



La sicurezza alimentare è una delle più importanti sfide che la comunità internazionale deve affrontare in questo inizio di XXI secolo. La carenza di cibo, che interessa circa un ottavo della popolazione mondiale, va considerata uno dei temi prioritari dell'agenda politica degli organismi internazionali, ma anche dei governi nazionali, a partire da quelli dei paesi più industrializzati (è di questi giorni la proposta delle Nazioni Unite e della Banca Mondiale di un "new deal" per il cibo). Il fenomeno dei cambiamenti climatici contribuirà a peggiorare la situazione, in particolare nei paesi in via di sviluppo, dove la produzione alimentare potrebbe ridursi drasticamente, fino al 50% entro il 2020 in quelli del continente africano. La FAO, l'agenzia dell'ONU che si occupa istituzionalmente di questi temi, organizza dal 3 al 5 giugno 2008 a Roma una Conferenza internazionale di alto livello dal titolo "La sicurezza alimentare mondiale e la sfida del cambiamento climatico e della bioenergia", per fornire ai capi di governo e di organismi internazionali le conoscenze necessarie per adottare le politiche adeguate ad affrontare queste sfide. Nel precedente numero della rivista abbiamo pubblicato un articolo sull'utilizzazione degli OGM, in particolare nei paesi in via di sviluppo. In questo fascicolo ospitiamo un contributo di Jacques Diouf, Direttore Generale della FAO, in cui sono illustrate le linee strategiche dell'impegno per la sicurezza alimentare, che deve dunque essere posta al centro del dibattito post-Kyoto. L'accordo, che verrà siglato entro il 2009, dovrà prevedere misure certe in termini di mitigazione e adattamento a favore dei paesi in via di sviluppo. Il ricorso alla bioenergia, afferma Diouf, se da un lato può aiutare a risolvere i problemi energetici delle zone rurali dei PVS, dall'altro non deve generare pressioni insostenibili sulle risorse naturali mondiali favorendo un'impennata dei prezzi dei prodotti alimentari, come sta accadendo in questi mesi. Il tema delle bioenergie ci ricollega direttamente alle scelte che il Consiglio Europeo ha preso nel marzo 2007 per trasformare l'Europa in un'economia fondata su un'energia efficiente e a basse emissioni di gas serra. L'obiettivo del 20% al 2020 di riduzione delle emissioni di gas serra, di aumento dell'efficienza energetica e del contributo delle fonti rinnovabili al mix energetico, comporta un forte sviluppo delle tecnologie energetiche a basso contenuto di carbonio. La Commissione Europea ha presentato nel novembre 2007 l'*European Strategic Energy Technology Plan* (SET Plan), di cui abbiamo già dato conto nel numero 1/2008 della Rivista, che rappresenta la cornice strategica entro cui operare a livello europeo per sviluppare efficaci iniziative di innovazione, ricerca, dimostrazione e sfruttamento economico dell'energia. Nell'intervista al Commissario europeo per l'energia Andris Piebalgs vengono presentati i contenuti strategici del SET Plan e le sue varie fasi attuative, che prevedono lo sviluppo di un sistema europeo di tecnologie energetiche, il lancio di iniziative industriali europee e lo sviluppo di un'Alleanza europea per l'energia. Il SET Plan intende contribuire ad attuare un'Unione Europea con un'economia florida e sostenibile che possa vantare una *leadership* mondiale in diverse tecnologie energetiche pulite, efficienti e a basso contenuto di carbonio, che favoriscano il benessere e l'occupazione. Sul tema delle nuove tecnologie abbiamo focalizzato l'attenzione in questo numero della rivista attraverso vari articoli. Due relativi alle tecnologie per la cattura e lo stoccaggio della CO₂ nell'ottica "zero emission" dall'utilizzo di fonti fossili: il primo di due ricercatori ENEA, il secondo del Presidente Sotacarbo, Società partecipata paritetica da Regione Sardegna ed ENEA; un terzo sui biocarburanti, tema toccato anche da Jacques Diouf, ed infine uno sulle tecnologie fotovoltaiche di nuova generazione, a dimostrazione del forte impegno dell'ENEA in tema di ricerca sui nuovi fronti delle tecnologie energetiche e ambientali, a supporto delle scelte strategiche del Paese.

Il Direttore Responsabile
Flavio Giovanni Conti

editoriale

primo piano



6

LA SICUREZZA ALIMENTARE IN TEMPI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO E PRODUZIONE BIOENERGETICA

*FOOD SECURITY IN TIMES OF CLIMATE CHANGE
AND BIOENERGY PRODUCTION*

Jacques Diouf

9

INTERVISTA A ANDRIS PIEBALGS

INTERVIEW WITH ANDRIS PIEBALGS

A cura di Flavio Giovanni Conti

l'intervista



14

TECNOLOGIE PER LA CATTURA E LO STOCCAGGIO DELLA CO₂

CO₂ CAPTURE AND STORAGE TECHNOLOGIES

Giuseppe Girardi, Paolo Deiana, Antonio Calabrò,
Stefano Giammartini, Francesco Zarlenga

32

IL CONTRIBUTO SOTACARBO ALLO SVILUPPO DELLE TECNOLOGIE ZERO EMISSION

*SOTACARBO'S CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT
OF ZERO-EMISSION TECHNOLOGIES*

Mario Porcu

38

I BIOCARBURANTI: ASPETTI TECNICI E POSSIBILI SVILUPPI IN ITALIA

BIOFUELS: TECHNICAL ASPECTS AND POSSIBLE DEVELOPMENTS IN ITALY

Marco Calisi, Antonio Mattucci

riflettore su



studi & ricerche



54

LE TECNOLOGIE FOTOVOLTAICHE DI NUOVA GENERAZIONE: UNA VISIONE GLOBALE

OVERVIEW OF NEW-GENERATION PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGIES

Dario Della Sala, Alberto Moro, Andrea Fidanza,
Girolamo Di Francia, Rossella Giorgi

70

L'ATTIVITÀ DI LOBBYING DEGLI ENTI PUBBLICI DI RICERCA

LOBBYING BY PUBLIC RESEARCH AGENCIES

Marco Franza, Gabriella Martini

appunti di



82

ADROTERAPIA

A cura di Emilio Santoro

cronache



86

DAL MONDO, DALL'UNIONE EUROPEA, DALL'ITALIA, DALL'ENEA, EVENTI, LETTURE

dal Mondo

- Studi e iniziative AIE in campo energetico e ambientale **84**
- 2008: anno internazionale della Terra **86**
- Boom del fotovoltaico nei paesi OCSE **86**

dall'Unione Europea

- In crescita il mercato degli inverter solari **87**
- Il premio Cartesio 2007 ad "Epica" **87**

dall'Italia

- IMPLART: protoni per la lotta ai tumori **88**

dall'ENEA

- Valutazione di impatto ambientale nella Valle di Bamiyan **89**
- Progetto "Duplicazione e Rinascita" **90**
- La ricerca sul nucleare **91**

Eventi

- Bionergy World Europe 2008 **92**
- Futuro in miniatura **92**
- Nuove frontiere del Bio **93**

Letture

- State of the World 2008 **94**
- Oltre Kyoto - Cambiamenti climatici **96**
e nuovi modelli energetici

La sicurezza alimentare in tempi di cambiamento climatico e produzione bioenergetica

Jacques Diouf

La sicurezza alimentare dovrà diventare il tema centrale del dibattito sui meccanismi post-Kyoto per fermare le emissioni di gas serra. Per raggiungere questo obiettivo i paesi industrializzati dovranno farsi promotori di iniziative che, attraverso incentivi, sostegno finanziario e supporto tecnologico, spingano i paesi in via di sviluppo a fare la loro parte



Jacques Diouf
Direttore Generale FAO

Food Security in Times of Climate Change and Bioenergy Production

Food security will have to become the central theme in the debate on post-Kyoto mechanisms to stop greenhouse-gas emissions. But for the effort to succeed, the industrialized countries will have to take the lead and, by offering incentives in the form of financial and technological support, persuade the developing countries to do their share

Il cambiamento climatico sta emergendo come una delle principali sfide con cui il genere umano dovrà confrontarsi per molti anni. E considerato l'impatto che ha sulla produzione alimentare e sull'accesso al cibo, il rischio è che potrebbe diventare una grave minaccia per la sicurezza alimentare mondiale.

