, esercita una notevole influenza sulla questione della sicurezza energetica. La geopolitica dell'energia può essere definita come la distribuzione spaziale delle risorse energetiche, delle vie di comunicazione utilizzate e dei centri che producono e controllano tali risorse. Le differenze nella distribuzione delle risorse, nella capacità tecnologica di utilizzo e nella potenza militare influenzano a loro volta la politica energetica. Risulta chiaro quindi che quando si parla di geopolitica energetica ci si riferisce alla strategia implementata dagli Stati in riferimento alla massimizzazione nell'uso delle risorse e sicurezza energetica.

Il problema della sicurezza energetica consiste essenzialmente nell'assicurarsi una sufficiente offerta di energia a prezzi adeguati. Dando per "certa" la sicurezza delle linee di trasporto e le strutture fisiche delle filiera, gli elementi della sicurezza energetica sono essenzialmente quattro: le fonti dell'offerta, i centri della domanda, la realtà geopolitica e le strutture del mercato. Ciò implica per i Paesi in deficit che il rafforzamento dei mercati energetici migliora decisamente il livello di sicurezza energetica, aumentando il numero dei fornitori e appiattendolo le variazioni della domanda. Poiché il petrolio, e in minor misura il gas, sono spesso importati da Paesi con elevata instabilità politica, molti eventi possono creare seri danni al funzionamento dei mercati, con interruzioni temporanee di diversa durata nelle catene di approvvigionamento e mettendo a repentaglio la loro affidabilità. Il sistema deve quindi essere resistente alle minacce di interruzione, causate da potenziali attacchi terroristici, conflitti e rischio politico. I Paesi in surplus, invece, mirano ad avere garanzie di accesso ai mercati e un adeguato livello dei prezzi per le proprie risorse energetiche. Come precedentemente esposto, il petrolio costituisce la fonte di maggiore importanza in Giappone, negli Usa e nell'Unione europea, mentre in Cina e India tale ruolo è ricoperto dal carbone (66% e 41%).

Per quanto riguarda gli Stati Uniti il traguardo dell'indipendenza energetica è ancora molto lontano: la sicurezza energetica americana si traduce nella certezza dell'approvvigionamento petrolifero, indispensabile per il settore dei trasporti. Si deve sottolineare che l'importanza dell'*energy security* è ben nota sin da quando nel 2005 il governo diede vita

all'*Energy Policy Act*, che costituisce il primo quadro teorico di riferimento in materia. Gli obiettivi contenuti del documento riguardano principalmente la diversificazione della domanda, l'incremento dell'efficienza energetica domestica, la modernizzazione delle infrastrutture e l'espansione della riserva strategica americana. Con il governo Obama poi, si è puntato decisamente ad una strategia "verde" che ha come principale target quello di ridurre in dieci anni del 50% le importazioni di petrolio, soprattutto quelle che rappresentano un pericolo urgente per la sicurezza economica e nazionale. Parimenti strategico risulta l'obiettivo di stimolare l'industria americana a produrre ed impiegare energia pulita.

Anche l'India sta operando seri sforzi per formulare un'efficace politica energetica: il governo ha effettuato numerosi cambiamenti attraverso la consultazione con aziende pubbliche e private e portando avanti riforme. Nell'agosto del 2005 il Presidente dell'India, A.P.J. Abdul Kalam, in un discorso alla nazione ha esposto i due principi cardini della politica energetica: utilizzare l'energia al minimo consentito, evitando ogni forma di spreco e assicurare alla nazione l'accesso a tutte le fonti di energia, incluso il carbone, il petrolio e il gas naturale reperibili in tutto il mondo. Contemporaneamente l'India dovrebbe dotarsi della tecnologia idonea per sfruttare le fonti di energia rinnovabile. Avendo chiari gli obiettivi, nel 2004 è stato fondato il Centro di Sicurezza e Ricerca Energetica presso il *The Energy and Resources Institute* che si occupa prevalentemente di sviluppi internazionali geopolitici e cooperazione internazionale con riguardo specifico alla sicurezza energetica.

Il Giappone ha cercato negli ultimi anni di diversificare strategicamente le fonti di approvvigionamento, non senza problemi. Tuttavia la sua linea d'azione è sicuramente la più impressionante avendo comportato una forte riduzione nei consumi del petrolio. Il Giappone ha ridotto l'utilizzo del petrolio come fonte primaria di energia dal 70% del 1970 al 50% del 2001 ed al momento utilizza l'energia nucleare per generare un terzo della propria elettricità. Il consumo del gas naturale provvede al 13.5% del fabbisogno energetico e a Tokyo sperano di diminuire la dipendenza dalle importazione dall'Asia del sud-est affidandosi maggiormente alla Russia e all'energia dall'isola di Sakhalin. Il consumo di energia pro-capite è in Giappone uno dei più bassi del mondo sviluppato (circa la metà di quello degli Stati Uniti) e nel corso degli anni ha investito molto nell'energia solare, idroelettrica e in altre forme di energia rinnovabile.

Per quanto riguarda la Cina bisogna sottolineare che fino alla fine degli anni Novanta del secolo scorso non esisteva una politica integrata che dirigesse lo sviluppo energetico del Paese: le politiche adottate nei diversi settori erano tra loro disomogenee, disgiunte, spesso con obiettivi in contrasto. A partire dal nuovo millennio, invece, a causa del forte aumento della domanda è divenuta indispensabile una strategia energetica. In cinque anni sono stati elaborati tre piani diversi: nel 2001 e nel 2003 sono state elaborati i primi due piani energetici ma, dopo il biennio 2003-2004, durante il quale la Cina ha sofferto una carenza energetica, lo *State Council* ha revisionato quanto affermato precedentemente producendo un terzo nuovo documento programmatico che modifica l'ordine di molte priorità. Le finalità del piano energetico sono il miglioramento dell'estrazione del carbone, lo sviluppo di nuove tecnologie di trasporto ed estrazione e la ricerca sulle nuove fonti di energia, da quella nucleare a quella solare e idrica. Infine il piano prevede di migliorare la conservazione dell'energia. In sintesi, le linee guida del piano sono quelle della massimizzazione dell'offerta domestica e del risparmio energetico.

La Russia dal canto suo ha posto il settore energetico al centro di una strategia di consolidamento politico-strategico ed economico nazionale, al fine di ricostruire una sfera d'influenza privilegiata nell'estero vicino e – in generale – di rafforzare il potere politico in Europa. Nel 2009 il Presidente russo Dmitrij Medvedev ha infatti approvato la versione definitiva del documento Strategia di sicurezza nazionale della Federazione Russa fino al 2020. Il documento è una sintesi delle percezioni russe nel campo della sicurezza e come prevedibile prende in esame il ruolo dell'energia nella politica estera e di sicurezza del Cremlino. Non si parla infatti di possibilità di arricchimento, ma di influenza di tipo politico, da conseguirsi grazie all'uso pragmatico delle risorse naturali a propria disposizione. Ci si trova dunque di fronte a uno Stato, quello russo, il cui gruppo di potere più forte, quello riunito attorno a Putin, Medvedev e Sechin, ha basato in gran parte sul settore degli idrocarburi la propria strategia politica, e che al contempo vede il mercato dell'energia come una scacchiera geopolitica caratterizzata da un alto grado di competizione non solo fra imprese, ma fra sistemi-paese ¹³³.

Infine, anche la NATO nel corso degli anni ha dato un peso sempre maggiore all'analisi delle problematiche e all'intensificazione del dialogo tra gli Alleati in materia di sicurezza energetica, ormai considerata un bene pubblico fondamentale e inserita a pieno titolo tra

¹³³ Cfr. <http://rustrans.wikidot.com/russia-s-national-security-strategy-to-2020>

gli interessi strategici. L'importanza della sicurezza energetica emerge per la prima volta dalla Dichiarazione Finale del Vertice di Riga del novembre 2006, nonché dalla *Comprehensive Political Guidance*, il documento politico che stabilisce le priorità dell'Alleanza Atlantica consentendole una pianificandone di medio termine. In particolare, nella Dichiarazione di Riga si afferma:

*"[...] As underscored in NATO's Strategic Concept, Alliance security interests can also be affected by the disruption of the flow of vital resources. We support a coordinated, international effort to assess risks to energy infrastructures and to promote energy infrastructure security. With this in mind, we direct the Council in Permanent Session to consult on the most immediate risks in the field of energy security, in order to define those areas where NATO may add value to safeguard the security interests of the Allies and, upon request, assist national and international efforts [...]"*¹³⁴.

Che la sicurezza energetica sia di vitale importanza è stato ribadito anche recentemente nel 2010 a Lisbona, con la formulazione del NATO "Strategic Concept"¹³⁵:

"All countries are increasingly reliant on the vital communication, transport and transit routes on which international trade, energy security and prosperity depend. They require greater international efforts to ensure their resilience against attack or disruption. Some NATO countries will become more dependent on foreign energy suppliers and in some cases, on foreign energy supply and distribution networks for their energy needs. As a larger share of world consumption is transported across the globe, energy supplies are increasingly exposed to disruption".

Nonostante sia stata chiaramente riconosciuta l'importanza del tema rimangono tuttavia incerti i compiti della NATO in tale ambito, certo è che l'*energy security*, nel medio-lungo termine, assumerà una progressiva rilevanza strategica, data la sua connessione con la sicurezza e la stabilità dell'area euro-atlantica.

¹³⁴ Cfr. NATO, *Riga Summit Declaration* http://www.nato.int/cps/en/natolive/official_texts_37920.htm

¹³⁵ Si veda: <http://natolibguides.info/nsc>

7.3 Verso un nuovo ordine energetico internazionale

In base al nuovo ordine energetico internazionale i Paesi possono dividersi in due gruppi, quelli con surplus e quelli con deficit di energia. Nel “vecchio ordine” l’influenza di un Paese in termini politico-strategici veniva sicuramente misurata in base al numero delle testate nucleari e, in generale, in base alla supremazia militare. Oggi invece, ciò che ha ridefinito il peso strategico dei vari Paesi è la disponibilità di approvvigionamento alle fonti energetiche ovvero la capacità di acquistare le risorse energetiche dai Paesi che ne hanno. Ovviamente la definizione di una nuova gerarchia ha importanti implicazioni anche sul piano economico: i Paesi che si trovano in deficit si trovano a dover pagare prezzi sempre più alti per garantirsi la disponibilità di risorse, mentre i Paesi esportatori, come la Russia o alcuni Paesi del Medio Oriente, sono diventati sempre più ricchi.

La Russia, in particolare, sin dal 2000 ha registrato una notevole crescita grazie alle esportazioni di petrolio e gas naturale. Alcuni di questi petrol-stati poi, hanno utilizzato parte dei loro “fondi sovrani” per acquistare azioni delle principali banche statunitensi.

Ci sono ovviamente molte differenze tra i Paesi produttori di petrolio: la Russia è diventata ricchissima, come l’Arabia Saudita mentre Ciad, Gabon, Guinea Equatoriale produrranno nei prossimi anni modeste quantità di petrolio, facendo arricchire pochi privilegiati, prima di ritornare poveri.

È chiaro quindi come la questione energetica sia importante da gestire anche per le importanti implicazioni politiche-strategiche. Quando l’influenza era determinata dal numero di testate nucleari, paesi come Russia e Stati Uniti potevano influenzare gli altri. Oggi, invece, le gerarchie sono cambiate: si pensi ad esempio all’Arabia Saudita che, con un esercito a dir poco irrilevante, riesce ad avere un forte impatto politico solo per il fatto di possedere le riserve energetiche più vaste al mondo.

Anche molti altri piccoli Paesi (Kazakistan, Sudan e Angola) hanno visto aumentare la loro importanza, ottenendo concessioni di armi e assistenza militare in virtù della loro fornitura di risorse. La Russia poi ha visto crescere in maniera quasi esponenziale il suo potere e il suo grado di influenza per il solo fatto di essere il principale fornitore di risorse energetiche per l’Europa.

Qualunque sia il nuovo ordine risultano evidenti nuovi accordi e tipi di legami opportunistici: si pensi ad esempio alla costituzione dell'OPEC, oppure dell'*International Energy Agency* o anche alle nuove proto-alleanze o blocchi di potere tra Paesi esportatori o importatori, come per esempio quella tra Cina e Russia.

Tali direttrici strategiche è facile desumerle anche dal modo in cui la proprietà delle riserve di petrolio non sfruttate si concentra nelle mani delle compagnie petrolifere nazionali (CNP). Il trend negli ultimi anni, infatti, è stato quello di veder aumentare il peso delle compagnie nazionali rispetto alle grandi aziende occidentali, come *Exxon Mobil*, *Chevron*, *British Petroleum*, *Royal Dutch Shell*, *Total*.

Come si evince dalla Tav. 74, le CNP detengono più dell'81% delle riserve petrolifere conosciute, un'enorme supremazia per gli Stati che ne detengono la proprietà.

Tav. 74 – Riserve di petrolio delle più importanti compagnie¹

Rank by 2009 Oil Equivalent Reserves	Company	Worldwide Liquids Reserves, Million Barrels	Worldwide Natural Gas Reserves, Billion Cubic Feet	Total Reserves in Oil Equivalent Barrels, Million Barrels
1	National Iranian Oil Company (Iran) ³	137,620	1,045,670	316,367
2	Saudi Arabian Oil Company (Saudi Arabia) ³	259,900	263,000	304,857
3	Qatar General Petroleum Corporation (Qatar) ³	25,410	899,325	179,141
4	Iraq National Oil Company (Iraq) ³	115,000	119,940	135,503
5	Petroleos de Venezuela.S.A. (Venezuela) ³	99,377	175,970	129,457
6	Abu Dhabi National Oil Company (UAE) ³	92,200	198,500	126,132
7	Kuwait Petroleum Corporation (Kuwait) ³	101,500	63,000	112,269
8	Nigerian National Petroleum Corp. (Nigeria) ³	37,200	185,280	68,872
9	National Oil Company (Libya) ³	44,270	54,362	53,563
10	Sonatrach (Algeria) ³	12,200	159,000	39,379
11	OAO Gazprom (Russia)	0	171,176	29,261
12	OAO Rosneft (Russia)	18,058	28,816	22,984
13	Petronas (Malaysia)	5,520	82,096	19,554
14	ExxonMobil Corporation (United States)	9,215	34,442	15,103
15	OAO Lukoil (Russia)	13,696	23	13,700
16	Egyptian General Petroleum Corp. (Egypt) ²	3,700	58,500	13,700
17	Petroleos Mexicanos (Mexico)	10,676	16,815	13,550
18	BP Corporation (United Kingdom)	5,658	40,388	12,562
19	Petroleo Brasileiro S.A. (Brazil)	10,302	13,039	12,531
20	Royal Dutch/Shell (Netherlands)	4,031	49,055	12,416
21	PetroChina Co. Ltd. (China)	1,123>	63,224	11,934
22	Chevron Corporation (United States)	6,973	26,049	1,426
23	Sonangol (Angola) ³	500	9,600	11,141
24	Petroleum Development Oman LLC (Oman)	5,500	30,000	10,628
25	Total (France)	5,689	26,318	10,188

26	Suncor Energy Inc. (Canada)	6,995	3,387	7,574
27	ConocoPhillips (United States)	3,859	18,965	7,101
28	Petroleos de Ecuador (Ecuador) ³	6,500	282	6,548
29	ENI (Italy)	3,463	17,850	6,514
30	Statoil (Norway)	2,174	18,148	5,276
31	Dubai Petroleum Company (UAE) ³	4,000	4,000	4,684
32	Pertamina (Indonesia) ³	903	20,538	4,414
33	Canadian Natural Resources (Canada)	3,027	3,179	3,570
34	Occidental Petroleum Corp. (United States)	2,366	5,157	3,248
35	Devon Energy Corporation (United States)	1,107	9,757	2,775
36	XTO Energy (United States)	388	12,502	2,525
37	Chesapeake Energy Corp. (United States)	124	3,510	2,433
38	Apache Corp. (United States)	1,067	7,796	2,400
39	Anadarko Petroleum Corp. (United States)	1,010	7,764	2,337
40	Repsol YPF (Spain)	952	7,341	2,206
41	EnCana Corp. (Canada)	77	11,062	1,968
42	Canadian Oil Sands Trust (Canada)	1,900	0	1,900
43	Ecopetrol (Columbia)	1,450	2,439	1,867
44	EOG Resources (United States)	313	8,898	1,834
45	Myanma Oil & Gas Enterprise (Myanmar)	0	10,000	1,709
46	Talisman Energy Ltd. (Canada)	749	5,464	1,683
47	China National Offshore Oil Corp. (China)	667	5,944	1,683
48	BG Group PLC (United Kingdom)	447	6,711	1,594
49	Hess Corp. (United States)	967	2,821	1,449
50	Romanian National Oil Co. (Romania) ²	823	3,550	1,430

¹ Ranked in order of 2009 worldwide oil equivalent reserves as reported in "OGJ 200/100", *Oil & Gas Journal*, September 15, 2010.

² Information from Energy Information Administration Country Analysis Briefings.

³ OPEC member.

Diversamente dalle aziende private, spinte soprattutto dai profitti, le compagnie petrolifere nazionali seguono gli obiettivi dettati dai governi e quindi, molte volte, esprimono gli indirizzi di politica estera. Si pensi alla politica attuata da Putin attraverso Gazprom oppure al blocco antiamericano del governo venezuelano.

In sostanza, gli accordi tra le varie compagnie petrolifere nazionali svelano nuove alleanze, volte a rinsaldare i legami tra i governi coinvolti. I Paesi in deficit, invece, da sempre costruiscono o rafforzano legami con i loro fornitori per migliorare la loro posizione: gli Stati Uniti, ad esempio, hanno per lungo tempo intrattenuto stretti rapporti con i sauditi, la Francia con le ex-colonie francofone.

Queste interessanti relazioni politico-strategiche sono evidenti soprattutto in Kazakistan e nelle altre repubbliche sovietiche del bacino del Mar Caspio ¹³⁶, dove da anni si gioca una partita sulle risorse energetiche ancora disponibili ¹³⁷. Le considerevoli riserve di gas e petrolio della regione (particolarmente abbondanti in Azerbaigian, Kazakhstan e Turkmenistan) costituiscono per l'Europa la più accessibile fonte di approvvigionamento alternativa alla Russia. Negli anni più recenti, anche la Cina ha intensificato le proprie relazioni con i Paesi del bacino caspico ¹³⁸, il cui sviluppo di produttori di risorse energetiche risulta di grande interesse per l'espansione economica del gigante asiatico. I cinesi promossero perfino la nascita di un istituto politico, la *Shangai Cooperation Organization* ¹³⁹, con il fine di portare avanti i propri interessi nell'area.

Gli Stati Uniti iniziarono ad operare nella zona del Caspio all'inizio degli anni Novanta del secolo scorso, subito dopo il collasso dell'URSS. L'amministrazione americana al fine di sottrarre la zona all'influenza russa o iraniana, rafforzò le alleanze con i regimi amici e investì anche un considerevole capitale politico, con scambi diplomatici e una considerevole assistenza militare ed economica.

¹³⁶ Secondo gli studi condotti nel 2005 dalla *British Petroleum-BP* e dalla *Energy Information Administration* (EIA) del Dipartimento di Stato americano, la regione del Mar Caspio rappresenta per il mercato mondiale un'area significativa per la produzione del petrolio, con 1,9 milioni di barili al giorno (bls/day), incluso gas naturale liquido, pari a circa il 2% del totale mondiale.

¹³⁷ Per approfondimenti:

http://www.marina.difesa.it/documentazione/editoria/marivista/Documents/2010/03_mar/DiPlacido.pdf

¹³⁸ La Cina ha notevolmente investito nell'economia kazaka: 8,9 miliardi di dollari in investimenti, un miliardo di dollari in prestiti a basso interesse e circa 6 miliardi per l'acquisto di beni.

¹³⁹ Cfr. <http://www.fmprc.gov.cn/eng/topics/sco/t57970.htm>

Alla luce di quanto detto, negli ultimi anni sono emerse nuove alleanze militari. Non sono veri e propri blocchi militari come la NATO, quanto piuttosto dei “proto blocchi” dal carattere decisamente geopolitico e focalizzati sul Mar Caspio, sul Golfo Persico e sul Pacifico Orientale. Sebbene siano stati costituiti per molteplici motivi, la funzione principale assoluta è quella della sicurezza energetica.

In particolare uno ha un carattere decisamente antiamericano ed è composto da Cina, Russia e dai paesi dell’Asia centrale che appartengono alla *Shanghai Cooperation Organization*; l’altro ruota intorno a Stati Uniti e Giappone ed include anche l’Australia e la Corea del Sud. Entrambi questi blocchi si stanno sviluppando attorno a partnership strette fra potenze chiave, Cina e Russia da un lato, Usa-Giappone dall’altro.

Delle due quella tra americani e giapponesi è sicuramente più solida, grazie anche alla solida presenza di basi americane dislocate sul territorio asiatico.

Il legame tra Cina e Russia, invece, è stato nel corso degli anni caratterizzato da maggiore instabilità: le due potenze comuniste erano alleate nel primo periodo della Guerra fredda per poi dividersi negli anni Sessanta, fondamentalmente per questioni ideologiche. La questione energetica, il terrorismo e l’antiamericanismo hanno poi costituito i valori fondamentali per il loro nuovo riavvicinamento, valori poi che hanno portato anche alla costituzione, nel 1996, della *Shanghai Cooperation Organization*, la quale dal 2007 si è anche dotata di un corpo militare.

Anche la formazione del secondo proto-blocco è stata dettata dalle considerazioni sulla sicurezza energetica. In particolare, sono stati incisivi i timori legati all’emergere della Cina e sulla possibilità che la sua crescita economica potesse minacciare le potenze industriali più mature. Nell’ambito della sicurezza poi si è avvertito il timore che la corsa all’approvvigionamento delle fonti energetiche ancora disponibili avrebbe potuto spingere il gigante asiatico a potenziare la sua capacità militare.

7.4 La strategia d'azione europea nel settore energetico

Il tema dell'efficienza del sistema energetico è al centro di un ampio dibattito politico che vede in prima linea l'Unione europea. I cambiamenti climatici e la necessità di nuove fonti di approvvigionamento hanno infatti generato e imposto l'adozione di nuove direttive strategiche, che trasformino il sistema attuale in uno più sostenibile, non solo da un punto di vista ambientale ma anche economico. La nuova politica energetica europea, che si rivolge al 2020, insiste sulla necessità di strategie fondate sulla cooperazione tra i Paesi membri e finalizzate al raggiungimento dell'efficienza energetica, della riduzione dei gas serra e della diversificazione delle fonti di approvvigionamento.

Alla luce di queste considerazioni, il Consiglio europeo dell'11 e 12 dicembre 2008 ha approvato, nelle sue conclusioni, il piano europeo di ripresa economica, presentato dalla Commissione il 26 novembre 2008, che fissa le modalità secondo le quali gli Stati membri e l'Unione europea possono coordinare le rispettive politiche e dare un nuovo impulso all'economia europea, concentrandosi sugli obiettivi comunitari a lungo termine. Una parte importante del piano di ripresa è costituita dalla proposta di aumentare le spese comunitarie in settori strategici ben definiti, per ridare fiducia agli investitori e contribuire a tracciare la strada verso un'economia più forte per il futuro. Il Consiglio europeo ha chiesto alla Commissione di presentare un elenco di progetti specifici, tenendo conto di un adeguato equilibrio geografico, per rafforzare gli investimenti a favore, in particolare, dello sviluppo di progetti infrastrutturali.

I due recenti documenti programmatici redatti dalla Commissione europea in materia di politica energetica – la “Strategia per un'energia competitiva, sostenibile e sicura” (datata 10 novembre 2010) e il pacchetto sulle “Priorità nel settore delle infrastrutture energetiche” (reso noto il 17 novembre 2010) – sono da considerarsi il frutto di tale strategia integrata volta a far fronte alle complesse sfide che l'Ue si trova di fronte nel settore dell'energia. Per quanto riguarda la nuova strategia messa in atto dalla Commissione, essa parte dal presupposto che è necessario entrare in una fase di attuazione della politica energetica, nella quale sono necessarie scelte coraggiose poiché, come dichiarato nel documento, “il prezzo del fallimento sarebbe troppo alto”. In gioco c'è, infatti, l'attuazione degli obiettivi prioritari della politica energetica europea, contenuti nella cosiddetta strategia “20-20-20”, adottata definitivamente dal Consiglio europeo nel 2007.