Cambiamenti anomali delle temperature e delle precipitazioni, e la sempre maggiore frequenza ed intensità di periodi di siccità da una parte e di alluvioni dall'altra, stanno avendo implicazioni di lungo periodo sulla capacità produttiva e sugli agro-ecosistemi del pianeta. Mentre il potenziale produttivo dei paesi industrializzati potrebbe, nel breve periodo, forse trarre qualche beneficio dall'aumento di 1-3 °C della temperatura media, a latitudini più basse, in settori marginali di agricoltura di sussistenza, dove l'agricoltura pluviale è la norma, anche un aumento minimo della temperatura globale è assai probabile farà calare la produzione.

Per i paesi in via di sviluppo, che già lottano con problemi di malnutrizione cro-



nica, che hanno minori risorse ed opzioni, e le cui economie dipendono quasi interamente dal settore agricolo, il cambiamento climatico rappresenterà dunque una sfida di grandi proporzioni. Nel continente africano potrebbero andare perduti dal 25 al 42 per cento degli *habitat*, con una riduzione della produzione alimentare sino al 50 per cento.

La sicurezza alimentare al centro del dibattito post-Kyoto

In un tale contesto la sicurezza alimentare dovrà diventare il tema centrale del dibattito sui meccanismi post-Kyoto per fermare le emissioni di gas serra e dovrà tornare ad avere un ruolo di primo piano nell'agenda politica mondiale.

La Conferenza di Bali del dicembre 2007 ha, in questo senso, rappresentato un passo importante. Tutti i paesi hanno convenuto sulla necessità di arrivare ad un accordo internazionale sul cambiamento climatico entro il 2009. Questo accordo dovrà, da una parte tracciare nel dettaglio l'impegno dei singoli paesi a limitare le emissioni e, dall'altra decidere interventi concreti. Si dovranno inoltre concepire i meccanismi finanziari per operare questa duplice azione di mitigazione e adattamento.

Le Strategie di mitigazione e di adattamento

Il cambiamento climatico accresce la frequenza e la severità dei fenomeni meteorologici estremi nelle zone tropicali. Il Gruppo Intergovernativo di esperti sull'evoluzione del clima (GIEC) ha indicato che il rendimento delle colture pluviali di alcuni paesi dell'Africa sub-sahariana, potrebbe calare del 50 per cento entro il 2020. Saranno dunque necessari interventi strutturali di lungo periodo per attenuare gli effetti e facilitare l'a-

dattamento delle colture e degli esseri umani.

Un contributo importante potrà venire dallo sviluppo di migliori varietà di sementi, che abbiano una maggiore resistenza alle alte temperature, alla siccità, alle alluvioni, alla salinizzazione del suolo, come pure dalla diversificazione delle colture. Sementi più resistenti e con una resa più elevata sono già state testate e sviluppate dalla FAO in molti paesi.

Un'agricoltura conservativa, che implichi un intervento minimo sul suolo, potrà fare la differenza in termini di efficienza nell'impiego delle risorse idriche, del sequestro del carbonio e della capacità di resistere agli stress meteorologici. Come pure migliori pratiche di produzione animale, che dovranno diventare parte integrante delle strategie nazionali di sviluppo rurale e di lotta contro fame e povertà. Misure per realizzare una gestione sostenibile delle risorse forestali saranno egualmente di grande importanza nelle attività di sequestro del carbonio.

Il cambiamento climatico provocherà in molti paesi scarsità d'acqua, ed è per questo che una gestione più efficiente e razionale delle risorse idriche è una priorità irrimandabile, se si vuole aumentare la produzione e la produttività agricola.

Bioenergia: che non comprometta la sicurezza alimentare

La bioenergia potrebbe offrire un'opportunità di promuovere lo sviluppo economico dei paesi poveri, fornendo energia a basso costo prodotta localmente. Ma perché questo possa avvenire saranno necessarie politiche adeguate, che mettano al centro il raggiungimento della sicurezza alimentare per gli 862 milioni di persone che al mondo soffrono la fame. In que-

sto contesto sarà necessario definire una strategia internazionale sostenibile sulla produzione bioenergetica, che si basi sui bisogni dei paesi poveri rispetto alla disponibilità, all'accesso, alla stabilità ed all'utilizzo, senza trascurare i possibili rischi associati.

La bioenergia potrebbe aiutare a risolvere i problemi energetici delle zone rurali, considerato che 1,6 miliardi di persone, un quarto della popolazione del pianeta, non hanno accesso all'elettricità, e quattro su cinque di essi vivono nelle zone rurali dei paesi in via di sviluppo. Ma il rapido sviluppo dell'impiego di colture agricole per la produzione di biocombustibili potrebbe esercitare una grande pressione sulle risorse naturali mondiali e contribuire, come in parte è accaduto, all'aumento dei prezzi dei prodotti alimentari.

I benefici che potrebbero derivare per le popolazioni rurali povere dipenderanno dunque da quali tipi di prodotti energetici si svilupperanno e da quali metodi di produzione e di trasformazione verranno impiegati.

La strada di fronte a noi

I paesi industrializzati dovranno farsi promotori ed assumere un ruolo guida nel combattere i cambiamenti climatici. Ma questa lotta potrà essere vincente solo se anche i paesi in via di sviluppo faranno la loro parte. Per far ciò avranno bisogno di incentivi, di sostegno finanziario e di supporto tecnologico, e soprattutto questo non dovrà avvenire a detrimento del loro sviluppo economico e sociale.

La FAO assiste attivamente i propri paesi membri, soprattutto quelli in via di sviluppo, a rafforzare la propria capacità di affrontare gli effetti negativi del cambiamento climatico. L'agenzia è impegnata sul campo con programmi che aiu-

tano i piccoli agricoltori ad adattare i sistemi agricoli a mutate situazioni climatiche con soluzioni creative ed approcci alternativi.

Sarà di vitale importanza prevedere tendenze ed eventi estremi tramite la raccolta di dati e lo sviluppo di strumenti che possano produrre in tempo reale informazioni.

Sul fronte bioenergetico la comunità internazionale ha bisogno di un quadro d'azione responsabile che integri la bioenergia nelle strategie di sviluppo sostenibile e di lotta contro fame e povertà. È in questa prospettiva che la FAO ospiterà dal 3 al 5 giugno 2008 la Conferenza internazionale ad alto livello "La sicurezza alimentare mondiale e le sfide del Cambiamento climatico e della bioenergia", per esaminare e dibattere queste questioni e consentire a capi di governo ed organi decisionali a livello mondiale di adottare politiche, strategie e programmi per affrontare queste sfide.

Jacques Diouf, 69 anni, senegalese, è al suo terzo mandato come Direttore Generale della FAO.

Resterà in carica sino al 2011. Eletto per la prima volta nel novembre del 1993, prima di allora era stato Ambasciatore del Senegal presso le Nazioni Unite a New York, Segretario Generale della Central Bank for West African States, a Dakar in Senegal, Deputato nel Parlamento e Ministro della Scienza e della Tecnologia del suo paese. Precedentemente Diouf era stato Segretario Esecutivo del Consiglio Africano per l'Arachide e dell'Associazione per lo Sviluppo del Riso in Africa Occidentale.

Il Dr Diouf ha conseguito un Dottorato in Scienze Sociali nel Settore Rurale (Economia Agraria) presso la Sorbona di Parigi, ed un Master in Agricoltura e Agronomia Tropicale all'Ecole Nationale d'Application d'Agronomie Tropicale di Nogent e all'Ecole Nationale d'Agriculture-Grignon di Parigi.



Andris Piebalgs è nato a Valmiera in Lettonia, nel 1957. Dopo la laurea in fisica conseguita all'Università di Riga ed alcuni anni di insegnamento, nel 1993-94 è stato Ministro dell'Educazione e dal 1994 al 1996 Ministro delle Finanze. Entrato in diplomazia, è stato Ambasciatore in Estonia dal 1995 al 1997 e presso l'Unione Europea dal 1998 al 2003. Dopo l'ingresso della Lettonia nell'Unione Europea nel 2004 è stato nominato Commissario europeo per l'Energia nel novembre dello stesso anno, carica che ricoprirà fino al 2009.



L'European Strategic Energy Technology Plan (SET Plan), presentato il 22 novembre 2007 dalla Commissione Europea, punta sullo sviluppo delle tecnologie energetiche a basso contenuto di carbonio per affrontare le sfide energetiche e dei cambiamenti climatici nei prossimi 20-40 anni. Quali sono gli strumenti che la Commissione intende adottare per raggiungere questo obiettivi? Quali le risorse finanziarie? Quale il ruolo che gli Stati membri possono/devono svolgere?

Intervista a Andris Piebalgs

Commissario europeo per l'Energia

A cura di Flavio Giovanni Conti

Le tecnologie hanno un ruolo essenziale da svolgere nell'adempimento degli obiettivi al 2020 dell'Unione Europea relativi alla riduzione del 20% delle emissioni di gas serra, all'utilizzazione del 20% di rinnovabili nel mix energetico e all'aumento del 20% dell'efficienza energetica.

Nel breve-medio termine è previsto che i costi delle tecnologie esistenti subiscano una riduzione e che interven-

ga un cambiamento di passo nel loro mercato. A lungo termine, tecnologie di nuova generazione dovranno essere sviluppate grazie ai progressi della ricerca. L'industria ha un ruolo essenziale in questo processo, ma tutto ciò non potrà avvenire senza una politica proattiva e coerente a livello sia nazionale che locale, in grado di sostenere uno sforzo irto di rischi e di lunga durata.

La Commissione dovrà dunque pianificare e implementare il SET Plan attraverso fasi successive. Istituiremo in primo luogo uno *Steering Group* costituito da rappresentanti di alto livello degli Stati membri, che governeranno l'implementazione del SET Plan e rafforzeranno la coerenza tra gli impegni europei, nazionali ed internazionali. In secondo luogo svilupperemo un *Sistema europeo di tecnologie energetiche* che renderà possibile una mappatura delle tecnologie e della capacità produttiva. Lanceremo le *Iniziative industriali europee* che produrranno alleanze tecnologiche strategiche nei settori chiave emergenti, quali quelli delle rinnovabili e del confinamento dell'anidride carbonica, con un forte coinvolgimento dell'industria. Vorremmo anche sviluppare una struttura

che porti all'*Alleanza europea per l'energia*, in grado di rafforzare le capacità nel campo della ricerca. Dobbiamo garantire per le infrastrutture energetiche la transizione verso le tecnologie a basso contenuto di carbonio, basata su un approccio multidisciplinare attraverso i *network energetici transeuropei*. Infine, non dobbiamo trascurare l'importanza della promozione della cooperazione internazionale in questo campo.

È difficile stimare il fabbisogno finanziario necessario ad accelerare lo sviluppo di nuove tecnologie energetiche, dal momento che esso dipende dall'evoluzione del prezzo di mercato delle attuali risorse energetiche, dai risultati della ricerca attuale e futura e da vari altri fattori. Ciò nonostante esso sarà sicuramente superiore all'attuale livello di investimento. In virtù di questo, la Commissione intende presentare una *Comunicazione sul finanziamento delle tecnologie a basso contenuto di carbonio* nella prima metà nel 2009, che riguarderà le necessità finanziarie e le fonti di finanziamento, esaminando tutti i possibili accessi a forme di finanziamento privato, che includono l'investimento diretto (*private equity*) e forme di capitale di rischio (*venture capital*), e che potenzierà il coordinamento fra le fonti di finanziamento e raccoglierà ulteriori finanziamenti. In particolare verrà esaminata l'opportunità di creare un nuovo fondo/meccanismo europeo per la dimostrazione su scala industriale e la diffusione sul mercato di tecnologie avanzate a basso contenuto di carbonio, così come l'introduzione di un meccanismo di incentivi fiscali all'innovazione.

In ogni caso non possiamo aspettare oltre ed inizieremo dunque ad implementare le azioni previste nel SET Plan attraverso Programmi Comunitari quali il Settimo Programma Quadro e *Intelligent Energy Europe*. La Banca Europea di Investimento ha già dedicato risorse consistenti a progetti energetici a basso contenuto di carbonio. Dagli Stati membri noi aspettiamo un incremento degli stanziamenti nella ricerca energetica.

Il Consiglio Europeo nel marzo 2007 ha fissato obiettivi ambiziosi per l'energia e l'ambiente nella UE. Un obiettivo vincolante prevede il 20% di fonti rinnovabili nel mix energetico al 2020. Le fonti di energia rinnovabile ricevono sussidi sia diretti che indiretti. Qualcuno sostiene che un crescente mercato "protetto" per le energie rinnovabili possa essere in contraddizione con la politica europea di liberalizzazione dell'energia. Considera giustificati questi timori?

Io non credo che questi timori siano giustificati. Più o meno tutte le fonti di energia ricevono qualche tipo di sussidio. La Commissione si accerta che questi sussidi, soprattutto quando costituiscono un aiuto da parte dello stato, siano pienamente giustificati e compatibili con il singolo mercato. Quando si tratta di incentivi per l'elettricità da rinnovabili stabiliti dagli Stati membri, la Commissione controlla ciascuna di queste proposte e ci sono stati persino casi (come quello della Preussen Elektra) sui quali è intervenuta la Corte di Giustizia. Nei suoi rapporti la Commissione ha messo in guardia sul rischio potenziale che queste iniziative di sostegno possano turbare la concorrenza (in particolare se la quota di produzione elettrica da rinnovabili sale), ma che ciò al momento



non rappresenta una preoccupazione. Infatti, l'introduzione di un regime di garanzie di origine trasferibili – che devono essere introdotte nell'ambito della nuova direttiva in preparazione sulle energie rinnovabili - e l'uso crescente di schemi di tariffe incentivate riducono già ora il rischio di distorsione della concorrenza. Ciononostante, la Commissione continuerà a monitorare le iniziative di sostegno per essere in grado di intervenire qualora si presentassero dei problemi.

Il Piano per ridurre la domanda primaria globale di energia dell'UE del 20% al 2020 (una riduzione di circa 400 milioni di tep in 12 anni) potrebbe ripercuotersi negativamente sugli investimenti programmati in impianti per la produzione di energia. La Commissione sta valutando strategie alternative per assicurare l'offerta dell'energia di energia se l'obiettivo di riduzione del 20% non sarà raggiunto?

Nella sua Comunicazione "20-20 al 2020 – l'opportunità dell'Europa sui cambiamenti climatici", la Commissione stabilisce che gli obiettivi definiti nel pacchetto di misure devono garantire ai cittadini europei la reale possibilità di un cambiamento, per convincere gli investitori ad investire e per mostrare ai partner a livello mondiale la determinazione dell'Unione ad agire. Fra gli strumenti definiti per ottenere i risultati previsti, l'efficienza energetica gioca un ruolo importante per il raggiungimento dell'obiettivo del 20% di risparmio sulla domanda globale di energia primaria al 2020. Un sistema di trasporti più efficiente, l'edilizia, il riscaldamento e la refrigerazione domestici, i dispositivi di uso finale dell'energia, la generazione elettrica, la trasmissione e la distribuzione di energia, tutto ciò offre un contributo potenziale al risparmio energetico ed ha bisogno di essere incoraggiato attraverso una combinato di normativa ed informazione. Per sostenere una maggiore integrazione fra le misure di efficienza energetica e la legislazione dei singoli stati, la Commissione ha proposto alcune direttive che sono già state adottate e sono già nella fase di recepimento all'interno dei singoli paesi.

Mentre l'efficienza energetica ha un'influenza graduale sulla domanda di energia in tutti i settori economici, il suo impatto diretto sull'offerta e sulle infrastrutture rimane piuttosto limitata nel breve termine. Inoltre, ogni Stato membro e ogni attore nel mercato liberalizzato dell'energia sceglie il proprio mix energetico. Una politica di efficienza energetica di successo richiede il massimo impegno a tutti i livelli, in egual misura, da parte di istituzioni nazionali, regionali, locali, degli attori economici e dei cittadini.

Lo sforzo finanziario a sostegno delle tecnologie a basso contenuto di carbonio può danneggiare la competitività europea nel mercato globale?

Nel contesto internazionale, come in quello europeo, l'alto prezzo del petrolio e l'azione per il clima determinano l'agenda politica. Lo sviluppo di tecnologie a bassa intensità di carbonio deve essere visto come un impulso strategico per sviluppare la competitività dell'UE. Centrare i nostri obiettivi significa trasforma-

re l'Europa in un'economia energetica altamente efficiente e a basse emissioni di CO₂, favorendo una nuova rivoluzione industriale.