Tale strategia mira a ottenere tre obiettivi principali entro il 2020:

- a) riduzione del 20% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990;
- b) aumento dell'efficienza energetica pari al 20% del consumo totale di energia;
- c) incremento della quota del consumo energetico proveniente dalle energie rinnovabili fino al 20% del totale.

Tuttavia, allo stato attuale delle cose appare improbabile che gli obiettivi fissati per il 2020 siano effettivamente raggiunti.

Le ragioni di ciò sono molteplici: innanzitutto, lo stato del mercato interno europeo dell'energia, che appare ancora frammentato e scarsamente competitivo; in secondo luogo, il ritardo negli investimenti e nell'innovazione tecnologica. Infine, la sicurezza degli approvvigionamenti energetici, messa sotto i riflettori dalle tensioni russo-ucraine del 2006 e del 2009 e destinata a farsi ancora più urgente a causa delle accresciute esigenze delle economie emergenti – in primis quella cinese – destinate ad assorbire una quantità di energia in costante aumento nel prossimo futuro.

Per far fronte a questa situazione, l'Ue ha deciso di muoversi lungo due direttrici, una interna e l'altra esterna. Sul piano interno, le priorità riguardano l'efficienza energetica e il risparmio di energia, da perseguirsi in molteplici modi. In primo luogo, attraverso l'innovazione tecnologica, in particolare puntando sulle energie rinnovabili; in secondo luogo, attraverso provvedimenti legislativi volti a promuovere il risparmio di energia (in primis nel settore delle costruzioni e dei trasporti); infine, attraverso un'opera di sensibilizzazione e informazione dei consumatori sull'importanza del risparmio energetico. Sul piano esterno, l'obiettivo principale della Ue rimane la diversificazione degli approvvigionamenti, con "l'obiettivo implicito" di ridurre la dipendenza dalla Russia per quanto riguarda le forniture di gas. In questo caso la politica portata avanti dalla Ue consiste in una strategia diplomatica volta a promuovere "dialoghi regionali" e accordi bilaterali con i Paesi produttori di energia.

Al fine di delineare un quadro esaustivo della situazione attuale si analizzerà ora in dettaglio la linea strategica e gli obiettivi ritenuti primari dall'Ue.

7.4.1 Le direttrici strategiche dell'Unione europea

L'Unione europea, fin dall'epoca della propria fondazione, ha avvertito l'esigenza di adottare un approccio comune nel settore energia; basta ricordare il trattato del 1952 con il quale si è istituita la CECA (Comunità europea del carburante e dell'acciaio) e il trattato EURATOM del 1957. È proprio così, il settore energia è da sempre oggetto di un piano che l'Ue ha intrapreso tempo fa e sul quale continua a lavorare ritenendo che l'energia in tutte le sue forme costituisca un elemento fondamentale per il sistema produttivo e sociale dell'Europa e per le esigenze degli utenti che vivono all'interno dei suoi confini.

Sicuramente oggi i mercati energetici e le considerazioni geopolitiche sono notevolmente cambiati, di conseguenza l'esigenza di un'azione comunitaria è più pressante che mai. D'altra parte, la definizione di una strategia d'azione europea in campo energetico è ormai ineluttabile, anche perché, in caso contrario, gli obiettivi dell'Unione europea in altre aree, tra cui la Strategia di Lisbona e gli obiettivi di sviluppo del millennio, sarebbero più difficili da conseguire.

Il primo passo compiuto per dar vita ad una strategia d'azione europea in campo energetico è stato l'adozione del Libro Verde¹⁴⁰, varato nel novembre del 2000. Quest'ultimo si inserisce nel quadro delle risposte coerenti, necessariamente europee e non più nazionali, che l'Unione europea ha tentato di fornire in risposta alle molte sfide del futuro in campo energetico e individua i principi fondamentali della nuova politica energetica europea.

Da sempre si è a conoscenza di quanto l'energia costituisca un elemento fondamentale per il funzionamento dell'Europa. Ciò risulta particolarmente vero sin da quando i giorni dell'energia a buon mercato sembrano essere ormai finiti: tutti i Paesi membri dell'Unione europea devono adesso affrontare le sfide poste dai cambiamenti climatici, dalla crescente dipendenza dalle importazioni¹⁴¹ e dai prezzi più elevati dell'energia.

Inoltre tale esigenza è accentuata dalle forte interdipendenza degli Stati membri comunitari, in materia di energia come in numerosi altri settori. Nel febbraio del 2006 la Commissio-

¹⁴⁰ Il Libro Verde del 2000 delinea una strategia energetica in ambito europeo a lungo termine che tenda a riequilibrare la politica dell'offerta e a contenere la domanda; avviare un'analisi sul contributo a medio termine dell'energia nucleare e prevedere un dispositivo rafforzato di scorte strategiche e nuove vie di importazione per gli idrocarburi, settore caratterizzato dall'aumento delle importazioni. Cfr. COMMISSIONE EUROPEA (2000), *Libro Verde verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico*, COM(2000) 769 definitivo – Non pubblicato nella Gazzetta ufficiale.

¹⁴¹ A. Checchi, dossier "La politica economica", gennaio 2009 n.109.

ne europea ha quindi presentato il *Libro Verde per una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura* ¹⁴², che definisce i principali obiettivi della nuova politica energetica europea, che sono:

- la sostenibilità;
- la competitività;
- la sicurezza dell'approvvigionamento.

La sostenibilità

La *sostenibilità* per l'Ue significa lottare attivamente contro il cambiamento climatico, promuovendo le fonti di energia rinnovabili e l'efficienza energetica. L'energia è all'origine dell'80% di tutte le emissioni di gas serra nell'Ue ¹⁴³, ed è alla base dei cambiamenti climatici e, in massima parte, dell'inquinamento atmosferico. L'Ue si è impegnata ad affrontare questa problematica riducendo le emissioni per portarle ad un valore che limiterebbe l'aumento delle temperature mondiali a 2 °C rispetto ai livelli preindustriali. Tuttavia, con le politiche vigenti in materia di energia e trasporti, le emissioni di CO₂ nell'Ue, invece di diminuire, aumenterebbero di circa il 5% da qui al 2030 e le emissioni mondiali aumenterebbero del 55%. Le attuali politiche energetiche dell'Unione europea in materia di energia non sono sostenibili.

La competitività

La *competitività* vuol dire migliorare l'efficacia della rete europea tramite la realizzazione del mercato interno dell'energia. L'Ue risente sempre più degli effetti della volatilità dei prezzi, degli aumenti di prezzo nei mercati energetici internazionali e delle conseguenze della graduale concentrazione delle riserve di idrocarburi nelle mani di pochi. I potenziali effetti sono considerevoli: se, per esempio, il petrolio aumentasse a 100 \$ il barile nel

¹⁴² Cfr. COMMISSIONE EUROPEA (2006), *Libro Verde per una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura*, COM(2006) 105 definitivo – Non pubblicato nella Gazzetta ufficiale.

¹⁴³ Fonte: Agenzia europea dell'Ambiente. Altri dati provengono dalla Commissione europea, se non diversamente specificato.

2030, la fattura delle importazioni totali di energia dell'Ue aumenterebbe di circa 170 miliardi, equivalente ad un aumento annuo pari a 350 euro per ciascun cittadino ¹⁴⁴. Solo una minima parte di questo trasferimento di ricchezza risulterebbe in posti di lavoro supplementari nell'Unione europea. Previa l'istituzione della politica e dei quadri legislativi adeguati, il mercato interno dell'energia potrebbe incentivare prezzi e risparmi energetici equi e competitivi, nonché maggiori investimenti.

Tuttavia, non sono ancora riunite tutte le condizioni necessarie e ciò impedisce ai cittadini e all'economia dell'Unione europea di beneficiare pienamente dei vantaggi della liberalizzazione dell'energia. Occorre stabilire un orizzonte di più lungo termine per le restrizioni sulle emissioni di carbonio al fine di incentivare gli investimenti necessari nel settore dell'elettricità. Il rafforzamento degli investimenti, in particolare a favore dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili, dovrebbe creare posti di lavoro e promuovere l'innovazione e l'economia della conoscenza nell'Ue. L'Unione europea è già il leader mondiale nel settore delle energie rinnovabili con un fatturato di 20 miliardi di euro e 300 mila posti di lavoro ¹⁴⁵. L'Unione europea possiede il potenziale per guidare il mercato mondiale delle tecnologie energetiche a basse emissioni di carbonio verso una rapida crescita. Nel settore dell'energia eolica, ad esempio, le imprese Ue dominano il 60% del mercato mondiale. La volontà dell'Europa di continuare a guidare la lotta mondiale contro i cambiamenti climatici offre la possibilità di orientare meglio i programmi di ricerca mondiali. Occorre mantenere tutte le opzioni al fine di garantire lo sviluppo di tecnologie emergenti. Nello stesso tempo, in tutte le fasi della concezione e dell'attuazione delle singole misure, si deve tenere conto della dimensione sociale della politica energetica europea. Questa politica dovrebbe contribuire in generale alla crescita e all'occupazione in Europa sul lungo termine, ma potrebbe avere un impatto considerevole su alcuni prodotti e processi del commercio internazionale, in particolare per i settori industriali ad alta intensità energetica.

La sicurezza dell'approvvigionamento

La *sicurezza dell'approvvigionamento* è necessaria per coordinare meglio l'offerta e la domanda interna di energia dell'Unione europea nel contesto internazionale. L'Europa di-

¹⁴⁴ Tasso di cambio considerato di 1,25 dollari per euro rispetto ad un prezzo del petrolio di 60 dollari (valore attuale) nel 2030.

¹⁴⁵ Consiglio europeo sulle energie rinnovabili "Renewable Energy Targets for Europe: 20% by 2020".

pende sempre più dalle importazioni di idrocarburi. Se si manterranno le tendenze attuali la sua dipendenza dalle importazioni di energia passerebbe dal 50% del consumo energetico totale attuale dell'Ue al 65% nel 2030. La dipendenza dalle importazioni di gas dovrebbe aumentare dal 57% all'84% entro il 2030 e dalle importazioni di petrolio dall'82% al 93%. Questa dipendenza comporta rischi politici ed economici in quanto la pressione sulle risorse energetiche mondiali è particolarmente forte. L'internazionale dell'energia (AIE) prevede che la domanda mondiale di petrolio aumenterà del 41% da qui al 2030. Non si sa come questa domanda sarà soddisfatta: l'AIE nell'edizione del 2006 del suo "*World Energy Outlook*" dichiara che la capacità e la volontà dei maggiori produttori di gas naturale e petrolio di aumentare gli investimenti per far fronte alla crescente domanda sono del tutto incerte ¹⁴⁶.

Aumenta contemporaneamente anche il rischio di un'interruzione dell'approvvigionamento. Oltretutto non esistono ancora i meccanismi che garantiscono la solidarietà tra gli Stati membri qualora si verifici una crisi energetica e vari Stati membri dipendono, in larga misura o completamente, da un unico fornitore di gas. Nello stesso tempo, la domanda di energia elettrica dell'Ue, ipotizzando una situazione stabile, aumenta di circa 1,5% l'anno. Anche in presenza di un'adeguata politica in materia di efficienza energetica, per la sola produzione saranno necessari, nei prossimi 25 anni, investimenti pari a 900 miliardi di euro. La prevedibilità e i mercati interni del gas e dell'elettricità efficaci, che ancora non esistono, sono indispensabili per realizzare gli investimenti a lungo termine necessari.

Nello stesso tempo, in tutte le fasi della concezione e dell'attuazione delle singole misure, si deve tenere conto della dimensione sociale della politica energetica europea. Questa politica dovrebbe contribuire in generale alla crescita e all'occupazione in Europa sul lungo termine, ma potrebbe avere un impatto considerevole su alcuni prodotti e processi del commercio internazionale, in particolare per i settori industriali ad alta intensità energetica.

7.4.2 La politica energetica europea

Nel 2007 la Commissione europea ha presentato al Parlamento e al Consiglio europeo il Piano d'azione per l'attuazione della politica energetica nella Comunicazione "*Una politica*

¹⁴⁶ "*World Energy Outlook 2006*" dell'AIE.

*energetica per l'Europa*¹⁴⁷ che sia ambiziosa, competitiva, a lungo termine e a beneficio di tutti gli europei.

Il punto di partenza di una politica energetica europea comporta tre aspetti diversi: lotta contro i cambiamenti climatici, limitazione della vulnerabilità esterna dell'Ue nei confronti delle importazioni di idrocarburi e promozione dell'occupazione e della crescita, in modo da fornire ai consumatori un'energia sicura a prezzi accessibili. Alla luce dei numerosi contributi pervenuti durante il periodo di consultazione sul suo Libro verde¹⁴⁸, la Commissione propone, nella presente analisi strategica della situazione energetica, che la politica energetica si fondi sugli elementi seguenti:

- un obiettivo per l'Unione europea, nei negoziati internazionali, di ridurre del 30% le emissioni di gas serra da qui al 2020 (rispetto ai livelli del 1990); inoltre le emissioni di gas serra a livello mondiale dovranno, da qui al 2050, essere ridotte del 50% rispetto al 1990 e ciò presuppone riduzioni che vanno dal 60 all'80% nei paesi industrializzati nello stesso periodo;
- un impegno da parte dell'Ue di conseguire comunque una riduzione di almeno 20% dei gas serra nel 2020 rispetto ai valori del 1990.

Il rispetto dell'impegno preso dall'Ue di agire subito sui gas serra dovrebbe essere al centro della nuova politica energetica europea per tre motivi: (i) le emissioni di CO₂ dovute all'utilizzazione dell'energia costituiscono l'80% delle emissioni di gas serra nell'Ue, ridurre le emissioni significa utilizzare meno energia e utilizzare più energia pulita prodotta a livello locale; (ii) limitare la crescente esposizione dell'Ue alla volatilità e all'aumento dei prezzi del petrolio e del gas e (iii) promuovere l'istituzione di un mercato energetico più competitivo a livello dell'Ue, incentivare l'innovazione e le tecnologie e promuovere l'occupazione.

Considerati nell'insieme, questo obiettivo strategico e le misure concrete per conseguirlo rappresentano il nucleo centrale di una nuova politica energetica europea. Tale obiettivo strategico richiede di trasformare l'Europa in un'economia ad elevata efficienza energetica. La sfida consiste nel farlo in un modo che ottimizzi gli incrementi di competitività potenziali

¹⁴⁷ Cfr. COMMISSIONE EUROPEA (2007), *Una politica energetica per l'Europa*, COM(2007) 1 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles.

¹⁴⁸ *Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura*, COM(2006) 105 def. dell'8 marzo 2006; Documento di lavoro dei servizi della Commissione, relazione di sintesi dell'analisi del dibattito sul Libro verde *Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura*, SEC(2006) 1500.

per l'Europa e limiti i potenziali costi. Nessun elemento della politica può apportare da solo tutte le risposte e per questo i vari aspetti devono essere considerati nel loro insieme.

Si tratterà per gli Stati membri di approvare una visione strategica e un piano d'azione per i prossimi anni al preciso scopo di procedere verso un'alleanza internazionale di Paesi sviluppati al fine, quanto meno, di ridurre le emissioni globali dei gas serra del 30% entro il 2020 e contribuire in modo significativo alla riduzione delle emissioni dei gas serra nell'Ue di 20% da qui al 2020.

Il nuovo programma della politica energetica europea identifica sei aree prioritarie di intervento per far fronte ai cambiamenti climatici, all'aumento della dipendenza europea dalle importazioni di energia, alla concentrazione delle riserve in pochi Paesi, ai prezzi crescenti e al bisogno di ingenti investimenti.

Le aree d'intervento individuate dall'Unione europea sono dunque riassumibili nelle seguenti azioni (che consentano all'Ue di diventare un'economia della conoscenza a basse emissioni di carbonio e che renderanno più sicuro l'approvvigionamento energetico e contribuiranno a rafforzare gradualmente la competitività):

- 1) completamento del mercato unico;
- 2) tutela della sicurezza degli approvvigionamenti e promozione della solidarietà tra gli Stati membri;
- 3) orientamento della politica energetica europea;
- 4) definizione di un approccio integrato;
- 5) promozione dell'innovazione;
- 6) definizione di una politica energetica estera.

1) Completamento del mercato unico

Il completamento del mercato unico dell'energia elettrica e del gas naturale è tale da assicurare crescita economica ed occupazione in Europa. Un vero mercato interno dell'energia è indispensabile per conseguire i tre obiettivi dell'Europa: competitività; sostenibilità; sicurezza dell'approvvigionamento.

La CE ha già adottato una serie di misure ¹⁴⁹ destinate ad istituire un mercato interno dell'energia che offra veramente delle opzioni a tutti i consumatori dell'Ue, cittadini o imprese, nuovi sbocchi alle imprese e più scambi transfrontalieri. La comunicazione sul mercato interno dell'energia ¹⁵⁰ e la relazione finale sull'indagine settoriale in materia di concorrenza dimostrano che le regole e le misure attuali non hanno ancora consentito di conseguire questi obiettivi.

Occorre adottare una serie coerente di misure al fine di istituire entro tre anni una Rete europea del gas e dell'elettricità e istituire un mercato energetico veramente concorrenziale su scala europea.

A tal fine, la Commissione ha stabilito i requisiti seguenti:

- separazione (unbundling);
- regolamentazione efficace;
- trasparenza;
- sicurezza delle reti;
- energia in qualità di servizio pubblico.

2) Sicurezza degli approvvigionamenti e promozione della solidarietà tra gli Stati membri.

Il mercato interno dell'energia rafforza l'interdipendenza degli Stati membri in materia di approvvigionamento di elettricità e di gas. Nonostante gli obiettivi stabiliti in materia di efficienza energetica e di utilizzazione di fonti di energia rinnovabili, il petrolio e il gas continueranno a soddisfare oltre la metà del fabbisogno energetico dell'Unione, determinando una forte dipendenza dalle importazioni in entrambi i settori. La produzione di elettricità si baserà in larga misura sul gas. In assenza di progressi tecnologici straordinari, il petrolio manterrà una posizione dominante nel settore dei trasporti. La sicurezza dell'approvvigionamento di questi due combustibili resterà, pertanto, fondamentale per l'economia dell'Ue.

¹⁴⁹ Tra cui le seconde direttive concernenti l'apertura del mercato, i regolamenti destinati ad armonizzare le norme tecniche necessarie per consentire il funzionamento degli scambi transfrontalieri e le direttive concernenti la sicurezza dell'approvvigionamento.

¹⁵⁰ Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo e al Consiglio sulle prospettive del mercato interno del gas e dell'elettricità, COM(2006) 841.

L'Unione europea vanta solidi e fruttuosi rapporti con i fornitori di gas tradizionali all'interno dello Spazio economico europeo (SEE), in particolare la Norvegia; all'esterno, in particolare la Russia e l'Algeria, e confida nel rafforzamento di tali rapporti in futuro. Tuttavia per l'Ue è importante promuovere la diversità in termini di fonti di approvvigionamento, fornitori, itinerari di trasporto e metodi di trasporto. Occorre inoltre istituire meccanismi adeguati per garantire la solidarietà tra Stati membri in caso di crisi energetica, tanto più che vari Stati membri dipendono, in larga misura o completamente, da un unico fornitore di gas.

La sicurezza energetica dovrebbe essere incentivata in diversi modi. Occorrono misure per aiutare gli Stati membri, che dipendono in misura eccessiva da un unico fornitore di gas, a diversificare le loro fonti di approvvigionamento. Occorrerà elaborare progetti per trasportare il gas proveniente da altre regioni, istituire nuovi "hub" (snodi) del gas in Europa centrale e nei paesi Baltici, avvalersi in modo più adeguato delle possibilità di stoccaggio strategico ed agevolare la costruzione di nuovi terminali di gas naturale liquefatto. I considerevoli investimenti in capacità di stoccaggio e condotte nuove, necessarie per garantire un livello più elevato di sicurezza, devono essere valutati rispetto ai costi che ciò comporterebbe per i consumatori.

3) *Orientamento della politica energetica europea*

Si prospetta un orientamento della politica energetica europea verso un *mix* di fonti di energia più sostenibile, efficiente e diversificato. Nel 1997 l'Unione europea ha iniziato ad adottare misure affinché la percentuale di energia derivante da fonti rinnovabili arrivasse, entro il 2010, al 12% dell'insieme di fonti energetiche utilizzate, percentuale che costituiva un raddoppio rispetto ai livelli del 1997. Da allora la produzione di energia da fonti rinnovabili è aumentata del 55%, ma l'Ue probabilmente non conseguirà l'obiettivo che si era prefissata ¹⁵¹. La quota dell'energia da fonti rinnovabili non ha superato il 10% nel 2010. Il motivo principale del mancato conseguimento degli obiettivi stabiliti in materia di energia rinnovabile – oltre ai costi attualmente più elevati delle fonti di energia rinnovabili rispetto alle fonti di energia "tradizionali" – è l'assenza di un quadro strategico coerente ed efficace nell'Unione europea e di una visione di lungo termine stabile. Per questi motivi, solo pochi Stati membri hanno realizzato veri progressi in questo settore e non è stato possibile con-

¹⁵¹ A. PIGLIA, *Energie rinnovabili. Un sogno nel cassetto?*, Fabiano 2008.

seguire la massa critica necessaria per generalizzare la produzione di energia a partire da fonti rinnovabili che adesso è confinata in alcuni settori economici.

La politica in materia di energie rinnovabili deve raccogliere una sfida: occorre trovare il giusto equilibrio tra installare, oggi, grandi capacità di produzione e attendere che i ricercatori trovino, domani, soluzioni adeguate per ridurre i costi. Nella ricerca di questo equilibrio occorre tenere conto che: oggi l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili è generalmente più costoso dell'uso degli idrocarburi, ma lo scarto si sta riducendo, soprattutto se tiene conto anche dei costi dei cambiamenti climatici; le economie di scala possono determinare una riduzione dei costi delle energie rinnovabili ¹⁵² ma ciò richiede oggi importanti investimenti; le energie rinnovabili contribuiscono a migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico dell'Ue aumentando la parte di energia "domestica", diversificano il *mix* energetico e le fonti delle importazioni, aumentano la quota di energie provenienti da regioni politicamente stabili e creano nuovi posti di lavoro in Europa.

Alla luce delle informazioni pervenute nel corso della consultazione pubblica e della valutazione d'impatto, la Commissione europea propone nella sua tabella di marcia per le fonti di energia rinnovabili di assumere l'impegno di portare la quota delle fonti di energia rinnovabili nel *mix* energetico complessivo dell'Ue da meno 7% (attualmente) a 20% entro il 2020. Gli obiettivi per il dopo 2020 sarebbero valutati alla luce dei progressi tecnologici realizzati ¹⁵³.

4) Definizione di un approccio integrato

È necessaria la definizione di un approccio integrato per affrontare i cambiamenti climatici esterni, in quanto consentono al mercato di stabilire le modalità di reazione più efficaci e meno costose. In particolare, nella comunicazione *Limiting Climate Change to 2° - Policy Options for the EU and the world for 2020 and beyond* ¹⁵⁴, la Commissione ha spiegato che il meccanismo di scambio dei diritti di emissione è e deve rimanere un meccanismo

¹⁵² Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo e al Consiglio "Renewable Energy Roadmap: Renewable Energies in the 21st century; building a sustainable future", COM(2006) 848.

¹⁵³ L. PAGANETTO (2007), *Rischio energia. Efficienza energetica e ruolo dei consumatori*, Donzelli, Roma.

¹⁵⁴ Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo, COM(2007) 2.

chiave per incentivare le riduzioni di emissioni di carbonio e che potrebbe essere utilizzato come base per le iniziative internazionali di lotta contro i cambiamenti climatici.

La Commissione sta attualmente riesaminando il sistema comunitario di scambio dei diritti di emissione affinché tutte le sue possibilità possano essere sfruttate in modo ottimale: ciò è fondamentale per creare gli incentivi necessari per indurre dei cambiamenti nei modi di produzione e di consumo dell'energia in Europa.