Il nostro obiettivo è una Unione Europea con un'economia prospera e sostenibile, con una *leadership* mondiale in diverse tecnologie energetiche pulite, efficienti e a bassa intensità di carbonio quali motore per il benessere e fattore chiave di crescita e occupazione. Un'Unione Europea che ha afferrato le opportunità che si celano dietro le minacce del cambiamento climatico e della globalizzazione e che è pronta a contribuire alla sfida globale dell'energia, incluso l'accesso crescente ai moderni servizi energetici nei paesi in via di sviluppo. Per questo motivo l'Europa deve agire, perché altri paesi hanno individuato l'opportunità di introdurre nuove tecnologie nel mercato europeo e stanno concentrando i loro sforzi nello sviluppo di tecnologie a bassa intensità di carbonio. Ciò può comportare per l'Europa la dipendenza del mercato da tecnologie importate e allo stesso tempo la crescita interna della domanda di queste tipo di tecnologie.

Una delle sei Iniziative Industriali Europee pianificate nel 2008 intende sostenere l'energia nucleare e le attività di ricerca sulla Quarta generazione, con la rimozione delle barriere e la gestione dei rischi connessi. La Commissione ha una strategia specifica per promuovere l'accettazione sociale in quei paesi in cui l'energia atomica incontra maggiori ostacoli?

Per quanto riguarda la questione della proliferazione, non menzionata nel SET Plan, è ancora un problema rilevante nell'agenda politica?

Poiché si tratta di una strategia di accettazione sociale, la Commissione, basandosi sulla proposta della riunione dei Capi di stato e di governo della primavera 2007, ha costituito un Foro europeo per l'energia nucleare per promuovere un ampio dibattito tra gli *stakeholders* sulle opportunità e i rischi dell'energia nucleare. Il primo incontro si è tenuto a novembre 2007, seguito dalla creazione di tre gruppi di lavoro su opportunità, rischi e trasparenza. L'ultimo in particolare affronterà le questioni per la promozione di una migliore informazione, delle *best practices* disponibili nella UE per favorire una più ampia accettazione pubblica e di una maggiore fiducia e garanzia nell'attuazione della convenzione di Aarhus. Per quanto riguarda la non proliferazione il tema è ancora ai primi posti dell'agenda politica ed anche lo European Nuclear Energy Forum se ne occuperà. In ogni caso, in ambito UE, le norme per evitare la proliferazione sono incluse nel Capitolo VII del trattato Euratom.

Come si rapporta il SET Plan con le decisioni del Consiglio Europeo del marzo 2007 e con la più recente proposta di attuazione della Commissione? Ritieni che l'aspetto vincolante di alcune decisioni rappresenti un passo avanti verso la definizione di una politica energetica comune dell'UE?

Nel marzo 2007, il Consiglio Europeo ha messo al primo posto la necessità di trasformare l'Europa in un'economia basata su un'energia altamente efficien-



te e a basse emissioni di gas serra attraverso l'adozione dell'Energy Action Plan. Rispondendo all'invito del Consiglio Europeo, la Commissione ha proposto lo *European Strategic Energy Technology Plan* che fornisce la cornice per un approccio strategico e politico a livello di UE per l'innovazione, la ricerca, la dimostrazione e lo sfruttamento economico dell'energia. Per raggiungere questi obiettivi dobbiamo ridurre i costi dell'energia pulita e porre l'industria europea in prima linea nella crescita rapida del settore delle tecnologie a basso tasso di carbonio.

L'aspetto vincolante delle decisioni prese dai paesi membri, dovuto ad un accordo politico, può giocare da catalizzatore e permettere un processo accelerato verso una politica energetica comune della UE e quindi verso un più forte impegno per l'attuazione del SET Plan e lo sviluppo di tecnologie a basso contenuto di carbonio. Inoltre gli obiettivi vincolanti prevedono un quadro di mercato chiaro per gli operatori e investitori per procedere ad investimenti in progetti tecnologici a basso contenuto di carbonio che ci portino verso l'obiettivo fissato.

Tecnologie per la cattura e lo stoccaggio della CO₂

Giuseppe Girardi,* Paolo Deiana,*
Antonio Calabrò,* Stefano Giammartini,*
Francesco Zarlunga**

ENEA

*Dipartimento Tecnologie per l'Energia,
le Fonti Rinnovabili e il Risparmio Energetico

** Dipartimento Ambiente,
Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile

L'impossibilità di sostituire, almeno per qualche decennio, quote significative di combustibili fossili con fonti alternative a emissioni basse, se non nulle, rende necessaria l'adozione di soluzioni che limitino gli impatti conseguenti al loro utilizzo, e contribuiscano al contenimento delle alterazioni climatiche. Le tecnologie di cattura e stoccaggio del CO₂ si muovono nell'ottica "zero emission" per un impiego sostenibile di combustibili fossili



giuseppe.girardi@casaccia.enea.it



paolo.deiana@casaccia.enea.it



francesco.zarlunga@casaccia.enea.it



antonio.calabro@casaccia.enea.it



stefano.giammartini@casaccia.enea.it

CO₂ Capture and storage technologies

Since it would be impossible to replace significant amounts of fossil fuels with alternative low-or zero-emission fuels, at least in the coming decades, the world needs solutions that would reduce the impact of fossil-fuel use and help to limit climate change. CO₂ capture and storage technologies developed in a zero-emission perspective aim to achieve sustainable use of fossil fuels

Le tecnologie di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica, sempre più spesso indicate con l'acronimo inglese CCS (Carbon Capture and Storage), sono oggetto di attività di ricerca in tutto il mondo ed è ormai considerata matura e indispensabile la loro dimostrazione in impianti a zero emissioni o "near zero emission", con l'obiettivo dichiarato di dimostrare la fattibilità tecnico-economica ed allo stesso tempo la sicurezza e la stabilità dello stoccaggio nel tempo. Dalla valutazione dei progetti in corso e in fase di preparazione si evince che non esiste al momento una soluzione tecnologica che prevalga sulle altre, mentre è comunque forte l'interesse volto alla realizzazione di impianti dimostrativi che utilizzano le diverse opzioni tecnologiche per la cattura effettuata a monte o a valle della combustione, o in sistemi operanti in condizioni di oxy-combustione. Aspetti molto interessanti relativi alla redazione di un primo inventario nazionale dei possibili siti di stoccaggio e alla verifica di fattibilità tecnico-economica dello stoccaggio geolo-



gico sono stati trattati da CESI Ricerche, OGS, INGV e Carbosulcis (concessionario del bacino carbonifero nazionale più esteso). Il panorama nazionale già vede alcuni soggetti quali partner di progetti comuni; tuttavia pur sussistendo interessi, capacità e conoscenze, emerge forte la necessità di un maggiore coordinamento che coinvolga a livello nazionale le istituzioni, gli enti di ricerca, l'industria e non da ultima l'opinione pubblica.

Il quadro di riferimento

Una delle constatazioni da più voci ripresa è relativa all'impossibilità di sostituire, almeno per qualche decennio, quote significative di combustibili fossili con fonti alternative a emissioni basse, se non addirittura nulle, rendendo necessaria l'adozione di soluzioni che limitino gli impatti conseguenti al loro utilizzo, e siano compatibili con gli obiettivi di contenere le alterazioni climatiche. Queste considerazioni valgono in particolare per il carbone che è il principale combustibile impiegato a livello mondiale per la produzione di energia elettrica (genera circa il 30% dell'elettricità dell'UE, il 50% in USA, il 75% in Cina) e allo stesso tempo quello a maggiore intensità di carbonio. In un quadro generale ove le politiche energetiche dei paesi del mondo industrializzato guardano al futuro sviluppandosi su tre linee d'azione consistenti in: incremento delle fonti rinnovabili, diffusione del risparmio energetico e impiego delle fonti fossili legate a tecnologie in grado di limitare le emissioni in atmosfera, il ricorso al carbone per la generazione elettrica nazionale, necessario per soddisfare la domanda e per accrescere la competitività del "Sistema Paese", risulta condizionato, oltre che dall'impiego di tecnologie pu-

lite sempre più efficaci nella riduzione delle emissioni di macro e micro inquinanti, dall'introduzione di soluzioni in grado di abbattere radicalmente le emissioni di anidride carbonica.

Tale obiettivo si può perseguire puntando sia al miglioramento delle efficienze energetiche - legate all'innovazione dei cicli termodinamici e all'utilizzo di materiali innovativi - sia allo sviluppo e alla dimostrazione di tecnologie CCS.

Per il nostro Paese, che pure ricorre in misura limitata al carbone, è fondamentale concentrare gli sforzi sulle tecnologie innovative di utilizzo di tale fonte, per consentire al nostro sistema industriale di poter competere sul mercato globale, anche a fronte della perdurante rinuncia al nucleare.

L'obiettivo tecnologico strategico è quello di integrare i diversi concetti relativi a:

- tecnologie "pulite", cioè a bassa emissione di inquinanti;
- soluzioni che assicurino più elevati valori di efficienza;
- tecnologie CCS in grado di catturare e confinare la CO₂ in maniera definitiva evitando la sua emissione in atmosfera.

Un uso sostenibile dei combustibili fossili, indispensabile per ogni politica di sviluppo socio-economico, richiede la compatibilità con esigenze ambientali di continua riduzione delle emissioni inquinanti e di drastica riduzione delle emissioni di CO₂.

Tali obiettivi risultano credibili e praticabili grazie alle nuove tecnologie già oggi disponibili e alle prospettive offerte dalla ricerca e sviluppo. L'impiego di tecnologie di cattura e stoccaggio della CO₂ si configura come un'opzione indispensabile per far fronte ai cambiamenti climatici globali legati all'aumento della concentrazione dei gas serra in atmosfera. Gli impianti di generazione elettrica da combustibili fossili non sono chiaramente

te gli unici produttori di anidride carbonica (basti pensare agli impianti dell'industria metallurgica, cementifici, vetro, ceramica, al settore dei trasporti ecc.) ma rappresentano un settore importante essendo ad essi imputabile, a livello globale, l'emissione annuale di circa 1/3 dei 30.000 milioni di tonnellate di CO₂. In Italia il livello globale di emissioni di CO₂ è dell'ordine di circa 600 Mt annue, di cui 150 imputabili al settore generazione elettrica. L'impiego dei combustibili fossili (carbone o gas naturale) per la coproduzione su vasta scala di elettricità e idrogeno può rappresentare, inoltre, la strada - realistica e praticabile dal punto di vista economico - per accelerare la transizione verso un'economia in cui il vettore idrogeno giocherà un ruolo molto importante.

Tali tecnologie vanno rapidamente acquisendo un ruolo essenziale a livello internazionale ed europeo, tanto da essere ormai considerate ai fini del sistema di "emission trading". L'Unione Europea si appresta a varare direttive che impongono l'adozione di tali tecnologie negli impianti da realizzare dopo il 2020, e a tal fine promuove, nell'ambito di FP7, la realizzazione di 10-12 impianti dimostrativi in Europa entro il 2015. A livello internazionale sono in corso numerose iniziative volte ad intensificare la collaborazione fra i diversi paesi per lo sviluppo e la dimostrazione delle tecnologie CCS, e per la definizione di accordi politici sui limiti delle emissioni di CO₂. L'Italia è presente nel *Carbon Sequestration Leadership Forum* (CSLF), nella piattaforma europea sugli impianti alimentati a combustibili fossili a emissioni zero (ZEP), nei gruppi di lavoro dell'International Energy Agency (IEA).

Nel nostro Paese sono diversi i protagonisti del mondo dell'Industria e della Ricerca operanti nel campo delle tecnologie CCS. L'interesse maggiore è espresso

dai settori della generazione elettrica e dell'industria di produzione e trasformazione di combustibili fossili, ma anche dall'industria chimica e di processo, dai costruttori di impianti e componenti e dalle aziende del settore ingegneria.

La situazione è ormai matura per definire una più chiara strategia di intervento nazionale volta ai seguenti obiettivi:

- razionalizzare e rendere più efficaci le attività di R&S, aumentando le risorse pubbliche per sostenere l'impegno industriale. È un *trend* già avviato con i programmi del Ministero dello Sviluppo Economico (MSE) relativi agli accordi di programma e bandi "CERSE" ; in questo ambito l'ENEA gioca un ruolo di *leadership*;
- favorire la ricerca industriale per lo sviluppo di prodotti e processi nel campo delle tecnologie CCS. Anche in questo caso il *trend* è già avviato con gli imminenti bandi di "Industria 2015", a cui l'ENEA si presenta in strettissimo raccordo con le principali industrie nazionali;
- favorire la presenza del "Sistema Italia" in Europa, candidando il nostro Paese alla realizzazione di uno dei 10-12 impianti dimostrativi cofinanziati dall'UE. Anche in quest'ambito l'ENEA è presente autorevolmente partecipando ai lavori della piattaforma tecnologica sugli impianti a emissioni zero (ZEP) e collaborando con ENEL e ITEA/Sofinter ad una iniziativa di grande rilevanza.

In linea con gli indirizzi europei, l'avvio di una politica industriale nel settore delle tecnologie CCS sostenuta da un'adeguata attività di R&S svolta dall'ENEA e dal sistema della ricerca pubblica, consentirà di conseguire i due macro-obiettivi d'interesse strategico che si concretizzano nel contribuire efficacemente alla riduzione delle emissioni italiane di CO₂



e nel consentire alla industria nazionale di partecipare alla competizione nel mercato globale di queste tecnologie, sempre più fortemente condizionato dalle politiche energetiche di paesi ad economie emergenti come India e Cina.

Verso l'impiego dei combustibili fossili sostenibili

Molte delle tecnologie necessarie per la cattura ed il sequestro della CO₂ sono già disponibili (ad esempio la gassificazione del carbone, la produzione di ossigeno, i reattori di shift, i processi di estrazione di gas acidi da miscele di gas) e inoltre i programmi di ricerca e sviluppo a livello internazionale hanno già prodotto risultati incoraggianti. Tali tecnologie possono quindi già oggi essere integrate con le moderne tecnologie già applicate per ridurre drasticamente le emissioni di inquinanti e incrementare l'efficienza energetica, al fine di iniziare la fase di dimostrazione industriale per produrre elettricità da combustibili fossili con emissioni di CO₂ prossime allo zero.

L'UE ritiene che con un impegno continuo e definendo condizioni di mercato che rispecchino vincoli chiari e ambiziosi in termini di emissioni di carbonio, si potranno rendere praticabili sotto il profilo commerciale le tecnologie del carbone sostenibile nel giro di 10-15 anni. Ciò richiederà però coraggiosi investimenti industriali per finanziare una serie di impianti di dimostrazione, all'interno e all'esterno dell'UE, e iniziative politiche connesse per un periodo relativamente prolungato, da adesso fino almeno il 2020, oltre che le necessarie attività di ricerca e sviluppo che, in un processo iterativo, dovranno seguire in parallelo tutta la fase di dimostrazione. Una importantissima iniziativa europea è stata la costituzione della piattaforma

tecnologica per le centrali elettriche a combustibili fossili a zero emissioni (piattaforma tecnologica ZEP – Zero Emission Plants).

L'obiettivo industriale è la costruzione di una dozzina di impianti di dimostrazione di vasta scala per sperimentare varie soluzioni in grado di integrare le tecnologie CCS negli impianti di produzione di elettricità funzionanti a carbone o a gas. Una volta realizzati, tali impianti dovranno rimanere in esercizio per almeno cinque anni prima che si possa ritenere che le soluzioni sperimentate abbiano superato tutta la fase di dimostrazione e siano dunque pronte per beneficiare dei normali investimenti per centrali elettriche a emissioni zero a partire dal 2020.

Tali iniziative saranno sostenute dall'UE nei prossimi bandi di FP7, ma richiederanno un forte impegno dei governi e dei Sistemi Paese delle varie nazioni: l'Italia non può perdere questa grande occasione per adeguare la propria politica energetica di lungo periodo e fornire al sistema industriale opportunità di competere sul mercato globale.