Per i cittadini europei, l'efficienza energetica è l'elemento saliente di una politica energetica europea. Il miglioramento dell'efficienza energetica può contribuire notevolmente allo sviluppo sostenibile, alla competitività e alla sicurezza dell'approvvigionamento.

Il 19 ottobre 2006 la Commissione ha adottato un Piano d'azione per l'efficienza energetica ¹⁵⁵ le cui misure specifiche dovrebbero permettere all'Ue di imboccare la strada giusta per conseguire l'obiettivo chiave consistente a ridurre, da qui al 2020, del 20% il consumo globale di energia primaria. In caso di successo, l'Ue dovrebbe riuscire a consumare quasi il 13% di energia in meno rispetto a oggi, con un risparmio di 100 miliardi di euro e di circa 780 miliardi di tonnellate di CO₂ l'anno. Ciò richiederà sforzi notevoli in termini di cambiamento di comportamenti, ma anche di investimenti supplementari.

5) Promozione dell'innovazione

La promozione dell'innovazione è concretizzabile mediante la definizione di un piano strategico europeo per le tecnologie energetiche. L'Europa persegue due obiettivi principali in materia di tecnologie energetiche: ridurre il costo delle energie pulite e fare in modo che l'industria europea conquisti una posizione di punta nel settore delle tecnologie a basse emissioni di carbonio, in rapida crescita.

Per realizzare questi obiettivi la Commissione ha proposto nel 2007 un piano strategico europeo per le tecnologie energetiche. Questo piano si baserà su una visione a lungo termine al fine di raccogliere la sfida di passare ad un sistema energetico a basse emissioni di carbonio, tutelando nel contempo la competitività. Immaginiamo per il futuro un'Europa

¹⁵⁵ Piano d'azione per l'efficienza energetica: concretizzare le potenzialità, COM(2006) 545 del 19 ottobre 2006.

che vanta un'economia energetica fiorente e sostenibile, che ha sfruttato tutte le opportunità legate ai pericoli dei cambiamenti climatici e della mondializzazione, che gode di una posizione di primo piano in un insieme diversificato di tecnologie energetiche, pulite ed efficaci e a basse emissioni ed è diventata un motore di prosperità, crescita e creazione di posti di lavoro. Affinché questa visione diventi realtà, l'Unione europea deve agire rapidamente e in maniera concertata, concordando e attuando un piano strategico europeo per le tecnologie energetiche, dotato di risorse realistiche.

Nell'ambito del Settimo programma quadro di ricerca, nell'Ue la spesa annuale per le ricerche nel settore dell'energia dovrebbe aumentare del 50% nel corso dei prossimi sette anni, ma ciò non basterà a garantire i progressi necessari. Il piano tecnologico deve essere ambizioso, deve coordinare meglio le spese a livello comunitario e nazionale e stabilire obiettivi chiari, con tabelle di marcia (*roadmaps*) e tappe fondamentali (*milestones*) ben definite. Dovrebbe avvalersi di tutti gli strumenti comunitari disponibili, tra cui le "iniziative tecnologiche congiunte" e l'Istituto europeo della tecnologia. Considerando i vantaggi e gli inconvenienti delle varie fonti energetiche, l'energia nucleare è una delle fonti di energia a basse emissioni di carbonio meno costose attualmente disponibili nell'Unione europea e i suoi costi sono relativamente stabili ¹⁵⁶. La prossima generazione di reattori nucleari dovrebbe permettere di ridurre ulteriormente questi costi anche se la tragedia di Fukushima in Giappone, nel 2011, ha riaperto il dibattito mondiale sulla sicurezza del nucleare, rallentando la realizzazione di nuovi progetti di investimento.

6) *Definizione di una politica energetica estera*

L'Unione europea non può conseguire da sola gli obiettivi fissati in materia di energia e di cambiamenti climatici. In futuro l'Ue sarà all'origine solo del 15% delle nuove emissioni di CO₂ e, da qui al 2030, secondo i nuovi obiettivi, l'Ue consumerà meno del 10% dell'energia mondiale. Pertanto le sfide della sicurezza dell'approvvigionamento energetico e dei cambiamenti climatici non potranno essere raccolte dalla Comunità europea o dai suoi Stati membri individualmente. L'Ue deve collaborare con i Paesi sviluppati e quelli in

¹⁵⁶ Secondo il "World Energy Outlook" dell'EIA le nuove centrali nucleari potrebbero produrre elettricità ad un costo compreso tra 4,9 e 5,7 centesimi di dollaro per kWh (da 3,9 a 4,5 centesimi di euro al tasso di cambio vigente a metà novembre 2006) a condizione che i rischi legati alla costruzione e all'esercizio siano attenuati; in tali condizioni, con un costo di 10 dollari per tonnellata di CO₂ emessa, il nucleare è competitivo rispetto alle centrali a carbone.

via di sviluppo, nonché con i consumatori e i produttori di energia, per garantire un'energia competitiva, sostenibile e sicura.

L'Unione europea e gli Stati membri devono perseguire questi obiettivi esprimendosi con "una voce sola" e istituendo delle vere e proprie partnership per tradurre questi obiettivi in una politica esterna coerente. L'energia deve in effetti diventare un elemento centrale di tutte le relazioni esterne dell'Unione europea; si tratta infatti di un fattore cruciale di sicurezza geopolitica, stabilità economica, sviluppo sociale e un elemento centrale delle attività internazionali destinate a lottare contro i cambiamenti climatici. L'Ue deve pertanto stabilire, nel settore dell'energia, rapporti fruttuosi con tutti i suoi partner internazionali, basati sulla fiducia reciproca, la cooperazione e l'interdipendenza. Ciò presuppone rapporti di ampia portata geografica e profondi, sulla base di accordi che comportano disposizioni importanti in materia energetica.

7.4.3 Riesame strategico complessivo di medio e lungo termine della politica energetica europea: il Piano d'azione dell'Ue per la sicurezza e la solidarietà nel settore energetico

Di fronte all'evoluzione mondiale, l'Ue deve adoperarsi per garantire il proprio futuro energetico e per tutelare i propri interessi essenziali in materia di energia; deve intensificare gli sforzi per mettere a punto una vera e propria politica esterna dell'energia, per cercare di esprimersi ad una sola voce, per individuare le infrastrutture di importanza strategica per la propria sicurezza energetica e provvedere alla loro costruzione, e infine per esplicitare un'azione coerente di rafforzamento dei partenariati con i principali fornitori di energia, i Paesi di transito e i consumatori.

Dovrebbe inoltre sfruttare appieno le potenzialità degli oceani e dei mari per la generazione di energia, adattare rapidamente il proprio sistema di trasporto e muoversi risolutamente in direzione dell'interconnessione del mercato europeo dell'energia. La prima priorità a questo riguardo consiste nell'adottare e attuare il prima possibile il c.d. *Green package* o "pacchetto 20-20-20"¹⁵⁷. Per completarlo, la Commissione propone, come elemento cen-

¹⁵⁷ Il *Green Package*, proposto dalla Commissione europea a gennaio 2008 sulla base degli accordi presi dal Consiglio europeo del marzo 2007, è articolato in quattro Direttive che dovranno essere implementate dagli Stati membri entro dicembre 2010, ovvero:

trale del secondo riesame strategico della politica energetica e ad integrazione delle misure finora proposte, un Piano d'azione dell'Ue per la sicurezza e la solidarietà nel settore energetico, finalizzato alla completa realizzazione dei tre obiettivi fondamentali della politica energetica dell'Ue. Inoltre, il presente riesame strategico vuole essere una piattaforma per l'avvio della prossima fase della politica energetica europea, nella quale l'Ue inizierà ad abbozzare una risposta alle sfide che si preannunciano per il periodo 2020-2050.

La Commissione propone un Piano d'azione dell'Ue per la sicurezza e la solidarietà nel settore energetico ¹⁵⁸ in cinque punti, imperniato sulle seguenti priorità:

- fabbisogno di infrastrutture e diversificazione degli approvvigionamenti energetici;
- relazioni esterne nel settore energetico;
- scorte di gas e petrolio e meccanismi anticrisi;
- efficienza energetica;
- uso ottimale delle risorse energetiche endogene dell'Ue.

Creare l'infrastruttura necessaria al fabbisogno energetico dell'Ue

Mentre il mercato petrolifero è un mercato internazionale liquido, l'approvvigionamento di gas dipende prevalentemente da un'infrastruttura fissa di gasdotti. Le importazioni rappre-

-
- una Direttiva che istituisce obiettivi nazionali vincolanti riguardanti l'aumento della percentuale di fonti rinnovabili nell'ambito del *mix* energetico (Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle Direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE);
 - una Direttiva che rivede il sistema dell'Unione europea di scambio delle quote di emissione (EU ETS) che riguarda il 40% circa delle emissioni di gas serra dell'Unione europea (Direttiva 2009/29/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 che modifica la Direttiva 2003/87/CE al fine di perfezionare ed estendere il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra);
 - una Decisione sulla "condivisione degli oneri" che fissa obiettivi nazionali vincolanti per le emissioni dei settori che non rientrano nel sistema EU ETS comunitario (Decisione della Commissione europea del 24 dicembre 2009 che determina, a norma della Direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, un elenco dei settori e dei sottosettori ritenuti esposti a un rischio elevato di rilocalizzazione delle emissioni di carbonio);
 - una Direttiva che istituisce un quadro giuridico finalizzato a garantire un utilizzo sicuro e compatibile con l'ambiente delle tecnologie di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica (Direttiva 2009/31/CE).

Per un approfondimento del *Green Package* si veda AEEG (2010), *Relazione annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta*, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per l'Informazione e l'Editoria, Roma; si consulti inoltre il sito http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy

¹⁵⁸ Sull'argomento si veda COMMISSIONE EUROPEA (2008), *Secondo riesame strategico della politica energetica – Piano d'azione dell'Unione europea per la Sicurezza e la Solidarietà nel Settore Energetico*, COM(2008) 781 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles.

sentano attualmente il 61% del consumo interno lordo di gas dell'Ue; di queste importazioni, il 42% proviene dalla Russia, il 24% dalla Norvegia, il 18% dall'Algeria e il 16% da altri paesi, per lo più sotto forma di GNL. Con il progressivo calo della produzione interna dell'Ue, la percentuale di gas importato dovrebbe aumentare, entro il 2020, dall'attuale 61% al 73%.

A livello Ue, la situazione degli approvvigionamenti appare sufficientemente diversificata. A livello nazionale, invece, alcuni Stati membri dipendono, per ragioni storiche, da un unico fornitore per il 100% del loro fabbisogno di gas. L'interconnessione e la solidarietà nell'ambito del mercato interno non solo costituiscono caratteristiche intrinseche di un sistema di mercato integrato, ma sono parimenti indispensabili per ripartire e ridurre i rischi individuali. L'Ue deve pertanto adoperarsi, con provvedimenti concreti, affinché tali mercati diversifichino sempre più le loro fonti di approvvigionamento di gas.

Inoltre, per poter realizzare gli obiettivi 20-20-20 in modo da garantire l'approvvigionamento di gas e di elettricità ad ogni cittadino dell'Ue, saranno necessari, nei prossimi anni e decenni, sostanziali cambiamenti delle infrastrutture energetiche interne, nonché condizioni quadro trasparenti e affidabili sia all'interno dell'Ue, sia nelle relazioni con i Paesi terzi, tali da indurre gli operatori economici a cogliere nuove opportunità di investimento. Occorre, a livello comunitario, un atteggiamento risoluto per catalizzare questi sviluppi. La Commissione propone pertanto di riconoscere come priorità comunitarie i seguenti sei interventi infrastrutturali prioritari.

1. collegare i mercati energetici tuttora isolati in Europa è indubbiamente una priorità;
2. la realizzazione di un corridoio meridionale di trasporto del gas è necessaria per l'adduzione del gas dal Medio Oriente e dalla regione del Caspio, potenziali fonti di approvvigionamento di una parte cospicua del futuro fabbisogno dell'Ue. Questa è una delle massime priorità dell'Ue in fatto di sicurezza energetica. La Commissione e gli Stati membri devono lavorare di concerto con i Paesi interessati, in particolare con partner quali l'Azerbaigian e il Turkmenistan, l'Iraq e i Paesi del Mashreq, tra gli altri, con il comune intento di addivenire in breve tempo ad impegni fermi per la fornitura di gas e la costruzione dei necessari gasdotti;
3. il gas naturale liquefatto e un adeguato stoccaggio del gas sono importanti ai fini della diversificazione e della liquidità del mercato europeo del gas;

4. occorre completare l'anello mediterraneo dell'energia, collegando l'Europa con la sponda meridionale del Mediterraneo attraverso interconnessioni di gas ed elettricità. La Commissione presenterà una comunicazione sull'anello mediterraneo tratteggiando un piano per il completamento dei collegamenti mancanti, comprensivo di importanti progetti volti a diversificare gli approvvigionamenti esterni di energia dell'Ue, tra cui i futuri collegamenti con l'Iraq, il Medio Oriente e l'Africa sub sahariana;
5. le interconnessioni nord-sud di gas ed elettricità nell'Europa centrale e sudorientale devono essere sviluppate in via prioritaria, portando avanti in particolare l'iniziativa Nuovo Sistema Europeo di Trasmissione (NETS) che prevede di costituire un gestore comune della rete di trasmissione del gas;
6. in accordo con le attività del coordinatore europeo e con la comunicazione sull'energia eolica *off-shore*, presentata dalla Commissione contemporaneamente al presente riesame strategico, si dovrebbe elaborare una bozza di rete di trasmissione *off-shore* nel Mare del Nord per collegare tra loro le reti nazionali di elettricità dell'Europa nord occidentale e inserirvi i numerosi progetti previsti in materia di energia eolica *off-shore*. Essa dovrebbe diventare, insieme all'anello Mediterraneo e al progetto d'interconnessione del Baltico, uno dei pilastri di una futura super-rete europea.

Si dovrà cercare una più stretta e fattiva collaborazione con il settore privato e le istituzioni finanziarie, in particolare la Banca europea per gli investimenti e la Banca europea per la ricostruzione e lo sviluppo, al fine di ottenere i necessari finanziamenti, specialmente per i progetti transfrontalieri. L'insieme di queste attività si iscrive pienamente nella risposta dell'Ue all'attuale crisi finanziaria, da cui l'opportunità di dare un colpo di acceleratore alla loro messa in opera, come auspicato nella recente comunicazione della Commissione, tra l'altro al fine di promuovere l'occupazione e compensare il crollo della domanda. La Commissione ritiene tuttavia che gli strumenti esistenti siano insufficienti per compiere ulteriori, rapidi progressi. In primo luogo, l'Ue deve riconoscere che i progetti summenzionati rappresentano delle priorità per la sicurezza energetica.

In secondo luogo, nel 2009-2010 si sono definiti esattamente gli interventi necessari per la realizzazione di tali progetti – in particolare stima del fabbisogno finanziario e reperimento delle potenziali fonti di finanziamento – in stretta collaborazione tra Commissione, Stati

membri, operatori del settore, gestori dei sistemi di trasmissione, Autorità nazionali di regolamentazione e Parlamento europeo, da cui scaturiranno le comunicazioni sopra citate. Va rilevato, a questo riguardo, che le infrastrutture energetiche sono destinate a durare a lungo. La Commissione ha fatto in modo che esse vengano progettate, localizzate e realizzate tenendo conto dell'impatto dei cambiamenti climatici per il resto del secolo, il che costituirà un elemento fondamentale della loro sostenibilità economica. Tutte le infrastrutture energetiche dell'Ue devono essere a prova di clima.

In terzo luogo, dal 2010 in poi, si è proceduto alla realizzazione degli interventi definiti, sia a livello comunitario, sia in ambito nazionale. L'attuale dotazione annua del programma TEN-E, pari a 22 milioni di euro, lascia un margine limitato per sostenere la realizzazione di grandi progetti d'interesse comunitario. Lo strumento TEN-E è stato originariamente concepito e posto in essere per un'Unione europea notevolmente più piccola, confrontata a sfide energetiche di proporzioni completamente diverse da quelle odierne. Pertanto, unitamente al presente riesame strategico, la Commissione presenta un Libro Verde inteso ad avviare un dibattito sulla possibilità di sostituire l'attuale TEN-E con un nuovo strumento, lo Strumento per l'infrastruttura e la sicurezza energetica dell'Ue, avente come possibili obiettivi: (i) il completamento del mercato interno dell'energia, (ii) lo sviluppo della rete di trasmissione per il conseguimento degli obiettivi dell'Ue in materia di energia rinnovabile e (iii) la sicurezza degli approvvigionamenti energetici dell'Ue, garantita dal sostegno a importanti progetti infrastrutturali sia all'interno che all'esterno dell'Ue. Il Libro Verde suscita inoltre una riflessione su come utilizzare e orientare efficacemente la politica esterna e gli strumenti finanziari dell'Ue verso il raggiungimento di tali obiettivi.

Maggiore attenzione all'energia nelle relazioni internazionali dell'Ue

L'interdipendenza energetica influisce sullo sviluppo, sul commercio e sulla competitività, sulle relazioni internazionali e sulla cooperazione mondiale in materia di clima. Mentre l'Unione europea punta alla sicurezza dell'approvvigionamento garantita da un'offerta più prevedibile e diversificata, anche sui mercati a monte, i governi e i fornitori dei Paesi terzi chiedono sicurezza sul versante della domanda, in particolare per quanto riguarda i grandi investimenti a monte per nuove forniture di gas tramite gasdotti. Hanno bisogno di norme chiare e stabili per il funzionamento del mercato interno e di accordi che regolino le modalità di accesso al mercato europeo e le possibilità di investimento su questo mercato. In

molti casi occorre suscitare un clima di fiducia e allacciare rapporti più stretti e giuridicamente vincolanti tra l'Ue e i Paesi produttori e di transito, da cui potrebbero scaturire vantaggi reciproci nella prospettiva di lungo periodo necessaria per finanziare i futuri progetti con maggiore intensità di capitale. L'Ue deve pertanto avvalersi di tutti gli strumenti a sua disposizione, sia interni che esterni, per rafforzare il proprio peso collettivo nei confronti dei paesi fornitori di energia e proporre nuove forme di partenariato ad ampio raggio. A livello multilaterale, l'Ue dovrebbe continuare ad adoperarsi per una maggiore liberalizzazione degli scambi e degli investimenti nel settore energetico. La Norvegia è già integrata nel mercato interno dell'energia in quanto membro dello Spazio economico europeo.

Si dovrebbe elaborare una strategia per la Bielorussia, in considerazione della sua importanza come Paese confinante e di transito. L'Europa dovrebbe approntare una nuova generazione di accordi di ampia portata, contenenti disposizioni sull'interdipendenza energetica, con i Paesi produttori extraeuropei. Queste disposizioni sull'interdipendenza energetica devono tendere a conseguire un equilibrio tra sicurezza della domanda e sicurezza dell'offerta. L'accento va posto sull'incentivazione di investimenti a monte, atti a favorire la creazione delle necessarie infrastrutture, sulla definizione di precise condizioni per l'accesso al mercato (sia nel settore energetico che negli altri settori economici), sul dialogo in merito agli sviluppi politici e di mercato, nonché sulle modalità di risoluzione delle controversie.

Per quanto riguarda la Russia, in un contesto più ampio l'intenzione attuale è quella di negoziare un nuovo accordo di ampia portata che sostituisca l'accordo di partenariato e di cooperazione del 1997. Per il mantenimento di buone relazioni in campo energetico tra l'Ue e la Russia è importante che l'accordo del 1997 venga approfondito e poggi su fondamenta più larghe. La Russia resterà il principale partner dell'Ue nel settore dell'energia anche in un lontano futuro, sicché è del massimo interesse fare tutto il possibile affinché i rapporti siano basati sulla fiducia reciproca; conferire forza di legge ai principi basilari su cui si fonda questo partenariato non può che essere vantaggioso per ciascuna delle parti. In questo modo, i negoziati possono favorire la riforma e la liberalizzazione del mercato russo dell'energia, in linea con gli obiettivi interni della Russia, rendere stabile e prevedibile la domanda di gas russo e precisare le condizioni perché le società russe possano investire a valle nell'Ue. Infine, un accordo con la Russia potrebbe aiutare a stabilire regole

chiare e vincolanti per il transito attraverso il continente paneuropeo, tuttora mancanti ¹⁵⁹. Un approccio simile dovrebbe essere seguito nei confronti dei Paesi della regione del Caspio. Il Consiglio europeo ha attribuito un'elevata priorità all'ulteriore sviluppo delle relazioni con questi Paesi.

Il dialogo Ue-OPEC sull'energia costituisce una sede privilegiata per la valutazione congiunta dei fattori che influiscono sui prezzi, degli investimenti necessari, a monte e a valle, nei Paesi produttori e consumatori, nonché dell'impatto degli sviluppi tecnologici. L'esistenza di questo dialogo è un riconoscimento del comune interesse dei Paesi produttori e consumatori a promuovere un approvvigionamento regolare a prezzi abbordabili.

Deve essere approfondita la cooperazione con partner quali Australia, Canada, Giappone, Stati Uniti, nonché con i Paesi consumatori emergenti, al fine di formulare una posizione comune sulla sicurezza energetica mondiale, migliorare la trasparenza dei mercati internazionali dell'energia e affrontare la problematica dello sviluppo sostenibile. Dovrebbero essere progressivamente rafforzate le relazioni in campo energetico con l'Africa, in particolare il nord Africa, in considerazione non solo delle ingenti risorse di idrocarburi, ma anche dell'immenso potenziale ancora inesplorato di energie rinnovabili che racchiude il continente africano.

Come ha sottolineato il Consiglio europeo, per la realizzazione degli obiettivi dell'Ue è essenziale che l'Europa si esprima ad una sola voce e agisca di conseguenza. La recente analisi della politica energetica dell'Ue effettuata dall'Agenzia internazionale per l'energia indica le relazioni esterne e la sicurezza energetica come azioni prioritarie per l'Ue. Esprimersi ad una sola voce non significa che l'Ue debba avere un unico rappresentante per le questioni esterne, ma che realizzi, mediante un'efficace pianificazione e coordinamento, una comunanza tra Comunità e Stati membri a livello di messaggio e di azione.

¹⁵⁹ Ognuno di questi progressi contribuirebbe a diversificare e a rendere più affidabili i rifornimenti dell'Europa da un lato, e le forniture russe dall'altro. È quindi importante mettere a punto disposizioni giuridicamente vincolanti sull'interdipendenza energetica nel quadro del nuovo accordo che succederà all'accordo di partenariato e di cooperazione. Ciò implica che al mandato per il nuovo accordo si aggiunga un mandato per negoziare un eventuale accordo di libero scambio. Va inoltre portato avanti il dialogo Ue-Russia sull'energia, con lo sviluppo di ulteriori attività concrete di cooperazione e di progetti comuni. Quanto più le relazioni Ue-Russia in campo energetico saranno fondate su basi giuridiche solide, equilibrate e definite di comune accordo, tanto più crescerà la fiducia reciproca e si verrà a creare un clima propizio agli investimenti in progetti di esplorazione e d'infrastruttura.

Migliore gestione delle scorte di gas e petrolio e meccanismi anticrisi

Per realizzare gli obiettivi di sicurezza energetica, l'Ue deve anche dotarsi di meccanismi anticrisi interni e di norme di sicurezza quanto più possibile efficaci. Un regime obbligatorio di scorte petrolifere d'emergenza esiste dal 1968.

La Commissione propone pertanto, unitamente al presente riesame strategico, una revisione della normativa Ue sulle scorte petrolifere strategiche di emergenza, al fine di renderla più coerente con il regime dell'Agenzia internazionale per l'energia, rendere più affidabili e trasparenti le scorte disponibili, semplificare l'applicazione e la verifica e chiarire le procedure d'emergenza. La Commissione propone che l'Ue provveda a pubblicare, in forma aggregata e con periodicità settimanale, i livelli delle scorte commerciali di petrolio detenute dalle compagnie petrolifere dell'Ue.