La modernizzazione del parco impianti e le tecnologie CCS

La modernizzazione del parco di centrali a carbone attualmente operative nell'UE deve prevedere la possibilità di installare tecnologie CCS favorendo la diffusione dei combustibili fossili sostenibili in Europa. In base alle stime disponibili, più di un terzo della capacità a carbone esistente dovrebbe giungere al termine del ciclo di vita tecnico nei prossimi 10-15 anni. In Italia si è concretizzata un'ipotesi simile, consistente nella proposta di sostituire vecchie centrali a olio combustibile con nuove centrali a carbone.

Se, sia per la sostituzione degli im-

pianti esistenti sia per gli impianti nuovi, si investe nelle migliori tecnologie di conversione disponibili e in quelle più efficienti sotto il profilo energetico, è già possibile ottenere una prima riduzione delle emissioni di CO₂ prodotte dagli impianti di generazione dell'elettricità a carbone pari al 20% entro il 2020. La Commissione Europea auspica che le nuove centrali elettriche alimentate con combustibili fossili utilizzino le migliori tecniche disponibili per quanto riguarda l'efficienza e che, non disponendo ancora di tecnologie CCS commercialmente mature, siano per lo meno progettate secondo la logica del *capture ready* cioè tali da consentire un'installazione successiva dell'impiantistica di cattura dell'anidride carbonica.

Le tecnologie di sequestrazione della CO₂

Il processo complessivo di cattura e stoccaggio della CO₂ si attua in tre diverse fasi che prevedono: la cattura dell'anidride carbonica dagli impianti di generazione elettrica, ma anche da sorgenti industriali o da giacimenti di gas naturale; il trasporto, in genere via oleodotto, fino al sito di stoccaggio; lo stoccaggio definitivo, in siti geologici oppure mediante trattamenti chimici.

La cattura

Nei processi di generazione elettrica la CO₂ può essere separata dagli altri effluenti sia con metodi di cattura pre-combustione, grazie ad un trattamento del combustibile di origine fossile a monte della combustione, che con metodi di cattura post-combustione che si applicano sui fumi. Esiste poi una terza possibilità, che è rappresentata dall'utilizzo di sistemi a oxy-combustione, che impiegano come comburente ossigeno inve-

ce che aria, e che dà luogo ad un flusso di CO₂ molto concentrata.

Le tecnologie proposte sono attualmente a differenti stadi di maturazione.

La cattura effettuata a monte della combustione, in sistemi alimentati a carbone e a gas, attuata rispettivamente nei processi di gassificazione del carbone e di *reforming* del metano, seguiti dalla reazione di CO-shift e della cattura della CO₂, di solito praticata per assorbimento fisico, sono attualmente opzioni molto promettenti che potrebbero essere impiegate in sistemi integrati con la gassificazione del carbone (IGCC) o in cicli combinati a gas (NGCC). L'opzione "cattura a valle della combustione" implica l'utilizzo di sistemi di assorbimento chimico della CO₂ dai gas esausti provenienti da impianti operanti con cicli a vapore in condizioni super-critiche alimentati a polverino di carbone (SC/PCC), o da impianti a ciclo combinato alimentati a gas (NGCC). Un'ulteriore opzione è data dalla ossi-combustione di combustibili fossili, impiegando ossigeno più o meno puro come comburente, che permette di separare facilmente la CO₂ con sistemi criogenici, condensando l'acqua che in questo caso è l'unico ulteriore componente presente. Altri metodi di separazione come le membrane sono stati considerati, sia da soli che in combinazione con altre tecniche di assorbimento, come opzioni a lungo termine per entrambe le applicazioni di cattura pre e post combustione.

L'utilizzo di tecnologie CCS può ridurre le emissioni di CO₂ causate dagli impianti di potenza dell'80%-90%, con una riduzione di efficienza energetica pari a circa 8-12 punti percentuali. Secondo l'IEA, la CCS applicata alla generazione elettrica e alla produzione industriale può contribuire per il 20-28% alla riduzione delle emissioni globali entro il 2050. Importanti opportunità esistono nei paesi consumatori di carbone, e si prevede di includere la



CCS nei meccanismi di "emission trading". Poiché gli impianti di generazione elettrica hanno una vita abbastanza lunga (25-50 anni), una rapida espansione delle tecnologie CCS implica nel breve periodo il *retrofitting* su impianti esistenti, opzione in genere più costosa rispetto al costruire da zero un impianto equipaggiato con CCS. Contemporaneamente alla valutazione e all'accertamento della fattibilità tecnico-economica della CCS, la costruzione di impianti *capture ready* rappresenta una soluzione nel breve-medio termine, e potrebbe essere resa obbligatoria per gli impianti da realizzare nel prossimo decennio.

Il trasporto

Le tecnologie di trasporto della CO₂ dai punti di produzione a quelli di stoccaggio sono abbastanza affidabili e testate, ma è necessario sperimentare sistemi integrati di scala commerciale, accelerando i tempi per verificare nei prossimi anni gli aspetti relativi alla sicurezza. Negli USA sono state acquisite esperienze significative sul trasporto di CO₂ tramite *pipelines* (1.600 km) per applicazioni in campo petrolifero con tecniche di EOR (Enhanced Oil Recovery). Si utilizzano sistemi a media pressione (4,8 MPa) e ad alta pressione (9,6 MPa). Il trasporto in navi cisterna non è al momento sperimentato commercialmente, anche se Giappone e Norvegia hanno già allo studio progetti per la realizzazione di navi cisterna in grado di trasportare la CO₂ allo stato liquido. I costi di tra-

sporto sono relativamente modesti: in particolare trasportare in *pipelines* la CO₂ per circa 100 km viene oggi a costare da 1 a 4 euro/ton di CO₂ evitata.

Il confinamento

Il destino relativo alla CO₂ catturata prevede diverse possibilità. Si va dal suo utilizzo a fini produttivi, alla biofissazione e a diverse possibilità di stoccaggio che si possono suddividere in: confinamento geologico, confinamento marino e minerale/chimico. Per quanto riguarda l'utilizzo a fini produttivi le applicazioni più degne di nota sono quelle relative alle tecniche di estrazione aumentata, EOR e EGR (Enhanced Gas Recovery), che sfruttano l'iniezione di CO₂ in pozzi operativi di petrolio o gas per aumentarne la produttività.

Per biofissazione si intendono i processi di produzione di biomassa ove viene fissata la CO₂ grazie all'energia solare (forestazione, utilizzo di microalghe, ciano-batteri e formazione di idrati). Il confinamento geologico invece può essere attuato in formazioni saline profonde, in pozzi esauriti di petrolio-gas, in giacimenti di carbone profondi o in campi geotermici non sfruttabili.

La tabella 1, elaborata dalla piattaforma tecnologica europea ZEP, fornisce un'indicazione sulla potenzialità relativa dei vari metodi utilizzabili per il confinamento della CO₂: si passa da una potenzialità molto bassa relativamente ai metodi chimici, a valori assai elevati per il confinamento geologico in acquiferi salini profondi.

Tabella 1 - Potenzialità delle diverse possibilità di confinamento

Tipologia di confinamento della CO ₂	Potenzialità
Reazioni mineralogiche	1
Carbone: giacimenti non coltivabili	10
Giacimenti esauriti di petrolio e gas	100
Acquiferi salini profondi	1000

Fonte: ZEP

Esistono invece diverse stime a livello mondiale sulle capacità di confinamento della CO₂ come quelle riportate nella tabella 2 relativa a quelle proposte da uno studio dell'IPCC. Altre stime indicano per i soli campi esausti a olio e gas una capacità di stoccaggio di oltre 1.800 Gt CO₂: tale volume potrebbe coprire la produzione mondiale di CO₂ per un arco di tempo superiore ai prossimi 20 anni e ben superiore sembra il potenziale degli acquiferi salini.

Per quanto riguarda la situazione italiana, si stima per il nostro Paese una capacità di sequestrazione geologica della CO₂ negli acquiferi profondi, ivi incluse le aree geotermiche, di 437 Mt, dei quali 353 onshore e 84 Mt offshore. Per quanto riguarda i giacimenti di petrolio e gas onshore il valore stimato è di 1.790 Mt di CO₂. Pertanto complessivamente in Italia si potrebbero sequestrare 2.230 Mt di CO₂, come mostrato in tabella 3. Le principali barriere all'applicazione delle tecniche di stoccaggio geologico sono individuabili nell'insufficiente conoscenza della geologia delle aree d'interesse, per quanto riguarda in particolare gli aspetti mineralogici, idrologici e geochimici e nella limitatezza delle conoscen-

ze in merito al comportamento della CO₂ immagazzinata, sia ai fini degli effetti globali, quali rischio di fughe che potrebbero in parte vanificare lo sforzo di cattura e confinamento, sia locali dati da effetti dannosi sull'ambiente e sulla popolazione in caso di rilascio rapido di quantità significative. Altri ostacoli che attualmente ne limitano l'uso sono invece quelli della inadeguatezza della normativa relativa alla gestione dei rifiuti, all'uso del sottosuolo e del mare e all'accettabilità sociale, in relazione in particolare ai rischi di effetti locali dannosi. I molti progetti, avviati in varie parti del mondo, mirano pertanto da un lato a validare i metodi per la scelta dei siti e la stima dei rischi in una pluralità di contesti geologici anche molto diversificati e, dall'altro a ottimizzare le tecniche di controllo dalla superficie dell'evoluzione negli strati geologici profondi della CO₂ iniettata. Il fine ultimo è quello di sviluppare *best practice* e *standard* per tutte le fasi operative connesse, che servano da base nella definizione delle procedure autorizzative e delle responsabilità correlate alla scelta dei siti, all'esecuzione del confinamento, al controllo a breve e lungo termine, all'abbandono dei siti di confinamento.

Tabella 2 - Capacità relative alle diverse possibilità di confinamento

Capacità globali di stoccaggio	Gtonn CO ₂
Acquiferi salini profondi	6.000 - 10.000
Giacimenti di petrolio e gas	900 - 1.300
Miniere di carbone	60 - 150

Fonte: IPCC

Tabella 3 - Capacità di stoccaggio in Italia

Potenzialità di stoccaggio in Italia	Mtonn CO ₂
Acquiferi onshore	353
Acquiferi offshore	84
Giacimenti di petrolio e gas on shore	1.790
Totale nazionale	2.230

Fonte: UE



Costi delle diverse tecnologie per un uso sostenibile dei combustibili fossili

La CCS negli impianti di generazione elettrica ha economicamente senso solo per impianti su larga scala altamente efficienti. Al momento, a parità di potenza elettrica prodotta, l'aumento di consumo di combustibile fossile dovuto all'utilizzo di CCS potrebbe arrivare al 35-40%. È previsto che si riduca al 10-30% negli impianti di nuova generazione, e potrebbe ulteriormente abbassarsi al 6% con ulteriori innovazioni. Le perdite di efficienza, inclusa la compressione della CO₂ a 100 bar prima del pompaggio nei siti di stoccaggio, sono stimate essere pari a 8-12 punti percentuali per impianti a carbone esistenti, con un *trend* stimato in significativa riduzione per gli impianti di prossima generazione. In generale, la complessità di un grande progetto sta nell'elevato costo del capitale iniziale richiesto. Se il costo d'investimento per un impianto dimostrativo di scala significativa dotato di sistemi CCS varia tra 0,5 e 1 G\$, il 50% di tale importo andrebbe a coprire i costi per la CCS. Il costo relativo alla sola cattura è pari a 20-80 \$/t, quello per il trasporto 1-10 \$/t per 100 km; quello per lo stoccaggio e il monitoraggio circa 2-10 \$/t. Utilizzando tecnologie caratterizzate da costi accessibili e una favorevole collocazione del sito, le migliori stime di costo per la CCS su gas esauriti prodotti da un impianto a carbone sono pari a 50 \$/t includendo la cattura (20-40 \$/t), il trasporto con pipeline (1-5 \$/t) per 100km e lo stoccaggio (2-5 \$/t). Il costo del trasporto a breve distanza e dello stoccaggio può essere stimato a meno di 10 \$/t se il monitoraggio del sito non comporta accorgimenti particolari. Assumendo un ragionevole sviluppo delle tecnologie, il costo totale della CCS è previsto ridursi al di sotto dei 25 \$/t CO₂ a partire dal 2030, ma la riduzione è più difficile negli impianti NGCC dove la concentrazione di CO₂ è più bassa. Il futuro della CCS negli impianti di generazione elettrica dipende in larga parte

dall'impatto sul costo dell'elettricità. Nei nuovi impianti di potenza, il suo uso potrebbe aumentare il costo dell'elettricità (attualmente pari a 2,5-6 c\$/kWh) di 2-3 c\$/kWh. Ci si aspetta che questo costo addizionale si riduca a 1-2 c\$/kWh per il 2030, e che sia più basso per gli impianti a carbone che per quelli a gas. Il costo della separazione della CO₂ nei pozzi, presso i giacimenti di gas naturale, dipende invece dalla concentrazione di CO₂ presente nel gas e dalla tipologia del sito. Il costo infatti può essere inferiore a 5 \$/t CO₂ per siti terrestri e di circa 15 \$/t per quelli offshore.

Nelle tabelle 4 e 5 si riportano dati economici e di efficienza energetica che confrontano le soluzioni di riferimento senza cattura (RIF) e quelle con cattura, per quattro tipiche tipologie impiantistiche:

- GTCC impianto a ciclo combinato con turbina a gas alimentata a gas naturale;
- IGCC impianto a ciclo combinato abbinato ad un sistema di gassificazione di carbone che produce syngas usato come combustibile della turbina a gas;
- SC impianto a carbone del tipo supercritico, a combustione di carbone polverizzato;
- OXY impianto alimentato a carbone utilizzando ossigeno come comburente. Con l'asterisco (*) si intende segnalare che per gli impianti oxy non esiste la configurazione senza cattura, perciò il confronto si fa comunque con gli impianti SC ad aria senza cattura.

Vengono calcolati, per le quattro tipologie d'impianto, nel caso di assenza o presenza di tecnologie di cattura della CO₂, i seguenti parametri:

- costi di investimento, in €/kW installato;
- efficienza di conversione energetica;
- emissioni di CO₂ (kg/kWh);
- costo dell'energia elettrica, COE (c€/kWh);
- costo per tonnellata di CO₂ evitata (mitigation cost), MC (€/tonn CO₂).

Nel calcolo del costo specifico dell'energia elettrica (COE) i maggiori costi dovuti alla cattura e confinamento della CO₂ sono attribuiti alla produzione elettrica. Nel calcolo del costo per tonnellata di CO₂ evitata, il cosiddetto *mitigation cost*, (MC), detti costi sono attribuiti tutti alla CO₂ evitata. I calcoli sono stati effet-

tuati assumendo i costi attuali dei combustibili: 6 \$/GJ per il gas e 1,55 \$/GJ per il carbone. È stata, inoltre, effettuata una proiezione dei costi al 2020, ipotizzando inferiori costi di investimento, più elevate efficienze di conversione, e più elevati costi dei combustibili pari a 7 \$/GJ per il gas e 2 \$/GJ per il carbone.

Tabella 4 – Confronto tecnico-economico fra impianti alimentati a gas o a carbone con o senza cattura

		udm	GTCC	IGCC	SC	OXY*
COSTI DI INVESTIMENTO	RIF	\$/kW	536	1395	1151	1151
	con catt.	\$/kW	998	1881	1976	1690
	var	%	86,2	34,8	71,7	46,8
EFFICIENZA	RIF	%	55,4	42,7	41,8	41,8
	con catt.	%	48,2	35,6	31,4	36,8
	var	%	-13,0	-16,6	-24,9	-24,9
EMISSIONI DI CO ₂	RIF.	kg/MWh	357	754	771	771
	con catt.	kg/MWh	41	136	154	131
	var	%	-88,5	-82,0	-80,0	-83,0
COE	RIF.	c\$/kWh	5,40	5,32	4,72	4,72
	con catt.	c\$/kWh	7,33	7,1	8,16	6,91
	var	%	35,7	33,5	72,9	46,4
MC	MC	€/tonnCO ₂	64,5	32,4	59,9	37,6

Fonte: ENEA

Tabella 5 – Confronto tecnico-economico fra impianti alimentati a gas o a carbone con o senza cattura, al 2020

			GTCC	IGCC	SC	OXY*
COSTI DI INVESTIMENTO	RIF	\$/kW	528	1333	1114	1114
	con cat	\$/kW	951	1856	1894	1620
	var	%	80,1	39,2	70,0	45,4
EFFICIENZA	RIF	%	62,0	50,0	51,0	51,0
	con cat	%	53,9	41,7	39,6	43,2
	var	%	-13,1	-16,6	-22,4	-15,3
EMISSIONI DI CO ₂	RIF	kg/MWh	319	686	672	672
	con cat	kg/MWh	37	123	130	119
	var	%	-88,4	-82,1	-80,7	-82,3
COE	RIF	c\$/kWh	5,55	5,32	4,72	4,72
	con cat	c\$/kWh	7,42	7,20	8,02	6,90
	var	%	33,7	35,4	69,9	46,2
MC	MC	\$/tonnCO ₂	69,7	37,2	64,8	43,1

Fonte: ENEA



Tali valutazioni tendono a dimostrare, ai costi attuali dei combustibili, la convenienza degli impianti a carbone – siano essi IGCC oppure del tipo OXY – nel caso di adozione di sistemi di cattura della CO₂.