La Commissione ha inoltre riesaminato l'applicazione e l'efficacia della direttiva sulla sicurezza dell'approvvigionamento di gas naturale, giungendo alla conclusione che il vigente quadro normativo può essere migliorato.

Occorrono, in particolare, una maggiore armonizzazione delle norme in materia di sicurezza dell'approvvigionamento e misure di emergenza prestabilite a livello regionale e a livello dell'Ue ¹⁶⁰.

Nuovo slancio all'efficienza energetica

L'Ue si è impegnata ad aumentare del 20% l'efficienza energetica entro il 2020. A realizzare questo obiettivo contribuiranno sia la riduzione delle emissioni di gas serra, sia gli impegni in materia di energie rinnovabili; d'altro canto, un'azione ambiziosa per migliorare l'efficienza energetica contribuirà a sua volta alla realizzazione dell'obiettivo climatico dell'Ue entro il 2020, in particolare nell'ambito della decisione sulla condivisione dello sforzo.

¹⁶⁰ Al momento l'Ue non dispone tuttavia di elementi sufficienti per imporre scorte strategiche obbligatorie di gas. Le scorte strategiche di gas costano almeno cinque volte più di quelle petrolifere. Una soluzione più efficace sarebbe quella di promuovere la creazione e la gestione oculata di depositi commerciali, diversificare i canali di approvvigionamento per consentire un ricorso flessibile a rifornimenti di GNL o a fornitori di Paesi vicini sul mercato interno dell'Ue, e ridurre rapidamente la domanda mediante contratti interrompibili e il passaggio ad altri combustibili, specialmente per la produzione di elettricità.

È altrettanto evidente che l'obiettivo del 20% in più di efficienza energetica contribuirà in misura sostanziale al conseguimento degli obiettivi dell'Ue in materia di competitività e sviluppo sostenibile. Inoltre, una riduzione del consumo di energia grazie ad una maggiore efficienza energetica consentirà una diminuzione duratura della dipendenza dai combustibili fossili e dalle importazioni. Le misure volte a migliorare l'efficienza energetica e le tecnologie pulite possono anche offrire nuove opportunità per l'economia, in particolare per le PMI, nell'attuale situazione economica difficile. L'efficienza energetica deve essere posta al centro del Piano d'azione dell'Ue per la sicurezza e la solidarietà nel settore energetico.

Sono già stati compiuti notevoli progressi verso l'obiettivo del 20% in più di efficienza energetica. Queste misure dovrebbero consentire un aumento dell'ordine del 13-15%. Pertanto, unitamente al presente riesame strategico ¹⁶¹, la Commissione presenta un nuovo pacchetto "efficienza energetica" 2008, recante le iniziative di seguito elencate, tese a compiere ulteriori progressi verso l'obiettivo del 20%.

- Revisione della direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia, allo scopo di estenderne la portata, semplificarne l'applicazione e fare della certificazione energetica degli edifici un vero e proprio strumento di mercato. La direttiva riveduta consentirà alla famiglia media di risparmiare centinaia di euro all'anno, anche deducendo il costo del materiale edile e degli impianti di riscaldamento e raffreddamento efficienti.
- Revisione della direttiva sull'etichettatura energetica, finora applicabile solo agli elettrodomestici, al fine di estenderla a una più ampia gamma di prodotti commerciali e industriali che consumano energia e definire un quadro armonizzato per gli appalti pubblici e gli incentivi offerti dagli Stati membri.
- Applicazione intensificata della direttiva sulla progettazione ecocompatibile.
- Un'altra priorità è la promozione della cogenerazione.
- Oltre 9 miliardi di euro sono stati stanziati, nell'ambito della politica di coesione, per la promozione dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili nel periodo 2007-13.
- Ad integrazione del pacchetto "energia e cambiamenti climatici" verrà presentato un pacchetto "tassa ambientale", che comprenderà una proposta di revisione della di-

¹⁶¹ Sull'argomento si veda COMMISSIONE EUROPEA (2008), *Secondo riesame strategico della politica energetica – Piano d'azione dell'Unione europea per la Sicurezza e la Solidarietà nel Settore Energetico*, COM(2008) 781 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles.

rettiva sulla tassazione dei prodotti energetici, per renderla pienamente compatibile con gli obiettivi in materia di energia e cambiamenti climatici, e uno studio sulle possibilità di utilizzare l'IVA ed altri strumenti fiscali per promuovere l'efficienza energetica.

La Commissione continuerà ad adoperarsi in favore della liberalizzazione dei beni e servizi efficienti sotto il profilo energetico anche in sede di negoziati commerciali.

È almeno altrettanto importante migliorare l'efficienza energetica negli altri Paesi industrializzati e nelle economie emergenti, quanto lo è in Europa. L'avanzamento dei negoziati per un accordo mondiale sui cambiamenti climatici darebbe nuovo slancio alla cooperazione in materia di efficienza energetica. L'efficienza energetica dovrebbe rimanere uno dei primi obiettivi della Comunità dell'energia per i prossimi anni.

Uso ottimale delle risorse energetiche endogene dell'Ue

L'energia prodotta nell'Ue rappresenta il 46% di quella complessivamente consumata. Prima dell'iniziativa 20-20-20, si prevedeva che questa percentuale sarebbe scesa al 36% entro il 2020. Con l'attuazione della nuova politica energetica, essa resterà invece intorno al 44%. Lo sviluppo delle energie rinnovabili¹⁶² (eolica, solare, idrica, biomassa e risorse marine) deve essere considerato come la principale fonte interna potenziale di energia dell'Ue. Oggigiorno queste fonti di energia rappresentano circa il 9% del consumo energetico dell'Ue, contro l'obiettivo del 20% convenuto per il 2020.

La tecnologia ha un ruolo imprescindibile da svolgere nella valorizzazione delle risorse naturali dell'Ue. Gli ambiziosi obiettivi di riduzione dei gas serra non possono che accrescere il fabbisogno di energie rinnovabili, rendendo indispensabili rapidi progressi per sviluppare una produzione efficiente, competitiva e sostenibile di tali energie. Oltre ad essere una priorità dal punto di vista della sicurezza e della sostenibilità energetica, ciò rappresenta un'enorme opportunità economica per l'Ue. Questo obiettivo viene attualmente perseguito

¹⁶² L'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (come l'energia eolica, solare e fotovoltaica, la biomassa e i biocarburanti, il calore geotermico e le pompe di calore) aiuta indiscutibilmente a contenere i cambiamenti climatici. Queste fonti di energia danno anche un notevole contributo alla sicurezza dell'approvvigionamento energetico, alla crescita e all'aumento dell'occupazione in Europa, perché incrementano la produzione e il consumo di energia generata in loco. Per favorirne una maggiore diffusione, nella sua tabella di marcia in questo campo specifico, l'Unione europea ha fissato un obiettivo vincolante, cioè quello di portare, entro il 2020, la percentuale delle fonti di energia rinnovabile al 20% rispetto al consumo energetico totale.

nel contesto del Piano strategico europeo per le tecnologie energetiche approvato dal Consiglio europeo nel 2008. La sua attuazione ha già registrato progressi, tra l'altro riguardo a sei iniziative industriali europee: energia eolica, energia solare, bioenergia (biocarburanti di seconda generazione), cattura, trasporto e stoccaggio del carbonio (CCS), reti di trasmissione dell'elettricità e fissione nucleare sostenibile. Queste iniziative vengono portate avanti in stretta collaborazione con le piattaforme tecnologiche e l'industria europea.

Il carbone costituisce tuttora una componente essenziale dell'approvvigionamento energetico interno dell'Europa e un'importante alternativa al petrolio e al gas. Può essere ottenuto in grandi quantità da numerosi fornitori in varie parti del mondo ed è relativamente facile da immagazzinare. La produzione di energia elettrica dal carbone è in crescita a livello mondiale e in Europa si prevede che una parte sostanziale dell'elettricità continuerà ad essere prodotta da carbone e lignite.

Il principale inconveniente è rappresentato dalle emissioni di CO₂ più elevate. Sul lungo periodo, l'utilizzo del carbone sarà compatibile con gli obiettivi climatici solo se prevarranno impianti ad alto rendimento e se si diffonderà ampiamente il sistema di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS). Lo sviluppo del CCS, in Europa e altrove, dipende dalla regolamentazione, dalle quotazioni del carbonio e dalla disponibilità di nuove tecnologie.

Benché le risorse di gas e petrolio dell'Europa siano in calo, i prezzi elevati del petrolio e il premio di sicurezza di cui beneficiano le risorse endogene rendono più interessante estrarre le riserve interne di petrolio e gas, comprese le riserve non convenzionali, sempreché ciò avvenga in modo sostenibile. Inoltre, alla sicurezza energetica di alcuni Stati membri possono contribuire anche altri combustibili presenti in certe zone dell'Ue, come gli scisti bituminosi e la torba.

L'energia nucleare ¹⁶³ contribuisce alla sicurezza dell'approvvigionamento energetico dell'Ue, essendo la più importante sorgente di elettricità a basso carico, non aumenta le emissioni di gas serra e quindi contrasta i cambiamenti climatici. Le forniture di uranio so-

¹⁶³ Di fronte alle crescenti preoccupazioni per la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e le emissioni di CO₂, deve essere considerata anche la possibilità di ricorrere all'energia nucleare che ha il vantaggio di presentare un basso contenuto di carbonio e una stabilità a livello di costi e di approvvigionamento. Ad ogni modo, la decisione di utilizzare o meno l'energia nucleare spetta agli Stati membri. Il programma indicativo in campo nucleare insiste tuttavia sulla necessità di adottare un'azione comune e coerente in materia di sicurezza e non proliferazione, oltre che riguardo allo smantellamento degli impianti e alla gestione dei rifiuti.

no diversificate tra regioni stabili (quasi la metà del fabbisogno dell'Ue proviene da Australia e Canada) e il costo dell'uranio si ripercuote moderatamente sul prezzo dell'elettricità. Un terzo dell'energia elettrica prodotta nell'Ue è di origine nucleare. La maggioranza delle centrali elettriche nucleari dell'Ue giungerà alla fine del ciclo di vita originariamente previsto. Se non verranno decisi nuovi investimenti, entro il 2020 la quota del nucleare nella produzione di energia elettrica diminuirà sensibilmente. Decidere di prolungare la vita utile delle centrali esistenti, di effettuare nuovi investimenti o di sostituire le centrali obsolete diventa una necessità tanto più pressante alla luce dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di CO₂ nonché degli obiettivi del protocollo di Kyoto ¹⁶⁴.

¹⁶⁴ Il protocollo di Kyoto è un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale sottoscritto nella città giapponese di Kyoto l'11 dicembre 1997 da più di 160 Paesi in occasione della terza *Conference of the Parties (COP-3)* della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC). Con il Protocollo di Kyoto, che costituisce il primo caso concreto di applicazione di un modello internazionale sulla regolamentazione dello sviluppo sostenibile, i Paesi industrializzati si impegnarono a ridurre entro il 2012 le emissioni di elementi inquinanti (biossido di carbonio ed altri cinque gas serra, ovvero metano, ossido di diazoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) in una misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990. Il protocollo di Kyoto prevede inoltre il ricorso a meccanismi di mercato, i cosiddetti Meccanismi Flessibili per l'acquisizione di crediti di emissioni. L'obiettivo dei Meccanismi Flessibili è di ridurre le emissioni al costo minimo possibile, o, in altri termini, a massimizzare le riduzioni ottenibili a parità di investimento. I principali meccanismi di mercato flessibili previsti dal Protocollo di Kyoto per acquisire crediti di emissioni sono i seguenti:

- *Clean Development Mechanism (CDM) o meccanismo di sviluppo pulito*: consente ai Paesi industrializzati e ad economia in transizione di realizzare progetti nei Paesi in via di sviluppo, che producano benefici ambientali in termini di riduzione delle emissioni di gas-serra e di sviluppo economico e sociale dei Paesi ospiti e nello stesso tempo generino crediti di emissione (CER) per i Paesi che promuovono gli interventi;
- *Joint Implementation (JI) o attuazione congiunta di meccanismi basati su progetti*: consente ai Paesi industrializzati e ad economia in transizione di realizzare progetti per la riduzione delle emissioni di gas serra in un altro Paese dello stesso gruppo e di utilizzare i crediti derivanti, congiuntamente con il Paese ospite;
- *Emissions Trading (ET) o commercio dei diritti di emissione*: consente lo scambio di crediti di emissione tra Paesi industrializzati e ad economia in transizione; un Paese che abbia conseguito una diminuzione delle proprie emissioni di gas serra superiore al proprio obiettivo può così cedere (ricorrendo all'ET) tali "crediti" a un Paese che, al contrario, non sia stato in grado di rispettare i propri impegni di riduzione delle emissioni di gas serra.

La sottoscrizione iniziale dei Paesi era un atto puramente formale. Soltanto la successiva ratifica dell'accordo da parte del parlamento nazionale formalizzava l'impegno del singolo Paese a ridurre le emissioni. Dal Protocollo di Kyoto erano poi esclusi i Paesi in via di sviluppo per evitare di frapporre ulteriori barriere alla loro crescita economica. Questo è un punto molto dibattuto e trova ancora oggi il disaccordo degli Stati Uniti soprattutto per l'esclusione dagli impegni dei grandi Paesi emergenti dell'Asia, India e Cina. Sulla base degli accordi del 1997, il Protocollo entra in vigore il 90° giorno dopo la ratifica del 55° Paese tra i 194 sottoscrittori originari purché questi, complessivamente, coprano almeno il 55% delle emissioni globali di gas serra. L'assenza degli Usa e della Russia hanno penalizzato per molti anni il lancio operativo dell'accordo, rimasto a lungo tempo "sospeso". Nel 2002 avevano ratificato l'atto già 55 Paesi senza però coprire il 55% della produzione globale di emissioni di gas serra. Solo dopo la ratifica della Russia nel settembre 2004 si è superato finalmente il limite minimo previsto del 55% e data operatività al Protocollo. Il trattato è quindi entrato formalmente in vigore il 16 febbraio 2005. Restano, in ogni caso, ancora fuori Paesi come Australia e Stati Uniti, rei di non aver ratificato l'accordo per paura di danneggiare il proprio sistema industriale. Sul tema si vedano, tra gli altri, IACOMELLI A. (2007), *Oltre Kyoto - Cambiamenti climatici e nuovi modelli energetici*, Muzio Editore, Montereleggio, Mulazzo (MS); CARLI M., CARPANI G., CECCHETTI M., GROPPI T. e SINISCALCHI A.

7.5 Lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia

Sono molteplici i fattori che hanno alimentato negli ultimi anni l'interesse ed il conseguente sviluppo delle fonti di energia rinnovabile a livello mondiale, europeo ed italiano, ed è proprio di quei fattori di tipo ambientale, economico e sociale, già citati nella presente trattazione, che parleremo in questo paragrafo.

Un primo fattore che ha contribuito in passato e contribuisce tuttora alla crescita di questo nuovo settore è sicuramente l'incessante aumento del prezzo del petrolio. Abbiamo visto come già nel 1973 il quadruplicarsi del suo prezzo colpì pesantemente tutti i Paesi industrializzati, in particolare il Giappone e l'Italia, con conseguenze drammatiche sul costo della vita e sull'inflazione; tale crisi fece nascere nella collettività forti timori circa l'esauribilità delle riserve di combustibili fossili (le cosiddette energie convenzionali ¹⁶⁵) e costrinse i Paesi industrializzati a prendere in considerazione nuove fonti di energia e soprattutto a porre attenzione verso la tecnologia fotovoltaica. Successivamente, la tendenza al ribasso del prezzo del petrolio negli anni Novanta fece da freno per un decennio allo sviluppo delle fonti in questione; lo scenario però si è poi notevolmente capovolto, in un primo momento con il prevalere delle preoccupazioni per gli effetti ambientali e per le minacce alla stabilità del clima e, successivamente, con la ripresa della crescita del prezzo di questa fonte che ha iniziato a risalire senza sosta dai primi anni del 2000 per toccare nel maggio 2008 il prezzo storico di 120 dollari al barile ¹⁶⁶. Ha seguito questo percorso anche il prezzo del gas naturale ¹⁶⁷ che è raddoppiato nel giro di pochi anni contribuendo così all'aumento del prezzo dell'energia elettrica.

Il secondo fattore di stimolo al ricorso alle fonti di energia rinnovabile è stata la forte sensibilità dell'opinione pubblica nei confronti della salvaguardia dell'ambiente. Infatti, la transizione energetica, inizialmente dal legno al carbone e successivamente dal carbone al pe-

(2008), *Governance ambientale e politiche governative. L'attuazione del protocollo di Kyoto*, Il Mulino, Bologna; PIANI G. (2008), *Il protocollo di Kyoto. Adempimento e sviluppi futuri*, Zanichelli, Bologna.

¹⁶⁵ Per energie convenzionali si intendono il petrolio, il gas naturale ed il carbone. Cfr. Rapporto Attività del GSE Luglio 2010 pag. 9.

¹⁶⁶ Cfr. I.E.A. (*International Energy Agency*), "Sviluppo e diffusione delle energie rinnovabili – principi per politiche efficaci" (*Italian translation of Deploying Renewables: Principles for Effective Policies* OECD/IEA, 2008).

¹⁶⁷ Tra il dicembre e il luglio 2008, infatti, il prezzo del petrolio è cresciuto del 600%, sestuplicando il proprio valore; contemporaneamente anche il prezzo del gas naturale ha subito incrementi rilevanti e le quotazioni al giugno del 2008 hanno registrato una crescita di quattro volte rispetto ai prezzi del febbraio 2002. Ciò è derivato dalla progressiva sostituibilità del gas naturale ai prodotti petroliferi nel comparto automobilistico e da una razionalizzazione dell'offerta mondiale attraverso un previsto cartello che coordinerà i processi di estrazione, con un conseguente aumento del prezzo del gas e di un sempre più stretto coordinamento con il prezzo del petrolio. Cfr. NOVA A. (2009), *Investire in Energie rinnovabili*, Milano Egea, pag. 1 e ss.

trolio, ha causato una esplosione nelle emissioni di carbonio, con il corrispondente accumulo di CO₂ nell'atmosfera ¹⁶⁸ ed un conseguente aumento della temperatura, noto come effetto serra, seguito da forti cambiamenti climatici. In questa prospettiva, come afferma Feola (2006), le fonti energetiche rinnovabili sono sempre più considerate come una soluzione efficace per assicurare la necessaria integrazione tra le esigenze di sviluppo economico e quelle di protezione dell'ambiente in una prospettiva di sviluppo sostenibile ¹⁶⁹. Nonostante i molteplici interventi legislativi e come abbiamo sottolineato più volte in questa sede, il mondo è tuttora dipendente dal petrolio e dal gas naturale.

Da questa considerazione nasce il terzo fattore che spinge sempre di più verso la convenienza e il dovere di ricorrere a nuove fonti di energia pulita: la consistente crescita della domanda di energia elettrica. Questa situazione, data l'esauribilità delle fonti, porterà all'impossibilità di soddisfare la domanda di energia elettrica mondiale ¹⁷⁰, soprattutto vista la crescita dei Paesi asiatici. Possiamo ribadire quindi che, per diversi motivi, il mercato del petrolio sta diventando decisamente inaffidabile. La scoperta di nuovi giacimenti si sta riducendo sensibilmente, causa gli alti costi di estrazione ¹⁷¹, con un conseguente rialzo dei prezzi dell'energia elettrica prodotta prevalentemente grazie all'utilizzo di questa fonte primaria; per non finire gran parte delle fonti fossili è situata in Paesi ad alta instabilità politica e sociale quali il Medio Oriente, l'America latina, il Nord Africa e la Nigeria. Questo rende ancora più necessario ricorrere a fonti energetiche alternative al petrolio per evitare la totale dipendenza da questi Paesi e la possibile difficoltà nell'approvvigionamento di energia a livello mondiale. In quest'ottica lo sfruttamento delle fonti rinnovabili accresce la sicurezza dell'approvvigionamento energetico del Paese e costituisce un'occasione per l'innovazione tecnologica e per lo sviluppo dell'occupazione e di nuove capacità industriali.

¹⁶⁸ E' ben noto che i gas suscettibili di provocare l'aumento della temperatura terrestre tramite l'effetto serra sono numerosi, ma che quello più importante, specie nel settore elettrico, è l'anidride carbonica tanto che le altre emissioni vengono spesso trasformate in equivalente di CO₂. Vedi LORENZONI A., DE PAOLI L. (1999), *Economia e Politica delle fonti rinnovabili e della cogenerazione*, Milano, Franco Angeli.

¹⁶⁹ Cfr. FEOLA R. (2006), *Opportunità imprenditoriali e scelte strategiche nel settore delle energie rinnovabili*, Salerno, Kastalia Multimedia.

¹⁷⁰ Essa risulta da diversi fattori quali il continuo miglioramento della qualità della vita, il processo di industrializzazione dei Paesi in via di sviluppo, la crescita della popolazione mondiale. Inoltre è guidata prevalentemente dai Paesi asiatici che stanno vivendo negli ultimi anni un rapido ed intenso processo di industrializzazione come Cina e India, e che dispongono di minori riserve. Cfr. Feola R. *op. cit. pag. 55-63*.

¹⁷¹ La scoperta di nuovi giacimenti ha raggiunto un picco a metà degli anni '60 e ha subito una riduzione nonostante le conoscenze geologiche siano migliorate. Inoltre abbiamo l'esempio del giacimento di kashagan in Khazakistan, affidato ad Eni e alle altre grandi compagnie che non è potuto entrare in produzione a causa delle enormi quantità di idrogeno solforato che lo sovrastano e comunque anche quando le compagnie riusciranno ad estrarre il petrolio, il suo prezzo sconterà gli alti costi sostenuti per l'estrazione. Cfr. Ciriminna R., Palmisano G., Pagliaro M. (2008), *op. cit. pag. 93-107*.

A livello internazionale, si trovano avvantaggiate le imprese che possono beneficiare di un mercato domestico anticipatore, di dimensioni consistenti, in cui crescere, rivolgendosi poi ai mercati esteri con una posizione di vantaggio competitivo.

Un quarto fattore molto importante a livello macroeconomico che spinge all'apertura del mercato delle fonti di energia rinnovabile è la convinzione che lo sviluppo di questo settore possa contribuire alla sostenibilità dell'attività economica mondiale nel lungo periodo grazie allo sviluppo di nuove attività produttive che stimolino l'imprenditorialità e favoriscano un'imponente crescita dell'occupazione interna.

Un ultimo, ma non meno importante fattore che ha favorito lo sviluppo di queste fonti è stata la scoperta di nuove tecnologie per la produzione di energia da fonte rinnovabile. Questo elemento ci ha permesso di raggiungere traguardi prima impensabili e ci fa riflettere sull'importanza degli investimenti in ricerca e sviluppo in un settore come questo, con potenzialità future molto accese. Il fine principale è quello di guidare le fonti rinnovabili verso la piena competitività con le fonti di energia tradizionale, per affrontare le diverse sfide che l'attuale sistema energia si trova oggi a sostenere ¹⁷².

Nel paragrafo che segue, quindi, cercheremo di fornire un quadro di sintesi esaustivo sullo stadio di sviluppo della ricerca in fonti energetiche rinnovabili, sia a livello europeo che internazionale.

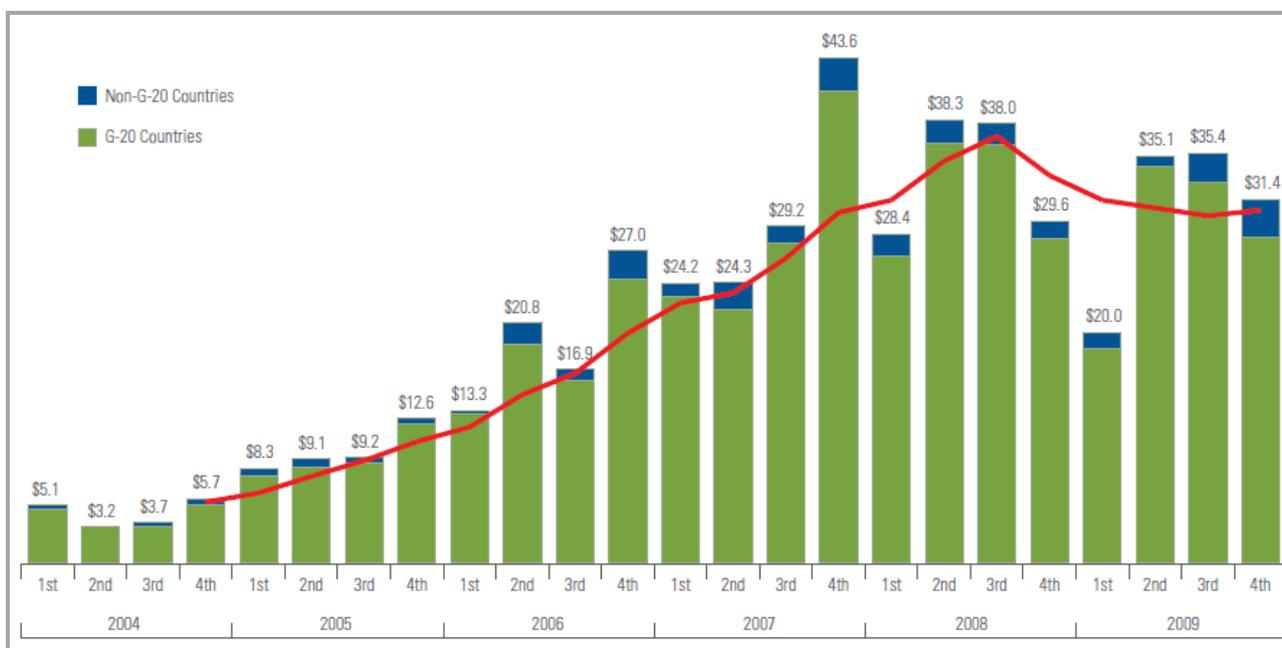
¹⁷² Secondo il rapporto dell'AIE le sfide di cui abbiamo parlato sono le seguenti: 1) contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico e alla tutela ambientale in generale; 2) promuovere l'innovazione tecnologica, la creazione del mercato e dell'occupazione che determinano la crescita economica; 3) aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico attraverso la diversificazione e la prevenzione dei conflitti generati dal possesso delle risorse naturali; 4) ridurre la povertà attraverso un migliore accesso all'energia e l'uguaglianza di genere; 5) migliorare la salute pubblica attraverso la riduzione dell'inquinamento atmosferico locale e domestico. Per ulteriori approfondimenti consultare IEA *op. cit. pag. 15*.

7.6 Investimenti nelle energie rinnovabili

A dispetto delle più fosche previsioni collegate alla crisi economica internazionale gli investimenti mondiali nelle *renewable energy technologies* hanno mostrato una buona vitalità per tutto il corso del 2009.

Con un totale di 162 miliardi di dollari nel 2009 (Tav. 75), gli investimenti nelle *renewable energy technologies* hanno riportato rispetto al 2005 un incremento del 230%, determinando la prosecuzione di un trend sempre più riconosciuto come lo stabile segnale della nascita di una nuova industria su scala globale.

Tav. 75 – Investimenti mondiali nelle Renewable Energy Technologies, andamento a livello trimestrale (miliardi di dollari)



Fonte: The PEW Charitable Trusts (2010), *Who's Winning the Clean Energy Race? Growth, Competition and opportunity in the World's Largest Economies* e da Unep (2010), *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2010*¹⁷³.

Le attese riposte nella crescita e nel consolidamento del settore delle *renewable energy technologies* si sono andate d'altra parte intensificando proprio con lo scoppio della crisi, allorché si è fatta viva la necessità di disporre di nuovi e potenti motori a sostegno della crescita economica. Come precedentemente affermato, le prospettive di espansione del settore hanno potuto trarre alimento dalle sempre più forti sollecitazioni poste in essere

¹⁷³ Documento consultabile all'indirizzo:

http://www.pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/Reports/Global_warming/G-20%20Report.pdf

dalle questioni della sicurezza energetica e del cambiamento climatico, tenuto conto anche dello straordinario ritmo di crescita delle economie emergenti, Cina ed India in testa.

I benefici dello sviluppo di nuove fonti di energia obbligano, infatti, le economie di vecchia industrializzazione a tenere in considerazione le sfide competitive con le economie emergenti e ad optare per uno sviluppo sostenibile, che implichi anche una maggior sicurezza energetica. Da questo punto di vista è molto interessante analizzare l'evoluzione degli investimenti internazionali: nel corso del 2009 emerge la straordinaria performance dell'Asia.

La sostanziale tenuta degli investimenti sembra sostenuta principalmente all'espansione del settore eolico della Cina, che ha raddoppiato la potenza installata andando ad occupare il quarto posto a livello mondiale. Lo scenario asiatico è caratterizzato da un aumento dell'intervento pubblico orientato alla promozione dell'uso delle energie rinnovabili e dalla messa in campo di sempre maggiori risorse destinate alla spesa in R&S.

Di tale scenario la Cina rappresenta un caso esemplare, confermando con l'adozione di un "Piano di Ricerca" a medio-lungo termine e la messa a punto di programmi come l'863 (il cosiddetto "programma pubblico di sviluppo dell'"*high-tech*") e il 963 ("programma nazionale per la ricerca di base") l'elevato valore strategico assegnato allo sviluppo delle tecnologie "verdi", anche nella prospettiva di soddisfare quote sempre maggiori della propria domanda di energia.

Per quanto riguarda gli Stati Uniti, invece, risulta ancora insufficiente la dimensione degli investimenti in rapporto all'economia del Paese e i dati sull'innovazione evidenziano una contrazione della spesa pubblica in ricerca.

L'impegno che l'Europa ha immesso nello sviluppo delle *renewable energy technologies* è stato consistente e testimoniato non solo dalla messa a punto di un quadro normativo sempre più articolato ma anche dai crescenti sforzi nel condurre l'attività innovativa in questo settore. La positiva dinamica di crescita della spesa pubblica in R&S energetica è stata essenzialmente trainata dal continuo aumento delle spese relative alle energie rinnovabili che nel 2008 rappresentano mediamente più del 20% del totale della spesa pubblica europea in R&S energetica. La concentrazione della spesa pubblica in R&S nelle rinnovabili risulta largamente superiore alla media in un ampio numero di Paesi, mentre si ravvisa un tendenziale aumento degli sforzi compiuti dai Paesi con le quote di spesa più basse, quali l'Irlanda, l'Italia e la Francia.

Tra i Paesi più virtuosi nel settore della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili si trovano invece la Germania, *leader* europeo in Europa per la produzione di energia elettrica da fonte solare con conversione fotovoltaica e da fonte eolica e la Spagna. Il successo dello sviluppo delle fonti rinnovabili in questi Paesi è principalmente riconducibile all'adozione di adeguate misure di incentivazione di tipo *feed-in* risalenti alla fine degli anni Novanta del secolo scorso. Il successo tedesco è altresì dovuto a procedure amministrative snelle, alla scarsa ostilità delle popolazioni locali e ad una filiera industriale attiva e all'avanguardia.

8

Il documento “*Alternative Fuels for Military Applications*” di RAND Corporation (2011)

SOMMARIO: 8.1 Carburanti alternativi per le Forze Armate – 8.2 Opportunità di produzione di carburanti alternativi con basse emissioni di gas – 8.2.1 I carburanti Fischer-Tropsch – 8.2.2 I carburanti da oli rinnovabili o idrogenati – 8.3 L'utilità militare della produzione in prima linea di carburanti alternativi – 8.4 Obiettivi e progressi dei Dipartimenti Militari – 8.4.1 Test e certificazioni dei carburanti alternativi – 8.4.2 Sviluppo di tecnologie innovative – 8.5 Programmi in atto e obiettivi dei diversi dipartimenti militari – 8.6 Le prospettive per una possibile produzione commerciale – 8.6 Risultati finali del rapporto Rand.

La RAND Corporation ¹⁷⁴ è un *think tank* statunitense il cui nome deriva dalla contrazione di “*research and development*”. Fondata nel 1946, con il supporto finanziario del Dipartimento della Difesa statunitense, ha l'obiettivo di consigliare il governo americano sulle questioni militari. Attualmente impiega più di 1.500 ricercatori presso le sedi di Santa Monica, Washington e Pittsburgh. Dal 1992 è attiva anche in Europa attraverso la controllata RAND Europe.

Nel corso degli ultimi anni, il Dipartimento della Difesa Americano ha stanziato centinaia di milioni di dollari per lo sviluppo, il collaudo e la certificazione di carburanti alternativi che possano sostituire i carburanti derivati dal petrolio utilizzati dall'esercito, dalla marina, dal Corpo dei *Marines* e dall'aeronautica. La monografia “*Alternative Fuels for Military Applications*” di Rand ha come finalità quella di individuare le politiche chiave, la loro gestione e i problemi tecnici connessi con gli sforzi attuali e prospettici che il Dipartimento della Difesa americano ha posto in essere per lo studio e la sperimentazione dei carburanti alternativi in campo militare.

¹⁷⁴ Per approfondimenti, <http://www.rand.org>

8.1 Carburanti alternativi per le Forze Armate

Come si evince dal titolo, oggetto della ricerca “*Alternative Fuels for Military Applications*” (Carburanti alternativi per uso militare)¹⁷⁵ è una sistematica *review* delle energie alternative per la riduzione del ciclo di emissione dei gas serra, un esame della loro possibile applicabilità in campo militare seguita da una puntuale analisi degli obiettivi e dei progressi raggiunti dal Dipartimento militare nella ricerca, nello sviluppo e nella certificazione dei carburanti alternativi.

L'esercito americano, i *Marines*, e l'aviazione hanno espresso il loro chiaro interesse ad essere i primi utilizzatori di carburanti alternativi: in questo modo andrebbero a integrare l'utilizzo di gasolio e carburante biodiesel per i veicoli amministrativi e non schierabili.

Finora il Congresso americano non ha ancora richiesto al Dipartimento della Difesa l'utilizzo di tali carburanti, né il Segretario della Difesa ha emesso direttive a tal fine. Piuttosto l'interesse nello studio dei carburanti alternativi è partito principalmente dalle forze armate.

Ciascuna di esse ha stabilito programmi volti a ridurre la dipendenza dall'uso dei carburanti fossili nei loro sistemi d'arma tattici, come aerei, navi da combattimento, veicoli o anche per la manutenzione delle attrezzature. Si pensi che già dal 2000, l'aviazione americana gioca un ruolo fondamentale nel valutare e testare l'applicazione di carburanti alternativi nel campo militare. L'obiettivo è arrivare al 2016 soddisfacendo il 50% del fabbisogno di carburante aereo attraverso i carburanti alternativi. L'obiettivo dell'aviazione, inoltre, è quello non solo di mantenere costi competitivi ma anche permettere emissioni di gas serra più basse rispetto all'utilizzo dei derivati dal petrolio. In ogni caso, la componente alternativa della miscela che verrà utilizzata deve derivare da fonti domestiche.

Nel mese di ottobre 2009, il Segretario della Marina, Ray Mabus, ha istituito il *Navy and Marine Corps* al fine di “creare un gruppo verde di attacco composto esclusivamente da imbarcazioni alimentate da biocarburanti e navi nucleari”. Il progetto prevede che tale corpo speciale sia pronto entro il 2012 e dispiegabile entro il 2016. Entro il 2020, invece, si vorrebbe che almeno il 50% dell'energia che la Marina consuma provenga da fonti alternative.

¹⁷⁵ Per consultare il documento: <http://www.rand.org/pubs/monographs/MG969.html>

Infine anche l'Esercito partecipa, con le altre forze armate, allo sviluppo di un programma per il Dipartimento della Difesa volto alla riqualificazione delle fonti di approvvigionamento del carburante e sta valutando le prestazioni dei carburanti alternativi nei veicoli da combattimento e nei generatori di energia elettrica anche se, formalmente, non ha ancora stabilito obiettivi per l'uso di carburanti alternativi nei suoi sistemi di combattimento.

Se il fine che muove i progetti e le risorse delle forze armate è quello di un prossimo utilizzo di carburanti, risulta chiaro che questi carburanti devono anche essere in grado di sostituire quelli attualmente utilizzati, derivati dal petrolio distillato, che attualmente supportano la maggior parte delle operazioni militari: i due carburanti, JP-8 e JP-5 ("JP" sta per "jet propellente"), e il distillato navale (F-76).

Dal punto di vista della fattibilità tecnica, una serie di carburanti alternativi sono in grado di soddisfare questo requisito ma permangono incertezze sulla loro fattibilità commerciale, cioè sui costi e sull'impatto che possono avere sull'ambiente, in particolare in termini di emissioni di gas serra.

La ricerca evidenzia che nonostante queste incognite, il Dipartimento della Difesa americano indirizza ingenti risorse, sia monetarie che umane, per la sperimentazione e la certificazione di tali carburanti in campo militare. I corpi armati, la *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) e la *Defense Logistics Energy Agency* (DLA Energia) sponsorizzano, in tal senso, attività finalizzate ad individuare metodi avanzati di produzione di carburanti alternativi.

In questo scenario incerto, il *Duncan Hunter National Defense Authorization Act*, per l'anno fiscale 2009, ha commissionato una ricerca finalizzata a condurre uno studio sull'adattabilità dei carburanti alternativi nei veicoli militari e aerei. Questo studio doveva analizzare alcuni temi specifici:

- le opportunità di produrre carburanti alternativi in modo da ridurre il ciclo di vita delle emissioni di gas a effetto serra, compreso l'uso di energie alternative pulite come l'energia nucleare, solare, eolica per alimentare i processi di conversione;
- l'utilità in campo militare della produzione di carburanti alternativi anche in prossimità del teatro delle operazioni militari rispetto alla produzione nazionale;

- gli obiettivi e i progressi della ricerca, della sperimentazione, della certificazione e gli sforzi del Dipartimento della Difesa relativi all'impiego di carburanti alternativi nei veicoli militari e aerei;
- le prospettive per la produzione commerciale di carburanti militari non derivanti dal petrolio.

Rispondendo al Congresso, il Dipartimento della Difesa ha chiesto al RAND (*National Defense Research Institute*) di condurre un'analisi dei carburanti alternativi per le applicazioni in campo militare. Per rispondere ai temi specifici sollevati dal Congresso, i ricercatori RAND si sono focalizzati sui carburanti alternativi che potrebbero essere applicati entro dieci anni, con particolare enfasi su quelli che o sono stati, o sono, attualmente al centro della ricerca, della sperimentazione e della certificazione. In particolare, la ricerca analizza la redditività economica, il livello tecnico per la produzione commerciale, il ciclo di vita delle emissioni di gas a effetto serra e gli approcci che potrebbero essere utilizzati per ridurre tali emissioni.

Per condurre tale analisi, il team RAND ha raccolto le esperienze degli analisti e degli ufficiali militari in servizio attivo. Per analizzare gli sforzi del Dipartimento della Difesa e del settore privato nel campo dei carburanti alternativi, i membri del team hanno poi raccolto tutta la documentazione disponibile e le relazioni tecniche; contattato le aziende chiave del settore e condotto interviste con i rappresentanti del DARPA, della DLA Energy e con le organizzazioni competenti in ciascuno dei servizi. I risultati e le raccomandazioni presentate in questo rapporto sono quelli espressi dal gruppo di ricerca. In alcuni casi, questi risultati sono anche confliggenti con il punto di vista e con le azioni intraprese dalle organizzazioni del Dipartimento della Difesa coinvolte nella ricerca di carburanti alternativi.

8.2 Opportunità di produzione di carburanti alternativi con basse emissioni di gas serra

A livello generale, quando si parla di carburanti alternativi con basse emissioni di gas serra si fa principalmente riferimento ai carburanti ottenuti da sintesi Fischer-Tropsch e agli oli rinnovabili idrogenati.

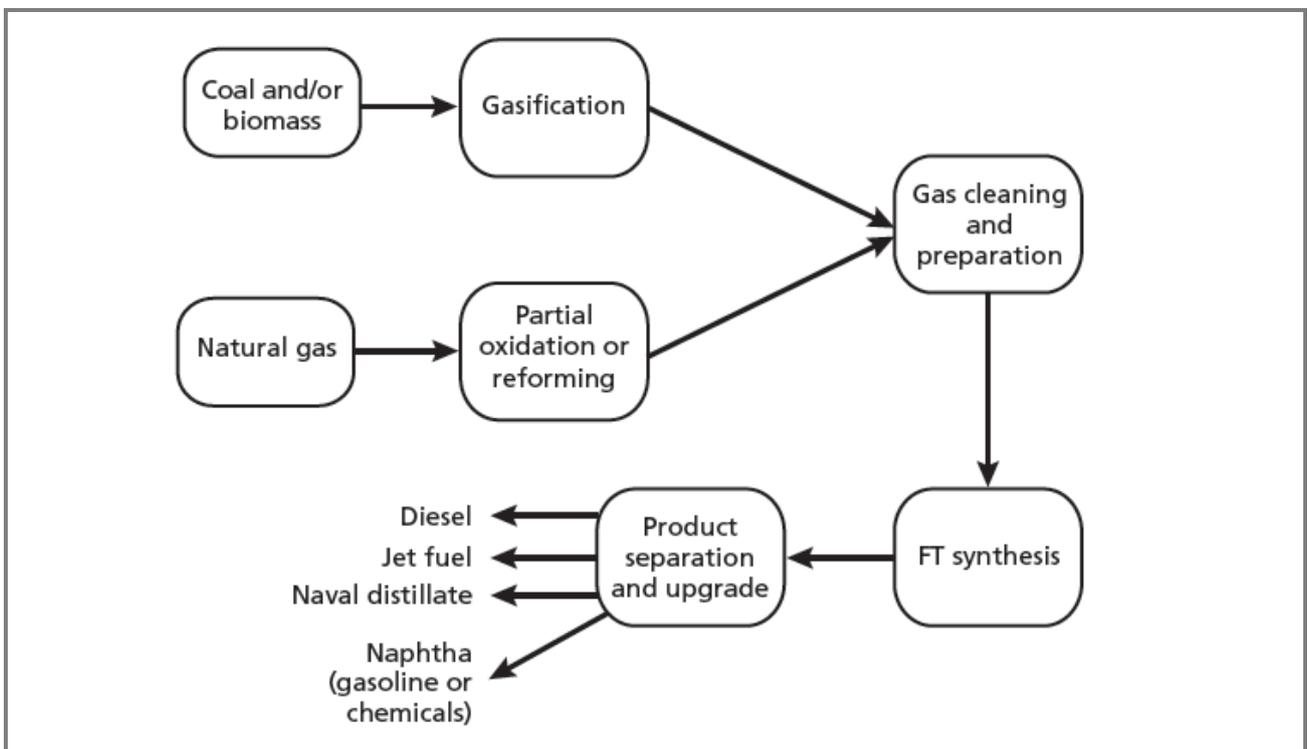
Entrambe queste tecniche verranno spiegate nei paragrafi successivi.

8.2.1 I carburanti Fischer-Tropsch

Dall'analisi effettuata dal team Rand emerge chiaramente come i carburanti Fischer-Tropsch siano i più promettenti, tra le opzioni a breve termine, per soddisfare le esigenze del Dipartimento della Difesa in modo pulito e conveniente. Il metodo Fischer-Tropsch (inventato in Germania nel 1920) può produrre carburanti alternativi liquidi in grado di sostituire i carburanti derivati dal petrolio sia in campo civile che militare, tra cui JP-8, JP-5 e il distillato navale. Il metodo, inoltre, accetta una grande varietà di materie prime, compresi il gas naturale, il carbone e le biomasse.

Come mostrato nella Tav. 76, il metodo F-T inizia con la conversione della materia prima in un gas contenente monossido di carbonio e idrogeno. Questa miscela gassosa, che viene chiamata gas di sintesi, è mandata ad un reattore chimico dove viene convertita in una miscela di idrocarburi liquidi attraverso un processo noto come sintesi F-T. Questi idrocarburi liquidi possono poi essere trasformati in carburanti in grado di sostituire i combustibili tradizionali.

Tav. 76 – Processo semplificato della produzione di carburante Fischer-Tropsch



Fonte: Rand, *Alternative fuels for military applications*.

Ad esempio, una struttura commerciale che opera in Sud Africa utilizza il carbone, una in Qatar utilizza il gas naturale e un piccolo impianto in Germania utilizzerà le biomasse. Miscele composte al 50% da derivati FT e per la restante parte da carburanti derivati dal petrolio sono state già certificate per l'impiego negli aerei commerciali. Ricerche in corso evidenziano che miscele opportunamente formulate di carburanti FT possono essere tranquillamente utilizzate anche in campo militare.

La sintesi di Fischer-Tropsch è un processo in grado di convertire il gas di sintesi (miscela costituita da H₂ e CO in varie proporzioni) in una vasta gamma di idrocarburi a catena lunga e di prodotti ossigenati, utilizzando le proprietà catalitiche di alcuni elementi del Gruppo VIII (Fe Co Ni Ru). Più in generale si può parlare di tecnologia che consente la liquefazione indiretta, per via chimica, di qualsiasi risorsa carboniosa (STL, LTL, GTL) previa trasformazione in gas di sintesi.

Enea, Analisi dello stato dell'arte attuale delle tecnologie CTL e modellazione di un impianto dimostrativo, 2010.

http://old.enea.it/attivita_ricerca/energia/sistema_elettrico/Gassificazione-carbone/05_ENEA_RT_5252_CTL.pdf

Inoltre, sia il carbone che le biomasse sono abbondanti negli Stati Uniti: insieme tali risorse sono sufficienti a sostenere l'industria dei carburanti alternativi, basati sui carburanti FT. Tuttavia se la produzione di carburante FT deve avvenire senza compromettere gli obiettivi nazionali in riferimento alle emissioni di gas serra, si devono rispettare anche le seguenti condizioni:

- per la miscela biomasse-FT, la biomassa deve essere prodotta in modo sostenibile, in particolare, la sua produzione non deve essere basata su pratiche che portano a considerevoli emissioni dovute ai cambiamenti diretti o indiretti nell'utilizzo del territorio. Se ciò avviene, le emissioni di gas serra possono essere prossime allo zero;
- per la miscela carbone-FT, le emissioni di anidride carbonica dell'impianto di produzione devono essere catturate e sequestrate. Se ciò viene fatto, le emissioni del ciclo di vita possono essere in linea con quelle dei derivati dal petrolio;

- per i carburanti FT derivati da una miscela di carbone e biomasse, deve essere effettuata la cattura e lo smaltimento del biossido di carbonio. La biomassa deve essere prodotta in modo sostenibile. Se questo viene fatto, le emissioni del ciclo di vita possono essere inferiori alla metà di quelle che derivano dal petrolio.

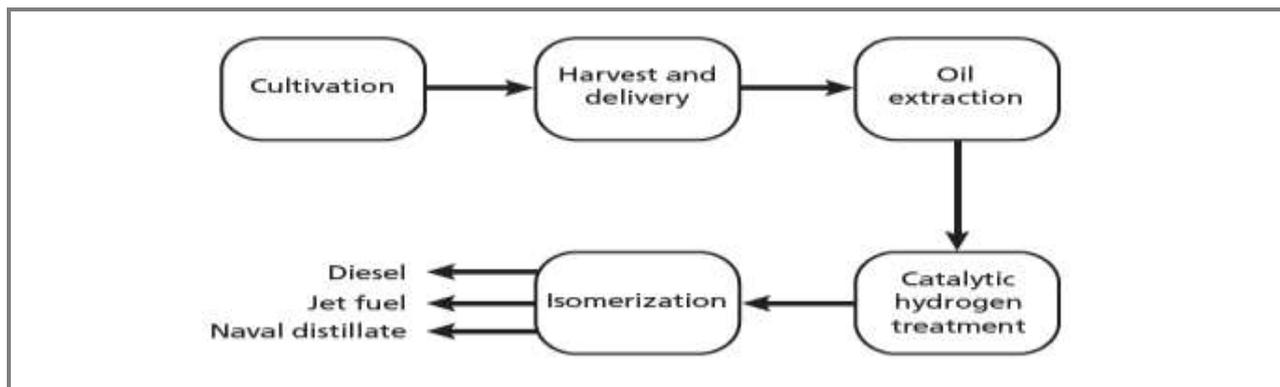
Gli approcci di cui sopra possono comportare emissioni di gas serra inferiori o uguali a quelli dei derivati dal petrolio. Considerando l'economia, il livello tecnico, le emissioni e la generale preoccupazione ambientale, i carburanti FT derivati da una miscela di carbone e biomasse rappresentano sicuramente l'approccio più promettente per produrre una quantità di carburanti alternativi in grado di soddisfare il fabbisogno militare, così come discreti livelli civili, previsti per il 2030. Ma se questa tecnologia raggiungerà il suo potenziale dipenderà in modo cruciale dal raggiungimento di un'adeguata esperienza di produzione, soprattutto nella cattura e nel sequestro delle emissioni di anidride carbonica negli Stati Uniti. Allo stato attuale, nessuna agenzia del governo degli Stati Uniti ha annunciato di voler promuovere presto un uso commerciale di carburanti FT derivanti da una miscela di carbone e biomasse.

8.2.2 I carburanti da oli rinnovabili o idrogenati

È altamente incerto, secondo il rapporto, la possibilità di produrre convenientemente e a basse emissioni una quantità apprezzabile di *hydrotreated renewable oils* (oli rinnovabili idrogenati). Tali oli sono prodotti dall'elaborazione di grassi animali o vegetali (da piante come la soia, la jatropha, o la camelina) con l'idrogeno.

Gli oli rinnovabili derivano da piante come la soia e le alghe. Anche i grassi animali, specialmente quelli raccolti durante la lavorazione della carne rientrano in questa categoria. Allo stato grezzo, questi oli e grassi contengono ossigeno e perciò hanno una struttura chimica che li rende inadatti per l'impiego diretto come carburanti. Esistono però varie tecniche che li convertono per renderli utilizzabili come carburanti: questi approcci in genere coinvolgono principalmente le due fasi tipiche della raffinazione del petrolio. Gli oli vegetali (vedi Tav. 77) o grassi animali vengono prima trattati al fine di rimuovere l'ossigeno. Questo *step* produce una catena lineare di molecole di idrocarburi che vengono riorganizzate per produrre un *mix* di molecole simile a quelle che compongono i derivati del petrolio.

Tav. 77 – Il processo produttivo degli oli rinnovabili idrogenati



Fonte: Rand.

I cosiddetti keroseni di sintesi anche noti come SPK (*Synthetic Paraffinic Kerosene*) sono *jet fuels* ottenuti per gassificazione e condensazione Fischer Tropsch o per liquefazione diretta e successiva idrogenazione. In questo caso prendono il nome di HRJ (*Hydrotreated Renewable Jet*). Entrambi presentano caratteristiche del tutto simili a quelle dei *jet fuels* tradizionali dei quali replicano la configurazione molecolare a prescindere dalla biomassa di partenza, oli vegetali, grassi animali scarti forestali o addirittura rifiuti organici urbani. Miscelando SPK con *jet fuel* convenzionale fino al 50% si ottiene un *biomix* idoneo e compatibile sia con i turbomotori aeronautici che con le infrastrutture di stoccaggio e distribuzione, che quindi non richiedono alcuna modifica. SPK a norma avio sono stati prodotti con successo a partire da materie prime varie quali alghe, camelina, soia, palma, jatropha e sego senza che questo modificasse la qualità del prodotto finale. L'*American Society for Testing & Materials* (ASTM) ha messo a punto una specifica (la D-7566) che regola la qualità della miscela al 50% di questi carburanti con il jet fuel A-1 tradizionale. Le miscele che rispondono a questa specifica soddisfano anche i requisiti della D-1655, e dunque possono essere considerati alla stregua (*drop-in*) di *jet fuels* tradizionali. È ampiamente riconosciuto che gli SPK daranno un contributo decisivo alla riduzione delle emissioni di GHG avio in atmosfera, che ICAO e IATA vogliono sterilizzare col 2020 (crescita carbon-neutral) e ridurre del 50% con il 2050. Il loro utilizzo consente infatti l'abbattimento della CO₂ in misura dell'80% circa rispetto ai carburanti fossili oggi utilizzati, sulla base del loro intero ciclo di vita.

Associazione Italiana Economisti per l'energia, Convegno Biocarburanti di II e III generazione: situazione e prospettive.

<http://www.3bconsulting.it/docs/BioJet-Fuel%20SPK.pdf>

Vari tipi di alghe hanno un elevato contenuto di olio e sono un'altra possibile fonte per l'idrotrattamento. Miscele composte per il 50% da oli idrogenati sono state già sperimentate con successo in volo e sponsorizzate dall'industria dell'aviazione civile. Analisi di laboratorio e test suggeriscono anche che tali oli possono essere utilizzati dal Dipartimento della Difesa. Inoltre, la loro fattibilità tecnica non è un problema. Il problema riguarda invece l'incertezza concernente la produzione potenziale e la vitalità economica commerciale, in particolare l'accessibilità e il ciclo di vita delle emissioni di gas serra.

Il termine “alga” si riferisce comunemente ad un ampio sistema di organismi, accomunati dalla capacità di svolgere il processo di fotosintesi clorofilliana e di vivere in ambiente acquatico. In particolare, per gli impieghi che hanno anche vedere con la produzione di oli vegetali (e che quindi sono collegati alla produzione di biodiesel), si fa usualmente riferimento alle microalghe, organismi fotosintetici unicellulari eucarioti in grado di convertire l'energia solare in carboidrati o grassi. Gli studiosi hanno osservato che alcune specie di microalghe hanno la capacità di modulare la propria composizione biochimica se sottoposte a opportune condizioni, come ad esempio l'elevata esposizione alla luce o di un particolare trattamento che prevede l'uso dell'azoto (L.O.L.), producendo e accumulando una grande quantità di grassi, sino al 60% del loro peso.

I grassi animali e gli altri oli da scarto (*waste oils*) possono costituire una valida opportunità con basse emissioni. Il loro problema però riguarda il fatto che essi sono anche tradizionalmente utilizzati per altre applicazioni. Poiché l'offerta di queste materie prime è scarsa, dovrebbero essere trovati dei sostituti per gli altri utilizzi. Questi materiali sostituti possono però causare ulteriori emissioni di gas serra. La produzione potenziale è un altro problema evidente: l'offerta disponibile di queste materie prime probabilmente limiterà la produzione a non più di 30.000 barili al giorno.

Per quanto riguarda gli oli vegetali – per mantenere le emissioni del ciclo di vita di gas a effetto serra a livelli inferiori di quelli dei derivati dal petrolio – dovrebbero essere ottenuti da colture che non siano in concorrenza con la produzione alimentare riducendo così al minimo i cambiamenti diretti e indiretti nell'uso del suolo.

La *Jatropha* e la *Camelina* sono spesso citate come piante ideali per soddisfare tali requisiti, ma non esistono prove per sostenere questa affermazione. In sostanza anche se si potrebbero ottenere basse emissioni, la produzione totale di carburante potrebbe essere limitata. Produrre appena 200.000 barili al giorno (circa l'1% del consumo di petrolio degli Stati Uniti) richiederebbe l'impiego di una superficie circa pari al 10% dei terreni coltivati attualmente negli Stati Uniti.

Approcci avanzati, come quelli che usano le alghe come materia prima, possono produrre oli idrogenati senza le limitazioni e le aversità associate all'utilizzo del territorio. Questi approcci avanzati, tuttavia, sono nelle prime fasi del ciclo di sviluppo. Saranno perciò necessari grandi investimenti in ricerca e sviluppo (R&S) prima di avere una stima dei costi di produzione e dell'impatto ambientale.

La ricerca di Rand evidenzia il fatto che considerando (1) il potenziale di produzione molto limitato dei carburanti derivati dai grassi animali e degli oli usati, (2) le prospettive molto incerte a causa dei prezzi accessibili e delle basse emissioni di gas per i carburanti derivati da colture da seme e (3) lo stato di sviluppo iniziale della sperimentazione sulle alghe, gli oli rinnovabili idrogenati non costituiscono ad oggi un'opzione credibile in grado di soddisfare le esigenze militari di carburante nel prossimo decennio. Inoltre, il rapporto rileva che, a causa della produzione potenziale limitata, i carburanti derivati da grassi animali, gli oli usati e gli oli di semi non avranno neanche un ruolo significativo nel mercato domestico commerciale. Si sottolinea, invece, il ruolo cruciale che potrebbero giocare i carburanti derivati dalle alghe anche se dal rapporto emerge che non se ne avrà una commercializzazione fino a ben oltre il prossimo decennio.

Le tecnologie per ottenere l'energia nucleare, solare ed eolica possono offrire importanti benefici per la produzione di carburanti alternativi sia in campo militare che civile, senza comportare grandi emissioni di gas serra. Nel breve e medio termine l'energia elettrica non dà un contributo importante al processo produttivo degli oli idrogenati anche se può essere usata per produrre idrogeno tramite l'elettrolisi dell'acqua, e l'idrogeno è un input fondamentale. Se l'idrogeno disponibile fosse sufficiente, quasi tutto il carbonio contenuto nel carbone o nella biomassa per un impianto Fischer-Tropsch finirebbe nel carburante prodotto e non in aria, eliminando la necessità di catturare e sequestrare l'anidride carbonica. Inoltre, l'uso dell'idrogeno in un impianto FT potrebbe quasi triplicare i rendimenti dei carburanti liquidi.

Per l'olio idrogenato dalle alghe, un'opzione a lungo termine, le fonti climatiche di energia elettrica potrebbero essere utilizzate direttamente nei processi di coltivazione delle alghe e di estrazione dell'olio, poiché l'elettricità è necessaria per la miscelazione, la circolazione e la gestione dell'acqua e dei nutrienti.

Tuttavia bisogna ricordare che questa non è un'opzione economicamente conveniente nel breve e medio termine. Il *trade-off* è il costo: la produzione di idrogeno da fonti pulite in quantità sufficienti per ottenere i benefici descritti richiederebbe una grande capacità di generazione e finirebbe per aumentare significativamente i costi di produzione dei carburanti liquidi. Considerando l'importanza di ridurre le emissioni di gas serra durante il processo di generazione di energia elettrica per gli impieghi tradizionali, gli investimenti in tema di generazione di energia pulita sono già probabilmente molto alti nei prossimi decenni. In questo contesto, l'ulteriore investimento necessario per la costruzione di una grande capacità di generazione per la produzione di carburanti alternativi, probabilmente non è fattibile. Per almeno i prossimi due decenni, è altamente improbabile che l'idrogeno derivante dal nucleare o da rinnovabili che generano elettricità sia un'opzione commercialmente valida per la produzione di carburanti alternativi.

8.3 L'utilità militare della produzione in prima linea di carburanti alternativi

Il rapporto Rand evidenzia come le proposte di sviluppo e costruzione di impianti di produzione di carburanti alternativi in prima linea non offrano un vantaggio militare. Durante gli anni, infatti, sono state avanzate proposte per la produzione di sistemi di carburanti alternativi che potrebbero essere dispiegati in prima linea o nel teatro delle operazioni militari. Qualsiasi progetto per la produzione di carburanti militari richiede però una fonte di carbone che può essere fornito da materie prime disponibili in loco o da rifiuti militari. Un approccio potrebbe essere quello di costruire uno stabilimento alternativo di carburante su una chiatta di grandi dimensioni che potrebbe essere trainata in un luogo vicino o all'interno del teatro delle operazioni e collegata a un deposito sottomarino di gas naturale. Ma questa e simili alternative potrebbero riscontrare problemi – quali ad esempio la garanzia di un approvvigionamento di materie prime e l'avvio del processo – che limiterebbero la loro utilità per un'implementazioni di lunga durata. In alcuni casi poi, sorgerebbe il bisogno di difenderle. Infine, non vi è alcuna prova che un impianto di produzione galleg-

giante sia meno costoso rispetto all'utilizzo di apposite navi o petroliere commerciali in grado di portare il carburante fino ad un deposito in prima linea.

Una seconda possibilità sarebbe quella di disporre di piccole unità di produzione di carburante alternativo presso le unità tattiche. Dal punto di vista strettamente tecnico, una serie di idee – attualmente finanziate dai fondi del Dipartimento della Difesa – potrebbero essere fattibili. Ma dal punto di vista di utilità militare, qualsiasi idea che richieda la consegna di un rifornimento di materie prime sembra un onere logistico e operativo gravante sulle unità tattiche che andrebbe ben oltre quello associato alla consegna di carburanti finiti. L'alternativa di ottenere carbone da fonti a bassa concentrazione come l'anidride carbonica in aria o acqua sarebbe tecnicamente scoraggiante e con costi proibitivi.

Sono attualmente in fase di sviluppo sistemi di produzione di carburante che utilizzano i rifiuti militari di carbonio. Questi sistemi potrebbero soddisfare una piccola frazione del fabbisogno energetico di un'unità in prima linea. Non offrono un avvincente beneficio militare ma potrebbero costituire un efficace approccio alla gestione dei rifiuti. Tuttavia, considerando la complessità delle attrezzature necessarie per la produzione di carburanti liquidi conformi alle specifiche militari, dovrebbero essere considerati più adatti a generare energia piuttosto che per la produzione di carburanti come il JP-8. In breve, i sistemi tradizionali, in cui il carburante viene prodotto fuori dal teatro delle operazioni militari e poi spedito, continuano ad essere i più pratici in termini di utilità militare.

8.4 Obiettivi e progressi dei Dipartimenti Militari

Per promuovere l'applicazione dei carburanti alternativi in campo militare, le attività del Dipartimento della Difesa si sono mosse lungo tre direzioni:

1. testare e verificare le specifiche tecniche e la compatibilità di tali combustibili con l'equipaggiamento militare;
2. sviluppare di tecnologie avanzate per la produzione di carburanti alternativi;
3. promuoverne la produzione commerciale.

Negli ultimi dieci anni, il Dipartimento della Difesa ha speso centinaia di milioni di dollari per queste attività. Riguardo il primo obiettivo il rapporto afferma che è sicuramente stra-

tegnico poichè utilizzare carburanti sbagliati nei sistemi d'arma non solo implica un investimento sbagliato ma mette a repentaglio anche la sicurezza.

Il team Rand ha cercato dunque di analizzare i test sui carburanti che sono stati fatti dai vari dipartimenti e le specifiche attività di certificazione svolte in relazione agli obiettivi, ai tempi e all'adeguatezza degli sforzi.

La ragione di destinare fondi del Dipartimento della Difesa per gli altri due punti appare, invece, molto più controversa: per queste attività non sono stati formulati degli obiettivi chiari e precisi e dalle interviste con gli ufficiali sono emerse opinioni contrastanti su quelle che dovrebbero essere le azioni da intraprendere.

In particolare dall'analisi è emersa una divergenza di vedute ritenuta sorprendente dato che le persone intervistate sono tutte coinvolte nei progetti relativi allo sviluppo di carburanti alternativi. Molti sostengono che il Dipartimento della Difesa non dovrebbe essere coinvolto direttamente nel sostenere questi progetti poichè la domanda di carburante per i sistemi militari al massimo arriva al 1,7% del consumo totale degli Stati Uniti.

Vediamo, quindi, nei successivi paragrafi lo stadio della ricerca americana e la possibile applicazione commerciale secondo il rapporto Rand.

8.4.1 Test e certificazioni dei carburanti alternativi

Secondo il rapporto Rand gli obiettivi del Dipartimento della Difesa americano, in merito ai carburanti alternativi, dovrebbero essere basati sui potenziali benefici nazionali, dato che l'utilizzo di fonti alternative non sembra offrire benefici militari diretti.

Anche se i carburanti Fischer-Tropsch e i carburanti rinnovabili idrogenati non sono meno capaci rispetto ai carburanti convenzionali di soddisfare le esigenze del Dipartimento della Difesa, tuttavia sul piano militare non offrono particolari vantaggi rispetto ai derivati dal petrolio. Per esempio, anche se i carburanti alternativi potessero essere prodotti a costi inferiori rispetto ai carburanti convenzionali, avrebbero un prezzo pari al tasso di mercato. Inoltre, non è stata trovata alcuna prova credibile che le fonti per la produzione di carburante aereo o navale si esauriranno in un prossimo futuro.

Se un conflitto o una catastrofe dovesse interrompere bruscamente le riserve di petrolio, l'esercito americano non soffrirebbe una carenza fisica. Piuttosto, il conseguente forte aumento dei prezzi mondiali spingerebbe i consumatori di tutto il mondo a frenare il consumo dei prodotti petroliferi. Il minor utilizzo garantirebbe che le forniture rimangano a disposizione. Fin quando i militari sono disposti a pagare prezzi più elevati, è improbabile che si crei il problema di non disporre del carburante richiesto. In ogni caso se tali problemi si presentassero, il *Defense Production Act* del 1950 (PL 81-774) contiene disposizioni per le prestazioni in via prioritaria di contratti per la produzione, raffinazione e distribuzione di prodotti petroliferi per il Dipartimento della Difesa e dei suoi appaltatori.

Tuttavia, nonostante l'assenza di uno specifico beneficio militare, ci sono importanti vantaggi a livello nazionale che derivano dall'utilizzo dei carburanti alternativi. Se il Dipartimento della Difesa è stato il primo ad incoraggiare le prime esperienze di produzione, i politici, gli investitori potrebbero ottenere importanti informazioni sulle prestazioni tecniche, finanziarie e ambientali delle diverse opzioni dei carburanti alternativi.

Se ritenute interessanti, tali informazioni potrebbero portare ad un'industria alternativa di carburante che produca una quantità strategicamente rilevante di carburante negli Stati Uniti. Una volta stabilito, un grande e commercialmente competitivo settore dei carburanti alternativi negli Stati Uniti si indebolirebbe la capacità dell'Organizzazione dei Paesi esportatori di petrolio di far valere il proprio potere monopolistico. Una riduzione dei prezzi mondiali del petrolio comporterebbe poi benefici economici per tutti i consumatori di carburante, sia civili che militari. Prezzi più bassi diminuirebbero anche i profitti dei produttori di petrolio, e quindi probabilmente anche il sostegno finanziario alle grandi organizzazioni terroristiche come Hamas e Hezbollah. Inoltre, poiché la produzione di carburanti alternativi, probabilmente si dislocerebbe in diverse zone degli Stati Uniti, l'espansione di un settore domestico di produzione di carburanti alternativi potrebbe migliorare la resistenza della *supply chain* del petrolio, in particolare con riferimento alle catastrofi naturali (ad esempio gli uragani).

Taluni carburanti alternativi, che possono avere applicazioni militari, possono essere prodotti in modi tale che si verificano emissioni di gas a effetto serra notevolmente ridotte rispetto ai derivati dal petrolio. Se i carburanti alternativi compatibili con il clima fossero disponibili, il Dipartimento della Difesa potrebbe ridurre le emissioni di gas serra dei suoi veicoli tattici, aerei, e delle attrezzature di sostegno.

Tuttavia, l'uso di carburante nei sistemi d'arma rappresenta meno dell'1% delle emissioni di gas serra statunitensi. Il vantaggio più grande, ancora una volta, risulterebbe se l'uso dei carburanti alternativi venisse esteso nel molto più grande mercato civile.

Gli attuali sforzi da parte delle forze armate per testare e certificare i carburanti alternativi sono lontani dall'arrivare allo sviluppo commerciale. Con l'intenzione di aumentare l'utilizzo dei carburanti alternativi nei prossimi anni, le forze armate hanno posto in essere una serie di sforzi per testare e certificare i liquidi FT e gli oli rinnovabili idrogenati. Tuttavia, dato che l'industria è ancora in fase di sviluppo, alcuni di questi sforzi – almeno a livello di risorse monetarie e fisiche – possono essere considerati prematuri.

Test e certificazioni dei carburanti Fischer-Tropsch

La produzione commerciale di carburanti FT è ben consolidata in Sud Africa, nel Qatar e in Malesia. Entro il 2012, la produzione mondiale prevista sarà di 350.000 barili al giorno. Negli Stati Uniti, sono in fase avanzata di progettazione cinque impianti, tre dovrebbero utilizzare le biomasse e gli altri due combinazioni di carbone e biomasse. Se questi impianti verranno costruiti, saranno in grado di produrre circa 60.000 barili al giorno di liquidi FT che potrebbero poi essere miscelati con il carburante jet militare e il distillato navale. Gli ideatori di questo progetto sostengono che si riuscirà a tenere il ciclo di vita delle emissioni di gas serra a livello inferiore rispetto a quello dei derivati dal petrolio. Ma al novembre del 2009, non era iniziata la progettazione definitiva di nessuno di questi cinque impianti e per la maggior parte non era cominciata neanche quella iniziale.

Considerando che gli aerei commerciali possono usare miscele composte al 50% di carburanti FT, che la maggior parte della produzione FT sta avvenendo all'estero e che le forze armate hanno già sostenuti ingenti sforzi, ha sicuramente senso per il Dipartimento della Difesa completare la certificazione dell'impiego di miscele composte al 50% da FT. Tuttavia data la scarsa quantità di carburanti FT disponibili sul mercato globale, non c'è ragione di estendere questo lavoro a miscele con un contenuto più elevato di carburante FT.

Test e certificazioni degli oli rinnovabili idrogenati

I carburanti derivati dalle alghe sono un ambito di ricerca e non ancora un'opzione reale che i militari possono impiegare nelle loro operazioni. Inoltre, la coltivazione dei semi, senza impatti negativi sull'ambiente, deve ancora essere dimostrata. Poiché le prospettive di produzione nei prossimi dieci anni sono così incerte, il Dipartimento della Difesa dovrebbe interrompere la sperimentazione su larga scala e gli sforzi per la certificazione (ad eccezione della R&S). Dato il crescente mercato per questi carburanti nei veicoli commerciali e aerei, non vi è alcun beneficio per il dipartimento o la nazione stessa nel dimostrare che possono essere utilizzati per alimentare i motori ad alte prestazioni delle forze armate. Se, fra alcuni anni, gli interrogativi riguardanti tali carburanti fossero risolti, potrebbe essere anche appropriato un programma di certificazione militare per una miscela compatibile con i motori militari.

8.4.2 Sviluppo di tecnologie innovative

Se il Dipartimento della Difesa continuerà a sostenere lo sviluppo di una tecnologia per produrre carburanti alternativi, dovrebbe pensare di consolidare e di rafforzare la gestione passando a sostenere obiettivi di lungo termine. Gran parte del lavoro del Dipartimento della Difesa nello sviluppo di tecnologie alternative si basa sul presupposto infondato che i militari otterranno un beneficio diretto dall'accesso ai carburanti alternativi, tramite la sostituzione con i carburanti militari. Di conseguenza, sia il Dipartimento che il Congresso devono decidere se i finanziamenti devono continuare a sostenere le attività focalizzate allo sviluppo di una tecnologia per produrre carburanti alternativi. Se il finanziamento del Dipartimento della Difesa dovesse diminuire, si dovrebbe dotare il Dipartimento dell'Energia di risorse adeguate per continuare a sostenere i progetti al momento più promettenti.

Se, invece, si decidesse di continuare ad utilizzare i fondi della difesa nella ricerca e nello sviluppo di carburanti alternativi, dovrebbero essere chiariti i diversi ruoli del Dipartimento della Difesa e di quello dell'Energia.

Per quanto riguarda le modalità di trasporto dei carburanti, la tecnologia avanzata attualmente in uso a livello civile è adattabile anche per la domanda molto più ridotta di carbu-

ranti militari e navali. Per questa ragione, gli sforzi del Dipartimento della Difesa devono essere integrati con i programmi nazionali in tema.

Secondo il rapporto, gli sforzi attuali del Dipartimento della Difesa americano sono troppo concentrati sui vantaggi a breve termine: la maggior parte infatti si concentra su un insieme di progetti indipendenti, ciascuno dei quali finalizzato a dimostrare la fattibilità tecnica di un unico modello per la produzione di carburanti militari. Dimostrare la validità tecnica è semplice ma dimostrare la convenienza economica e la fattibilità ambientale è molto spesso difficile poiché richiede investimenti diretti a determinare i fattori critici e lo sviluppo di soluzioni idonee. Se il Dipartimento dell'Energia non fosse disposto a fornire un adeguato sostegno alla ricerca applicata, il Dipartimento della Difesa dovrebbe riformulare o ampliare i propri sforzi per creare un giusto equilibrio tra progetti ingegneristici a breve termine e la ricerca di lungo periodo.

Migliorare la gestione dei programmi di R&S è la chiave del successo

La produzione di carburanti alternativi in genere comporta numerose fasi del processo, molte delle quali sono molto complesse. I costi di costruzione di un singolo impianto possono variare di centinaia di milioni di miliardi di dollari. Al momento, nessuna delle organizzazioni che sta conducendo ricerche nei carburanti alternativi ha raggiunto le competenze necessarie nelle varie discipline per il successo di un valido programma di sviluppo dei carburanti alternativi.

Per porre rimedio alla situazione, il Dipartimento della Difesa potrebbe creare una singola organizzazione che si occupi del finanziamento e della gestione del complesso degli sforzi per sviluppare tecnologie alternative di carburante.

8.5 Programmi in atto e obiettivi dei diversi dipartimenti militari

La ricerca Rand ha evidenziato i numerosi progressi raggiunti dai vari dipartimenti militari in materia di certificazione dei carburanti alternativi, in particolare quelli dell'aviazione che costituiscono una solida base anche per l'esercito e la marina. È stato poi sottolineato il grado avanzato di ricerca e certificazione raggiunto con i carburanti FT, che può essere

esteso anche agli oli rinnovabili idrogenati, date le caratteristiche molto simili del processo. Vediamo, in sintesi, quelli che sono gli obiettivi raggiunti e i prossimi programmi sviluppati dai dipartimenti militari.

Air Force: il programma dell'aviazione sulla certificazione dei carburanti alternativi è il più vasto tra i programmi elaborati dal Dipartimento della Difesa e gli obiettivi sono stati stabiliti in un memorandum politico approvato dal Segretario dell'aviazione nel 2008. Questi obiettivi sono formalizzati anche in numerose direttive. Per quanto riguarda i test sui carburanti alternativi, l'obiettivo principale è quello di completare la certificazione sulle miscele Fischer Tropsch raggiungendo una miscela sintetica superiore al 50% per i veicoli aerei. Ovviamente l'approccio utilizzato è quello di testare le varie miscele su tutti i veicoli.

Gli esperti in propulsione aerea ritengono che non siano necessarie tutte queste prove che, oltre al personale e ai costi aerei, hanno richiesto almeno 800.000 galloni di carburante F-T e un costo totale di cinque milioni di dollari. In ogni caso, l'aviazione ha garantito che la certificazione sarà completata per l'inizio del 2011. Per quanto riguarda i carburanti F-T, il laboratorio della ricerca dell'aviazione ha acquistato un piccolo impianto modulare per produrre il carburante nei pressi della base di Wright-Patterson. Tuttavia i benefici di questo impianto sono minimi in quanto la conoscenza sulle tecniche produzione dei F-T è esclusivamente del settore privato. Al momento, il dipartimento intende anche estendere la certificazione sugli oli rinnovabili idrogenati, con un consumo previsto di 400.000 galloni di kerosene da oli vegetali e un costo medio di 65 dollari a gallone. La certificazione dovrebbe in ogni caso essere completata in tre anni.

Nel lungo periodo poi, il laboratorio della ricerca dell'aviazione è interessato ad esaminare le caratteristiche principali dei carburanti che derivano dalle biomasse, come quelli che derivano dai processi di fermentazione dei microrganismi.

Corpo navale e Marina militare: la scelta della Marina, in riferimento ai carburanti alternativi, è stata quella di partire dalla definizione di un congruo programma di certificazione piuttosto che iniziare con un particolare tipo di carburante alternativo.

A differenza del processo di certificazione dell'aviazione per il carburante FT, il processo del corpo dei *Marines* non richiede la certificazione su tutti i sistemi ma si concentra sul testare i componenti comuni ai vari mezzi militari, ponendo eccezioni su quelli che potrebbero per caratteristiche tecniche essere più sensibili ai cambiamenti nelle proprietà del car-

burante. L'obiettivo è quello di giungere ad un processo di certificazione che riduca al minimo i test su larga scala ma soprattutto i tempi e i costi connessi anche per futuri carburanti alternativi.

Per i combustibili FT, l'approccio scelto è stato quello di partire dal vasto lavoro che già è stato svolto dall'*Air Force*. In particolare, la certificazione si concentrerà sui sistemi e sugli ambienti operativi (ad esempio, a bordo) con il fine di ottenere la certificazione, per tutti i mezzi militari e apparecchiature, del 50% delle miscele FT.

Negli ultimi due anni, la Marina ha scelto anche di andare avanti con la certificazione degli oli rinnovabili idrogenati che possono sostituire o essere mescolati con il distillato navale F-76 e JP-5. Il piano della Marina è quello di certificare prime le miscele di tali carburanti alternativi con il petrolio per poi proseguire la certificazione degli oli idrogenati da soli (cioè, non mescolato con carburanti derivati dal petrolio).

Esercito: per ridurre l'onere logistico di fornire diversi carburanti alle basi militari, l'esercito ha iniziato alla fine del 1980 ad utilizzare il carburante aereo, in particolare JP-8, per i suoi mezzi mobili con motori a combustione interna che sfruttano il principio della compressione (comunemente chiamati "diesel"). Questa conversione ha portato a diversi compromessi in termini di prestazioni, anche se a livelli considerati accettabili da parte dell'Esercito.

Per l'Esercito la sfida non consiste nel capire se il diesel FT può essere genericamente utilizzato quanto piuttosto sapere se e con quali specifiche può essere immesso nei veicoli militari con motori diesel. A tal proposito, l'attività iniziale dell'Esercito è stata focalizzata sulla ricerca e sulle valutazioni, inclusa la documentazione delle proprietà dei carburanti e le valutazioni di compatibilità e prestazioni potenziali dei combustibili FT sui veicoli di terra. Nel corso dell'esercizio 2009, l'Esercito ha poi completato test sul campo di miscele composte al 50% di FT e per il restante da JP-8 su 45 veicoli (otto tipi diversi, quattro motori differenti).

Durante i test non si sono riscontrati particolari problemi e ci si aspetta che non se ne avranno neanche in futuro, nell'eventualità poi che, ove riscontrati, possano essere risolti modificando le specifiche della miscela. L'Esercito non ha formalmente stabilito obiettivi quantitativi e tempi entro i quali terminare il collaudo e della certificazione dei carburanti alternativi.

Nel lungo periodo, tutti e tre i corpi stanno valutando la possibilità di lavorare insieme sulla certificazione degli oli rinnovabili idrogenati.

8.6 Le prospettive per una possibile produzione commerciale

Negli Stati Uniti, le prospettive per la produzione commerciale di carburanti alternativi che abbiano applicazioni militari rimangono estremamente incerte, soprattutto nel prossimo decennio. Le incertezze riguardano: (1) il corso futuro dei prezzi del petrolio mondiale, (2) i costi di costruzione degli impianti e (3) la gestione (sia tecnica che normativa) delle emissioni dei gas serra. Quei piccoli impianti finora realizzati sono stati infatti finanziati dal governo. È altamente improbabile, infatti, che almeno le prime esperienze industriali di produzione dei carburanti FT, usando una combinazione di carbone e biomasse e con il sequestro dei gas serra, avverrà senza sussidi governativi che riducano i rischi per gli investitori.

Per gli oli idrogenati, le prospettive commerciali dipendono dalla materia prima mentre per gli oli da scarto e i grassi animali una piccola quantità della produzione commerciale rivolta al mercato civile è prevista per il 2010. Tuttavia il potenziale di produzione complessivo nel prossimo decennio non dovrebbe superare i 25.000 barili al giorno. Per i carburanti che derivano da oli di semi, attuali sussidi federali hanno promosso la produzione e l'uso del biodiesel, che non è un idrocarburo, ma piuttosto un acido grasso metilestere (FAME) adatto per gli usi militari.

Il meccanismo della concorrenza del mercato richiede che i consumatori siano disposti a pagare un premio per gli oli rinnovabili idrogenati superiore al prezzo del biodiesel. In caso contrario, la produzione di oli rinnovabili come carburanti continuerà a essere diretta a questo tipo di biodiesel piuttosto che agli oli rinnovabili idrogenati, più costosi da produrre. Inoltre, per questo tipo di carburante rimane ancora da stabilire se la produzione possa avvenire senza comportare un aumento dei prezzi dei generi alimentari e senza causare un ingente rilascio di emissioni di gas serra, dovuti al cambiamento nell'uso del territorio. Per i carburanti alternativi derivati dalle alghe invece, a causa dello stadio iniziale della ricerca, non si può pensare alla commercializzazione prima del 2020.

8.7 Risultati finali del rapporto Rand

L'analisi attuata dal team Rand offre importanti spunti di riflessione in merito all'utilizzo dei carburanti alternativi in ambito militare. In particolare, la ricerca evidenzia che lo sviluppo di un mercato competitivo dei carburanti alternativi costituisce un vantaggio competitivo non solo per la Difesa ma per la nazione nel suo complesso. La creazione di fonti di approvvigionamento diversificate, infatti, riducendo la domanda di petrolio convenzionale diminuirebbe anche la dipendenza dai produttori e, di conseguenza, il prezzo stesso del petrolio convenzionale.

Il lavoro dimostra che la creazione di un mercato alternativo domestico potrebbe generare grandi profitti e aumenterebbe la sicurezza energetica e limitando il connesso rischio di interruzioni nel rifornimento.

Nei prossimi anni, l'opzione più promettente è sicuramente quella fornita dai carburanti Fischer-Tropsch prodotti con il sequestro e la cattura dell'anidride carbonica e derivati dalla gassificazione del carbone o da miscele di carbone e biomasse. Queste miscele sono una opzione promettente, a basso impatto ambientale e sono adatte sia per i motori diesel militari che civili. L'affermazione si basa sulla considerazione della fattibilità tecnica, sui costi di produzione e ovviamente sulle emissioni di gas serra. In particolare, se le emissioni venissero catturate e sequestrate, i carburanti derivanti dal carbone potrebbero avere un ciclo di emissioni di gas serra equiparabili a quelle dei derivati dal petrolio, mentre i carburanti che derivano da miscele di carbone e biomasse potrebbero raggiungere emissioni pari alla metà dei combustibili tradizionali. Inoltre, la tecnologia F-T è pronta per una prima applicazione commerciale, sempre che siano previsti incentivi governativi.

Rimane invece incerta la produzione di carburante da semi in quantità apprezzabile e senza cambiamenti nell'uso del territorio. L'analisi sottolinea anche come utilizzare energia pulita per produrre idrogeno ridurrebbe di molto le emissioni di gas serra.

“Nuclear power or power from renewable sources, such as wind, can be used to produce hydrogen. With sufficient additional hydrogen, nearly all of the carbon in the coal or biomass feedstock would end up in the final liquid products, and there would be virtually no plant-site emissions. This would eliminate the need for carbon dioxide cap-

ture and sequestration in FT and other processes that involve gasification as the first major process step”.

Tuttavia viene anche sottolineato come ciò non solo sia molto costoso ma richieda anche una grande capacità di generazione di energia elettrica.

Nel campo militare, il rapporto afferma che:

“There is no direct benefit to the Department of Defense or the services from using alternative fuels rather than petroleum-derived fuels”.

Dall'analisi, infatti, risulta che non ci sono benefici dalla produzione in prima linea dei carburanti alternativi ma che, al contrario, aumenterebbero i costi logistici. Non ci sono neanche prove che i produttori di tali carburanti li venderanno a prezzi inferiori rispetto al petrolio. Sicuramente l'utilizzo di carburanti alternativi nei sistemi d'arma consentirebbe al Dipartimento della Difesa americano di ridurre le emissioni di gas serra anche se permangono le incertezze collegate alla loro fattibilità tecnica.

Il rapporto afferma poi:

“If Defense Department efforts in alternative fuel testing, research, and promoting early commercial production are successful, the benefits of this work will accrue more to the nation as a whole rather than to DoD or the services”.

I carburanti Fischer-Tropsch sono i più promettenti a soddisfare le esigenze del Dipartimento della Difesa nel breve periodo, data anche la loro già avvenuta produzione e commercializzazione in altre parti del mondo. Inoltre, *“some of this production may be available for formulating JP-8 or JP-5 blends”*, dimostrando così anche la loro applicabilità come carburanti in campo militare.

Rimane, invece, ancora a livello embrionale lo sviluppo e la certificazione degli oli rinnovabili idrogenati e soprattutto vi sono poche evidenze che la produzione di un livello apprezzabile di tali biocombustibili possa comportare basse emissioni di gas serra.

“Defense Department technology-development efforts overemphasize early demonstration and underestimate the difficulty of developing alternative fuel technologies that offer acceptable economic and environmental performance”.

Molti degli sforzi del Dipartimento della Difesa si concentrano in progetti indipendenti, volti a dimostrare esclusivamente la fattibilità tecnica trascurando l'impatto ambientale e il costo di produzione. Come più volte i politici hanno imparato nel corso degli anni, dimostrare la fattibilità tecnica è semplice mentre dimostrare che la produzione possa avvenire a prezzi accessibili e rispettando l'ambiente è molto difficile e richiede investimenti nella ricerca necessari per il vero progresso, come la ricerca dei materiali, delle materie prime e la ricerca applicata dedicata alla comprensione dei problemi fondamentali e allo sviluppo di soluzioni idonee.

La ricerca termina con alcune raccomandazioni per il governo americano. In particolare, si consiglia di continuare ad investire nei carburanti F-T, minimizzando invece le risorse rivolte alla certificazione degli oli idrogenati. In pratica, viene affermato che se il Dipartimento della Difesa continuerà ad investire nello sviluppo dei carburanti alternativi dovrà farlo considerandolo un obiettivo di lungo periodo.

9

Considerazioni conclusive e proposte

I *trend* globali odierni di domanda e offerta di energia sono chiaramente insostenibili da un punto di vista ambientale, economico e sociale. Il settore energetico si trova ad affrontare quattro sfide principali: la minaccia di un cambiamento climatico con potenziali effetti distruttivi ed irreversibili, la riduzione progressiva della sicurezza degli approvvigionamenti, la crescita e volatilità dei prezzi dell'energia e la crescente domanda energetica nei Paesi in via di sviluppo. Non è esagerato affermare che uno sviluppo economico sostenibile sarà possibile solo se il mondo saprà garantire un'offerta di energia affidabile a prezzi accessibili ed effettuare una rapida trasformazione verso approvvigionamenti energetici a basso contenuto di carbonio, efficienti e rispettosi dell'ambiente.

L'analisi fin qui condotta sulle tematiche energetico-ambientali, sullo sviluppo sostenibile, sull'efficienza energetica e sulle fonti energetiche rinnovabili, ci consente ora di fare una valutazione sulle prospettive future e i limiti dell'utilizzo, da parte delle Forze Armate, di nuove forme di energia indirizzate allo sviluppo di uno scenario energetico compatibile con le risorse messe a disposizione dal pianeta che ci ospita.

Esistono, a fronte di questa ipotetica possibilità, due principali ostacoli di natura tecnica alla diffusione delle rinnovabili, che si traducono anche in svantaggi economici: la difficile vettoriabilità (trasportabilità) dell'energia rinnovabile verso altri settori di consumo e l'intermittenza della produzione di energia, propria delle fonti solari. Per esigenze di corretto funzionamento e continuità di servizio, la rete di distribuzione elettrica nazionale non può accettare sorgenti di potenza intermittente oltre un limite ben definito. Occorre pertanto un'adeguata strategia se si vuole profittare dell'occasione offerta dall'energia rinnovabile per rispondere alla richiesta di sviluppo sostenibile.

L'aumento dei costi energetici sta diventando un problema via via più sentito dalle Forze Armate di tutto il mondo. Secondo il *2010 Quadrennial Defense Review* del Dipartimento della Difesa americano l'energia giocherà un ruolo significativo nel "plasmare il futuro contesto di sicurezza nazionale".

Tradizionalmente le Forze Armate sono sempre state tra i grandi consumatori di energia, ma finora hanno investito poco nella fase di produzione di energia, dando per scontato la disponibilità di energia e la sua accessibilità e ponendo poca attenzione ai costi da sostenere per l'approvvigionamento di energia e ai rischi di dipendenza energetica.

Oltre al consumo, anche il trasporto di energia rappresenta un'attività importante per le Forze Armate per diverse ragioni. Innanzitutto, perché le Forze Armate hanno la necessità di spostarsi per adempiere ai loro compiti di difesa nazionale e di garanzia della sicurezza internazionale, mediante l'intervento in missioni, di pace e non, in Patria e all'estero. In secondo luogo, il trasporto di energia è un'attività indispensabile per garantire l'operatività e la funzionalità delle Forze Armate poiché finora esse non si sono dotate di strutture e metodologie di autoproduzione di energia.

Attualmente il successo delle missioni operative all'estero, come ad esempio in Iraq ed Afghanistan, dipende anche dagli approvvigionamenti di energia e dai rifornimenti di combustibili. Il trasporto dell'energia nei teatri operativi è una voce di costo sempre più importante nei bilanci delle Forze Armate, in termini di risorse economiche e di vite umane. Il Dipartimento della Difesa americano riporta che un terzo delle vittime di guerra ha a che fare con le operazioni di convoglio. Il 70% del peso del convoglio è costituito da acqua e/o combustibile. Pertanto la questione energetica e un'appropriata gestione dell'energia è divenuta una tematica fondamentale per garantire l'efficacia delle Forze Armate e mantenere la sicurezza nazionale.

Alla luce del cambiamento climatico e dei crescenti rischi di sicurezza energetica dovuti principalmente all'aumento della dipendenza energetica da combustibili fossili sempre più scarsi e situati in Paesi ad alta instabilità politica, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'uso di fonti rinnovabili di energia è divenuta quindi una missione di cruciale importanza per le Forze Armate di tutto il mondo, anche per ottemperare agli obblighi di riduzione delle emissioni di carbonio.

Chiaramente, l'operatività delle Forze Armate in futuro dipenderà dalla capacità delle stesse di ridurre la dipendenza energetica, aumentare l'efficienza e utilizzare più fonti rinnovabili o alternative di energia. Attraverso una serie di iniziative per l'energia, le Forze Armate di diversi Paesi stanno sviluppando tecnologie innovative e migliorando le prestazioni operative in tutta la gamma delle operazioni militari, a partire dai soldati, fino ad arrivare alle piattaforme e alle esigenze di sostentamento.

L'obiettivo finale è una maggiore efficacia operativa, misurata in termini di protezione, resistenza, agilità, flessibilità, resistenza e forza. La gestione dell'energia, la diversificazione delle fonti di energia, una maggiore efficienza energetica e la riduzione della domanda di energia, porteranno alla gestione sostenibile delle Forze Armate. Questo risultato si tradurrà in un minor numero di vittime e in un risparmio di costi energetici che consentirà di riallocare le risorse liberate in una migliore qualità della vita per i soldati e le famiglie.

A tal fine, poiché le missioni militari di oggi richiedono quantità crescenti di energia, e le linee di approvvigionamento sono sempre più costose, vulnerabili agli attacchi e onerose per i soldati, le Forze Armate avrebbero bisogno, in primo luogo, di:

- ridurre la domanda complessiva di energia operativa;
- migliorare l'efficienza del consumo energetico militare al fine di migliorare l'efficacia di combattimento;
- ridurre i rischi e costi delle missioni militari.

In secondo luogo, la maggior parte delle operazioni militari dipende da un'unica fonte energetica, il petrolio che ha ripercussioni economiche, svantaggi strategici e ambientali. Inoltre, la sicurezza delle infrastrutture di approvvigionamento energetico non è sempre robusta. Ciò include anche la rete elettrica civile che alimenta alcune installazioni fisse che supportano direttamente le operazioni militari. Le Forze Armate avrebbero quindi bisogno di diversificare le fonti di energia e proteggere l'accesso alle fonti energetiche al fine di avere una fornitura più affidabile e sicura di energia per le missioni militari.

In terzo luogo, le Forze Armate necessitano di integrare i costi economici e le implicazioni di sicurezza del consumo di energia operativa (in strutturazione, equipaggiamento, e atteggiamenti) nella pianificazione dell'attività futura e nello sviluppo e crescita delle forze militari. L'energia sarà, di per sé, una risorsa importante per rispondere con efficacia alle missioni previste dalla strategia militare nazionale.

Si sottolinea che per una corretta implementazione di una strategia energetica efficace è indispensabile avere a disposizione:

- le informazioni sugli attuali consumi di energia e combustibile;
- le informazioni sui costi sopportati per l'approvvigionamento di energia e combustibile;
- un sistema di misurazione dei consumi energetici ed appropriati indicatori di performance energetici.

A tal fine si suggerisce, anche in Italia, l'istituzione di un'agenzia come quella del governo degli Stati Uniti, la *U.S. Energy Information Administration* (EIA), oppure una *task force* specializzata, per la raccolta e l'analisi delle informazioni sull'energia e i combustibili in ambito militare. Un primo passo in questa direzione è l'annuncio del Ministro della Difesa, dell'8 luglio 2011, della volontà di costituire un Comitato consultivo in campo energetico del quale faranno parte oltre ai due Sottosegretari di Stato alla Difesa ed ai Vertici militari della Difesa, rappresentanti di tutti gli schieramenti politici presenti in Parlamento, sia della maggioranza sia dell'opposizione, ed al quale potranno essere invitati i Presidenti delle Commissioni di Camera e Senato.

Allo stato attuale, emerge, pertanto, una stringente esigenza di *accountability* delle Forze Armate ed appare necessario un forte investimento in sistemi di misurazione e controllo delle performance delle Forze Armate, soprattutto in termini di consumi di risorse (economiche, umane e tecnologiche), sulla scia dei programmi di valutazione delle *performance* fortemente voluti dal Ministro per la Pubblica amministrazione e l'Innovazione e avviati dalla recente riforma della Pubblica Amministrazione del 2010. In questo senso, un notevole supporto può essere dato dal Piano delle Performance del Ministero della Difesa.

Del resto, il presupposto fondamentale per una pianificazione efficace delle azioni e degli investimenti da compiere nel prossimo futuro è la conoscenza dello stato dell'arte. Nel caso specifico, per prendere decisioni consapevoli per il miglioramento dell'efficienza energetica delle Forze Armate, è richiesta una maggiore conoscenza:

- delle quantità di energia prodotta dalle Forze Armate;
- dei costi di produzione di energia delle Forze Armate;
- delle quantità di energia trasportata dalle Forze Armate;

- dei costi sopportati dalle Forze Armate per il trasporto di energia;
- delle quantità di energia consumata dalle Forze Armate;
- delle tipologie dei consumi di energia delle Forze Armate;
- dei costi sopportati dalle Forze Armate per l’approvvigionamento di energia, con un dettaglio per tipologia di fonte.

Si auspica quindi una rapida adozione di strumenti di misurazione e controllo dei consumi di energia da parte delle Forze Armate e il costante monitoraggio dei consumi di energia e dei loro costi, al fine di adottare prontamente adeguate strategie di risposta e fronteggiamento dei rischi energetici e di riduzione dei costi dell’energia, sulla scia della *Net Zero Strategy* adottata dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti.

Dall’analisi dell’andamento del sistema energetico e dei fabbisogni di energia delle Forze Armate, appaiono sempre più evidenti anche i crescenti rischi a cui la sicurezza energetica delle Forze Armate, e più in generale del nostro Paese, è sottoposta. Del resto, le Forze Armate hanno bisogno di energia (energia elettrica e combustibili) per alimentare le basi militari (fisse e mobili), i veicoli di trasporto (da combattimento e non) e l’equipaggiamento dei soldati, che sono gli strumenti fondamentali per “vivere, muovere e combattere”, o, in altri termini, per adempire alla missione istituzionale delle Forze Armate di difendere la sicurezza nazionale.

Pertanto le Forze Armate hanno bisogno di diversificare le proprie fonti di energia e proteggere l’accesso alle fonti di energia disponibili al fine di assicurarsi una fornitura più affidabile e sicura di energia per le missioni militari.

In questo quadro, la migliore strategia perseguibile dalle Forze Armate – per adempire alla propria missione istituzionale – è quella di investire in efficienza energetica e di incrementare il ricorso alle fonti rinnovabili per la produzione di energia.

Il solare fotovoltaico, i biocombustibili (tra cui i carburanti Fischer-Tropsch sono i più promettenti) e le celle a combustibile mostrano le migliori potenzialità di impiego e sviluppo nelle applicazioni militari, con riferimento alla produzione, al trasporto e al consumo di energia delle Forze Armate, in Patria e all’estero, sia per missioni di pace che di guerra.

Gli investimenti in energie alternative devono ovviamente rispondere ai requisiti di efficacia ed efficienza dell’azione delle Forze Armate, così da garantire nel tempo la sostenibilità

della spesa militare e, più in generale, la sostenibilità delle finanze pubbliche, così come raccomandato dal Consiglio *Ecofin* dell'Unione europea.

Attualmente la ricerca dell'efficienza, ovvero del contenimento dei costi sostenuti per l'energia, assume particolare rilevanza poiché le risorse, non solo energetiche, a disposizione delle Forze Armate e dello Stato sono sempre più scarse. Del resto questa problematica è alla base della più generale questione economica. In altri termini, vi è l'esigenza di soddisfare i bisogni della collettività, che per definizione sono illimitati, mediante risorse (economiche, umane e tecnologiche) limitate nel tempo e nello spazio e in via di riduzione. Ciò è sicuramente vero in tempo di pace, tuttavia si ritiene che tale attenzione all'efficienza della gestione, seppur attenuata, debba essere mantenuta anche in tempo di guerra. È evidente che, in situazioni di guerra, il raggiungimento dell'efficacia della missione assume la prevalenza e debbano essere impiegate tutte le risorse necessarie per raggiungere l'obiettivo fissato ma, allo stesso tempo, si dovrebbe evitare di sprecare risorse non necessarie a tal fine.

In sintesi, investire in energie alternative risulta essere una valida strategia per ridurre il consumo di energia e la dipendenza energetica delle Forze Armate e contenere i relativi costi, nel rispetto della finalità ultima e specifica delle Forze Armate di fornire il servizio di difesa nazionale. Ovviamente ogni scelta di investimento va valutata singolarmente in termini tecnici, operativi ed economici, senza trascurare le politiche di incentivazione delle energie rinnovabili predisposte dallo Stato. Quindi si consiglia di effettuare volta per volta le opportune valutazioni tecniche ed economiche di fattibilità, specifiche del progetto che si desidera realizzare.

La riduzione della domanda di energia nelle operazioni militari, l'espansione della produzione di energia – anche tramite il ricorso a fonti rinnovabili – e il miglioramento della sicurezza energetica delle Forze Armate da un punto di vista operativo significa avere un militare che usa meno energia, ha fonti di energia più sicure e ha le risorse (economiche, energetiche e tecnologiche) necessarie per proteggere la popolazione ed assicurare la difesa nazionale.

Più in dettaglio, i benefici dell'affermazione di una nuova cultura energetica per le Forze Armate sono molteplici, tra di essi spiccano i seguenti risultati positivi conseguibili nel medio-lungo termine:

- risparmio di vite umane perse nel trasporto e nella protezione di combustibile sul campo di battaglia;
- miglioramento di capacità, resistenza e affidabilità delle forze di terra, aria, mare e del loro sistema informativo;
- alleggerimento del carico logistico di combustibile da movimentare e riduzione della vulnerabilità delle linee di approvvigionamento del combustibile;
- focalizzazione di alcune forze e capacità di combattimento dalla logistica e dalle linee di rifornimento di combustibile a missioni operative;
- rafforzamento della capacità di risposta delle Forze Armate all'aumento del prezzo dell'energia e alla volatilità delle forniture;
- equipaggiamento delle Forze Armate per raggiungere il successo nell'affrontare le sfide del ventunesimo secolo, grazie ad un migliore allineamento delle risorse tra gli obiettivi tattici, operativi e strategici;
- attivazione di buone relazioni con altri Paesi, condividendo il miglioramento delle capacità di gestione dell'energia operativa, anche in applicazioni civili;
- collaborazione al raggiungimento degli obiettivi nazionali, quali la riduzione della dipendenza dai combustibili fossili, la riduzione delle emissioni di gas serra e stimolare l'innovazione nel settore civile.

Inoltre, il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza energetica nazionale, permetterà alle Forze Armate di concentrarsi sulla missione prioritaria di difesa e protezione della sicurezza nazionale a cui sono preposte, prevalendo nelle guerre di oggi, prevenendo e scoraggiando eventuali conflitti e preparandosi a sconfiggere possibili avversari in futuro.

L'affermazione di una nuova cultura energetica permetterà alle Forze Armate e al Ministero della Difesa di dare anche un forte impulso allo sviluppo di sistemi energetici sostenibili e un ampio sostegno all'innovazione, data l'entità del fabbisogno energetico militare e la necessità di cambiare le attuali abitudini di consumo.

In particolare, il Ministero della Difesa dovrebbe incentivare lo sviluppo di sistemi di produzione di energia da fonti alternative al fine di rimuovere alcuni degli oneri delle linee di ali-

mentazione e approvvigionamento di energia, con particolare attenzione alle energie che possono essere generate o acquistate a livello locale o regionale. Per esempio, le forze operative speciali americane nel nord dell'Afghanistan e una compagnia di *Marines* recentemente dispiegata nella provincia di Helmand, in Afghanistan, stanno valutando l'opportunità di produrre energia elettrica dall'energia solare, mentre la Marina degli Stati Uniti sta cercando di sviluppare tecnologie *waste-to-energy* in grado di essere installati sulle navi.

In aggiunta, la capacità di produrre anche piccole quantità di energia nei luoghi più avanzati può ridurre la pressione sulle rotte di approvvigionamento di combustibile più pericoloso e costoso. Inoltre, l'addestramento delle forze militari incorporando l'uso di energie alternative avrà un vantaggio secondario di ridurre ulteriormente la diffusione di tecnologie basate sull'utilizzo di petrolio in campo militare.

Lo sviluppo di sistemi di generazione di energia da fonti alternative ha anche la potenzialità per migliorare lo sviluppo delle tecnologie in altri ambiti, come ad esempio nel settore civile. Infatti, le tecnologie più promettenti per scopi militari di trasporto possono essere adatte anche per le nazioni partner in cui mancano le infrastrutture estese di energia. Forze Usa in Afghanistan, per esempio, hanno costruito avamposti dell'esercito nazionale afgano alimentati da energia solare. Il Comando Sud degli Stati Uniti sta lavorando con i militari di El Salvador per installare un sistema da 91 kilowatt di pannelli solari in grado di fornire il 20% del fabbisogno energetico nella postazione di sicurezza cooperativa in Comapa, El Salvador.

Inoltre, il Ministero della Difesa dovrebbe adoperarsi per promuovere la garanzia di approvvigionamenti di fonti energetiche a lungo termine. La volatilità dei prezzi del petrolio continuerà ad essere una sfida per il bilancio del Ministero della Difesa e data la situazione dei mercati mondiali del petrolio è plausibile e sempre più probabile prevedere un'interruzione delle forniture di petrolio nei prossimi decenni. Le Forze Armate americane hanno già preso provvedimenti per certificare aerei, navi, veicoli tattici e attrezzature di supporto per l'uso di combustibili liquidi alternativi. Questa è una strategia prudente ed anche una polizza di assicurazione contro future interruzioni di fornitura di petrolio e prezzi elevati che potrebbe essere replicata anche in Italia.

Si prevede che a lungo termine, i combustibili alternativi potranno costituire una parte importante dell'energia consumata e il Ministero della Difesa e i suoi servizi dovrebbero essere pronti a sfruttare questo sviluppo attraverso il continuo investimento in ricerca, sviluppo, test e valutazione di combustibili alternativi. Tali investimenti devono essere supportati da analisi sulla fattibilità economica e tecnica e soddisfare le seguenti condizioni:

- i combustibili devono essere “*drop in*” (cioè compatibili con le apparecchiature attuali, piattaforme e infrastrutture);
- i combustibili devono essere in grado di supportare un dispiegamento di forze impiegate a livello globale;
- bisogna tener conto delle potenziali conseguenze a monte e a valle, come più elevati prezzi dei generi alimentari;
- bisogna tener conto del ciclo di vita delle emissioni di gas a effetto serra, che deve essere inferiore o uguale a tali emissioni da combustibili convenzionali.

L'analisi attuata dal team di Rand offre importanti spunti di riflessione in merito all'utilizzo dei carburanti alternativi in ambito militare. In particolare, la ricerca evidenzia che lo sviluppo di un mercato competitivo dei carburanti alternativi costituisce un vantaggio competitivo non solo per la Difesa ma per la nazione nel suo complesso. La creazione di fonti di approvvigionamento diversificate, infatti, riducendo la domanda di petrolio convenzionale diminuirebbe anche la dipendenza dai produttori e, di conseguenza, il prezzo stesso del petrolio convenzionale. Il lavoro dimostra che la creazione di un mercato alternativo domestico potrebbe generare grandi profitti e aumenterebbe la sicurezza energetica e il connesso rischio di interruzioni nel rifornimento.

Nei prossimi anni, l'opzione più promettente è sicuramente quella fornita dai carburanti Fischer-Tropsch prodotti con il sequestro e la cattura dell'anidride carbonica e derivati dalla gassificazione del carbone o da miscele di carbone e biomasse. Queste miscele sono un'opzione promettente, a basso impatto ambientale e sono adatte sia per i motori diesel militari che civili. L'affermazione si basa sulla considerazione della fattibilità tecnica, sui costi di produzione e ovviamente sulle emissioni di gas serra. In particolare, se le emissioni venissero catturate e sequestrate, i carburanti derivanti dal carbone potrebbero avere un ciclo di emissioni di gas serra equiparabili a quelle dei derivati dal petrolio, mentre i carburanti che derivano da miscele di carbone e biomasse potrebbero raggiungere emis-

sioni pari alla metà dei combustibili tradizionali. Inoltre, la tecnologia F-T è pronta per una prima applicazione commerciale, sempre che siano previsti incentivi governativi.

Rimane invece incerta la produzione di carburante da semi in quantità apprezzabile e senza cambiamenti nell'uso del territorio. Inoltre, lo sviluppo e la certificazione degli oli rinnovabili idrogenati rimane ancora a livello embrionale e soprattutto vi sono poche evidenze che la produzione di un livello apprezzabile di tali biocombustibili possa comportare basse emissioni di gas serra. L'analisi sottolinea anche come utilizzare energia pulita per produrre idrogeno ridurrebbe di molto le emissioni di gas serra. Tuttavia viene anche sottolineato come ciò non solo sia molto costoso ma richieda anche una grande capacità di generazione di energia elettrica.

Tuttavia la produzione diretta di combustibili alternativi in campo militare non sembra produrre benefici immediati che, al contrario, aumenterebbe i costi logistici. Non ci sono neanche prove che i produttori di tali carburanti li venderanno a prezzi inferiori rispetto al petrolio. Sicuramente l'utilizzo di carburanti alternativi nei sistemi d'arma tattica consentirebbe alle Forze Armate di ridurre le emissioni di gas serra e la dipendenza energetica dall'estero anche se permangono le incertezze collegate alla loro fattibilità tecnica. In tal senso, il raggiungimento dell'efficacia dell'azione delle Forze Armate potrebbe prevalere sulle condizioni di efficienza e sostenibilità della spesa militare per energia, purché l'obiettivo di una gestione oculata delle risorse scarse a disposizione sia costantemente presente a chi spetta il compito di indirizzare l'azione strategica delle Forze Armate. Per esempio, in tempo di guerra – in caso di scarsità di approvvigionamenti di combustibili fossili – la disponibilità in Patria di vaste culture di alghe o di altre risorse utilizzate per la produzione di biocombustibili consentirebbe alle Forze Armate di disporre dei combustibili necessari per alimentare le proprie strutture e garantire il servizio di difesa della sicurezza nazionale.

La ricerca termina con alcune raccomandazioni per il governo americano. In particolare, si consiglia di continuare ad investire nei carburanti F-T, minimizzando invece le risorse rivolte alla certificazione degli oli idrogenati. In pratica, viene affermato che se il Dipartimento della Difesa continuerà ad investire nello sviluppo dei carburanti alternativi dovrà farlo considerandolo un obiettivo di lungo periodo.

Oltre agli interventi diretti nella produzione e nel consumo di energia, si raccomanda di migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico delle missioni operative in installazioni fisse, con particolare riferimento alle forniture di elettricità. Per le basi militari, un'interruzione delle forniture di energia elettrica di qualsiasi durata potrebbe avere un impatto sulle operazioni militari. Nel lungo periodo, l'interruzione di energia elettrica potrebbe minare la capacità del Ministero della Difesa e delle Forze Armate di svolgere il proprio compito istituzionale di difesa della sicurezza nazionale, compreso il supporto alle autorità civili in caso di emergenza nazionale.

In aggiunta, per raggiungere gli obiettivi di sicurezza energetica, ambientale ed economica delle Forze Armate nel prossimo futuro, la transizione verso l'energia pulita dovrebbe essere accompagnata da un cambiamento culturale del personale che richiede lo sviluppo della consapevolezza energetica individuale, di nuove abitudini di consumo energetico e un'attenzione creativa continua verso i metodi e le tecnologie per ridurre la domanda energetica. Le Forze Armate dovranno pertanto impegnarsi in una vasta attività di formazione e sensibilizzazione alla questione energetica ed ai suoi costi.

Per concludere, si vuole ricordare che il primo passo per una gestione più efficiente delle risorse energetiche è la riduzione dei consumi di energia, che ha spesso un costo pari a zero. Dello stesso avviso è anche Art Rosenfeld, anziano scienziato ambientale che, dopo lo shock petrolifero degli anni Settanta, ha iniziato la sua crociata per il risparmio energetico. «Ricordatevi di spegnere le luci!» è una delle sue esortazioni più famose. E, soprattutto, «C'è una forma di energia – ama ripetere lo scienziato americano – ancora più pulita del sole, ancora più rinnovabile del vento: è l'energia che non consumiamo».

PARTE SPECIALISTICA

Le fonti rinnovabili di energia:

schede tecnologiche

1

L'eolico

SOMMARIO: 1.1 Descrizione e stato dell'arte – 1.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 1.3 Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione – 1.4 Analisi economica.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

2

Il solare fotovoltaico

SOMMARIO: 2.1 Descrizione e stato dell'arte – 2.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 2.3 Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione – 2.4 Analisi economica.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

3

Il solare termico

SOMMARIO: 3.1 Descrizione e stato dell'arte – 3.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 3.3 Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione – 3.4 Analisi economica.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

4

Il solare termodinamico

SOMMARIO: 4.1 Descrizione e stato dell'arte – 4.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 4.3 Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione – 4.4 Analisi economica.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

5

Le biomasse

SOMMARIO: 5.1 Descrizione e stato dell'arte – 5.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 5.3 Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione – 5.4 Analisi economica.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

6

Il biogas

SOMMARIO: 6.1 Descrizione e stato dell'arte – 6.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 6.3 Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione – 6.4 Analisi economica.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

7

I biocarburanti

SOMMARIO: 7.1 Descrizione e stato dell'arte – 7.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 7.3 Analisi economica, potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

8

La geotermia

SOMMARIO: 8.1 Descrizione e stato dell'arte – 8.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 8.3 Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione – 8.4 Analisi economica.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

9

L'idroelettrico

SOMMARIO: 9.1 Descrizione e stato dell'arte – 9.2 Prospettive tecnologiche e R&S – 9.3 Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione – 9.4 Analisi economica.

NOTA del Ce.Mi.S.S.:

Questa versione del Rapporto Finale di Ricerca,
e' "abbreviata" perche' destinata alla pubblicazione web.

Lo studioso puo' leggere le "schede tecnologiche"
scaricandole liberamente dal sito ENEA, all'indirizzo:

http://old.enea.it/produzione_scientifica/volumi/V2010_07-FontiRinnovabili2010.html

(ultima visita 2011 11 23)

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2007), *Indice delle Liberalizzazioni 2007*, Istituto Bruno Leoni, Torino.
- AA.VV. (2009), *I Convegno Nazionale "La Ragioneria e l'Economia aziendale: dinamiche evolutive e prospettive di cambiamento"*, Siena, 8-9 Maggio, Franco Angeli, Milano.
- BLASI A., BOI V., GONCALVES F., MAGALDI M., ZUCCHINI F. (2004), *Gas e infrastrutture: scenari e prospettive*, Working Paper.
- CAFFERATA R. (1983), *Pubblico e privato nel sistema delle imprese*, Franco Angeli, Milano.
- CARLI M., CARPANI G., CECCHETTI M., GROPPI T. e SINISCALCHI A. (2008), *Governance ambientale e politiche governative. L'attuazione del protocollo di Kyoto*, Il Mulino, Bologna.
- CAVALIERI E. e FERRARIS FRANCESCHI R. (2008), *Economia Aziendale*, volume I, Giappichelli, Torino.
- COMMISSIONE EUROPEA (2000), *Libro Verde verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico*, COM(2000) 769 definitivo.
- COMMISSIONE EUROPEA (2006), *Libro Verde per una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura*, COM(2006) 105 definitivo.
- COMMISSIONE EUROPEA (2007), *Una politica energetica per l'Europa*, COM(2007) 1 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles.
- COMMISSIONE EUROPEA (2010c), *EU Energy Trends to 2030 - Update 2009*, *Publications Office of the European Union*, Luxembourg.
- COMMISSIONE EUROPEA (2008), *Secondo riesame strategico della politica energetica – Piano d'azione dell'Unione europea per la Sicurezza e la Solidarietà nel Settore Energetico*, COM(2008) 781 definitivo, *Commission Staff Working Paper*, Bruxelles.
- CONSIGLIO EUROPEO (2007), *Piano d'Azione del Consiglio europeo (2007-2009) – Politica Energetica per l'Europa (PEE)*, 7724/07, Bruxelles.
- DALLOCCHIO M., ROMITI S., VESIN G. (2001), *Public Utilities: creazione del valore e nuove strategie*, Egea, Milano, pp. 15-16.
- DI CARLO, A. (2007), *"Il fotovoltaico organico"*, *Centre for Hybrid and Organic Solar Energy*, Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università di Roma Tor Vergata.
- DI CARLO, A. (2010), *"Tecnologie fotovoltaiche"*, *Centre for Hybrid and Organic Solar Energy*, Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università di Roma Tor Vergata.

- DI CARLO E. (2009), *I gruppi aziendali tra economia e diritto*, Giappichelli, Torino.
- DI TILLIO, C., (2008), *Studio, progettazione e sperimentazione di un laboratorio di misure "on-site" per impianti fotovoltaici di media e grande taglia*, Roma.
- FEOLA R. (2006), *Opportunità imprenditoriali e scelte strategiche nel settore delle energie rinnovabili*, Salerno, Kastalia Multimedia.
- EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL (2010), *Renewable Energy Technology Roadmap*, Bruxelles.
- IACOMELLI A. (2007), *Oltre Kyoto - Cambiamenti climatici e nuovi modelli energetici*, Muzzio Editore, Montereale, Mulazzo (MS).
- LANZA S., SILVA F. (2006), *I servizi pubblici in Italia: il settore elettrico*, Il Mulino, Bologna.
- LORENZONI A., DE PAOLI L. (1999), *Economia e Politica delle fonti rinnovabili e della cogenerazione*, Milano, Franco Angeli.
- NOVA A. (2009), *Investire in Energie rinnovabili*, Milano Egea.
- PAGANETTO L. (2007), *Rischio energia. Efficienza energetica e ruolo dei consumatori*, Donzelli, Roma.
- PIANI G. (2008), *Il protocollo di Kyoto. Adempimento e sviluppi futuri*, Zanichelli, Bologna.
- RANALLI F. (1988), *Considerazioni sul tema dell'economicità*, Clua Editrice, Pescara.
- RONCAGLIA A. (1983), *L'economia del petrolio*, Laterza, Bari.
- SCOGNAMIGLIO A., BOSISIO P., DI DIO V. (2009), *Fotovoltaico negli edifici*, Edizioni Ambiente, Milano.
- STIGLITZ J.E. (2003), *Economia del settore pubblico: fondamenti teorici*, Hoepli, Milano.
- THE EUROPEAN HOUSE AMBROSETTI (2007), "Le caratteristiche del settore energetico in Europa", in *Linee guida per la politica delle fonti energetiche primarie come chiave per la competitività e sicurezza dell'Italia e dell'Europa in futuro*, Ambrosetti SpA, Milano.
- ZAPPA G. (1957), *Le produzioni nell'economia delle imprese*, Giuffrè, Milano.

SITOGRAFIA

- <http://arpa-e.energy.gov>
- <http://energy.defense.gov>
- <http://energy.sandia.gov/index.htm>
- <http://iea-ret.d.org>
- <http://it.wikipedia.org>
- <http://mercator.nrel.gov/csp>
- <http://rpm.nrel.gov/biopower/biopower/launch>
- <http://omrpublic.iea.org>
- <http://www.army.mil>
- <http://www.autoblog.it>
- <http://www.beghelli.it>
- <http://www.chose.uniroma2.it>
- <http://www.cnr.it>
- <http://www.defense.gov>
- <http://www.difesa.it>
- http://www1.eere.energy.gov/femp/regulations/requirements_by_subject.html
- <http://www1.eere.energy.gov/femp/technologies/derchp.html>
- http://www1.eere.energy.gov/femp/technologies/renewable_energy.html
- http://www1.eere.energy.gov/femp/technologies/renewable_hydropower.html
- <http://www1.eere.energy.gov/geothermal>
- <http://www.eia.gov>
- <http://www.enea.it>
- <http://www.epa.gov/rdee/energy-and-you/affect/municipal-sw.html>
- <http://www.eurobserv-er.org>
- <http://www.ewea.org>
- <http://www.greenme.it>
- <http://www.homerenergy.com>
- <http://www.iea.org>
- <http://www.italnews.info>
- <http://www.marina.difesa.it>

- <http://www.nato.int>
- <http://www.nrel.gov/analysis/sam>
- <http://www.nrel.gov/eis/imby>
- <http://www.nrel.gov/gis/femp.html#water>
- <http://www.nrel.gov/rredc/pvwatts>
- <http://www.nrel.gov/gis/solar.html>
- <http://www.omniauto.it>
- <http://www.rand.org>
- <http://www.retscreen.net/ang/home.php>
- <http://www.renewableenergyinformation.org>
- <http://www.rinnovabili.it>
- <http://www.solair-project.eu>
- <http://www.technoplaza.it>
- <http://www.usgs.gov>
- <http://www.utexas.edu>
- http://www.windpoweringamerica.gov/wind_maps.asp

Ce.Mi.S.S.¹⁷⁶

Il Centro Militare di Studi Strategici (Ce.Mi.S.S.) è l'Organismo che gestisce, nell'ambito e per conto del Ministero della Difesa, la ricerca su temi di carattere strategico.

Costituito nel 1987 con Decreto del Ministro della Difesa, il Ce.Mi.S.S. svolge la propria opera valendosi di esperti civili e militari, italiani ed esteri, in piena libertà di espressione di pensiero.

Quanto contenuto negli studi pubblicati riflette quindi esclusivamente l'opinione del ricercatore e non quella del Ministero della Difesa.

Silvia TESTARMATA¹⁷⁷

Silvia TESTARMATA è Dottore di Ricerca in "Economia e gestione delle aziende e delle amministrazioni pubbliche" presso il Dipartimento di Studi sull'Impresa della Facoltà di Economia dell'Università di Roma Tor Vergata.

È docente per la LUISS Business School¹⁷⁸ e l'Università di Roma Tor Vergata¹⁷⁹ sulle tematiche relative ad Economia Aziendale, Contabilità & Bilancio, Programmazione & Controllo e Business Planning & Valutazione degli Investimenti.

¹⁷⁶ http://www.difesa.it/smd/casd/istituti_militari/CeMISS/Pagine/default.aspx

¹⁷⁷ <http://www.economia.uniroma2.it/nuovo/facolta/docenti/docenti.asp?idProfessore=385> (last visit 2011 11 23)

¹⁷⁸ <http://www.lbs.luiss.it/>

¹⁷⁹ <http://web.uniroma2.it/home.php?sr=800> (last visit 2011 11 23)