La strategia internazionale

A livello internazionale sono ormai definiti, in maniera unanime, i punti chiave da affrontare sia sul piano dello sviluppo delle tecnologie e della loro commercializzazione a costi sostenibili, sia sul piano della normativa e della conquista di un sufficiente consenso sociale. A livello europeo la piattaforma tecnologica ZEP sta svolgendo un ruolo essenziale per indirizzare la politica comunitaria verso la dimostrazione in tempi brevi delle tecnologie CCS con un coinvolgimento rilevante dei singoli Stati. Su scala mondiale un ruolo determinante continua ad essere svolto dal CSLF e dall'IEA, che sono stati coinvolti congiuntamente dal G8 per elaborare una proposta complessiva da sottoporre alla approvazione nella prossima riunione governativa che si terrà nel 2008 in Giappone: l'obiettivo è di inserire a pieno

titolo le tecnologie CCS fra le misure da adottare per poter conseguire gli obiettivi del post-Kyoto di ulteriori riduzioni delle emissioni della CO₂.

Aspetti tecnologici chiave

Il settore dell'impiantistica per produzione di energia elettrica, eventualmente combinata con la produzione di idrogeno, è quello che necessita del maggiore impegno tecnologico: nel breve-medio periodo per la dimostrazione delle tecnologie disponibili, e nel lungo periodo per lo sviluppo e dimostrazione di tecnologie ancora più efficienti e meno costose. Il settore del trasporto della CO₂ è considerato sostanzialmente maturo, e richiede essenzialmente attività di ottimizzazione. Il settore del confinamento della CO₂, anche se per alcune applicazioni è maturo da tempo – come nel caso dell'iniezione di anidride carbonica in pozzi petroliferi a produttività aumentata – necessita di attività di messa a punto e dimostrazione specialmente al fine di accrescere il livello di "confidenza" e quindi la accettabilità sociale. In figura 1 sono sintetizzati i principali te-

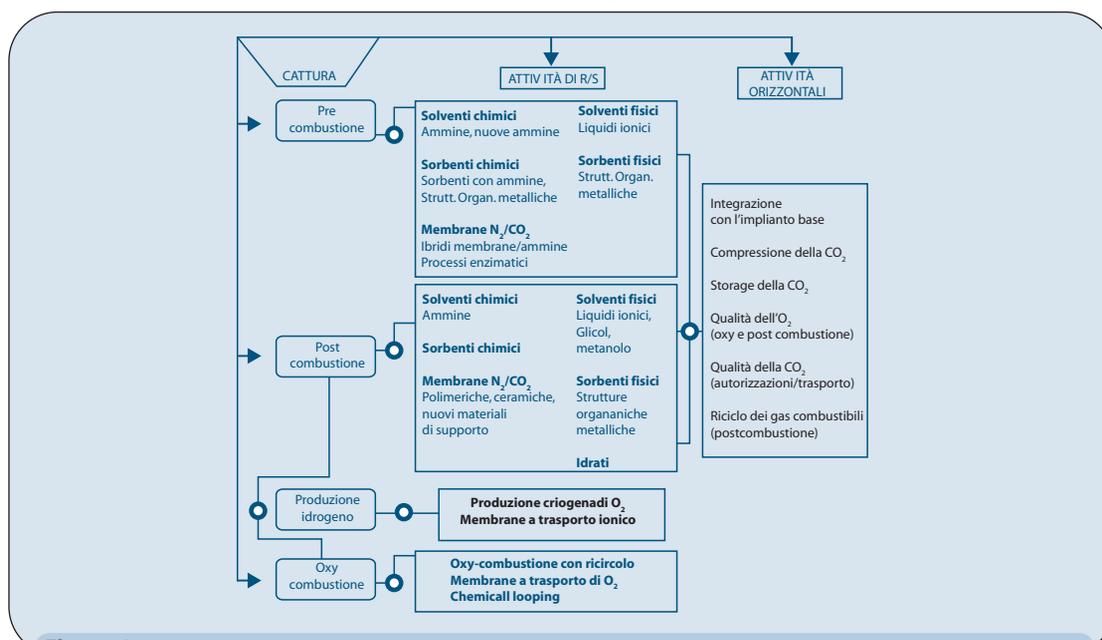


Figura 1
Principali temi di ricerca e dimostrazione sulle tecnologie di cattura della CO₂
Fonte: ENEA

mi di ricerca e dimostrazione sulle tecnologie di cattura, condivisi da diversi paesi, dall'UE, dal Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF), dall'IEA.

In generale, per le tecnologie CCS vi è unanime consenso sul fatto che non si può indicare la migliore tecnologia di cattura oggi disponibile oppure quella più promettente: è dunque necessario continuare a studiare le tre alternative. Altresì è necessario realizzare impianti dimostrativi entro il 2015 in modo da verificare la possibilità di passare alla fase commerciale dal 2020; è necessario continuare le attività di ricerca per ulteriori sviluppi dopo il 2020, con l'obiettivo di ridurre ulteriormente i costi di cattura ed incrementare l'efficienza complessiva. Risulta invece indispensabile effettuare una mappatura accurata dei siti geologici atti allo storage della CO₂ e avviare programmi dimostrativi sulle potenzialità delle tecnologie di storage geologico, verificando l'efficienza e la sicurezza pur rimanendo opportuno sondare altre metodologie di storage diverse da quelle geologiche. Gli obiettivi delle attività nei prossimi anni si possono così sintetizzare:

- abbassare il costo della CO₂ evitata a valori < 20 €/t CO₂;
- ridurre i costi di investimento degli impianti CCS;
- ridurre i costi di esercizio degli impianti CCS;
- ridurre l'energia aggiuntiva richiesta per l'applicazione delle tecnologie CCS;
- ottenere elevata disponibilità in termini di ore/anno di esercizio.

Aspetti commerciali, finanziari e regolamentari chiave

Per l'introduzione progressiva delle tecnologie CCS è necessario vincere le sfide relative alla riduzione dei costi degli impianti dotati di tali tecnologie; alla creazione di un 'valore' CO₂ sul merca-

to globale; alla riduzione dei rischi di investimenti molto elevati, richiesti dalle tecnologie CCS. Il conseguimento di tali obiettivi richiede una grossa azione a livello globale su vasta scala, con l'impegno dei governi a creare le condizioni per il business della CO₂, riflettendo i progressi scientifici e tecnologici nelle legislazioni nazionali ed internazionali.

Aspetti di consenso pubblico e accettazione

L'adozione di nuovi sistemi di produzione e gestione dell'energia comporta l'emergere di nuove problematiche di gestione del territorio. Da un lato si rendono necessari adeguamenti e innovazioni nell'ambito amministrativo-legislativo, dall'altro nasce l'esigenza di far conoscere ed accettare le nuove tecnologie e i vantaggi che esse procurano, per assicurarsi la collaborazione dei cittadini e delle istituzioni territoriali. Ciò vale in modo particolare per le tecnologie CCS.

La conoscenza assai limitata di tali nuove tecnologie costituisce una barriera al loro sviluppo. Occorre quindi promuovere il consenso, operando affinché cresca la consapevolezza sul fatto che è realmente possibile utilizzare combustibili fossili, *in primis* il carbone, adottando tecnologie in grado di separare la CO₂ evitando che venga immessa in atmosfera e che è realisticamente possibile garantire che la CO₂ possa essere confinata mediante stoccaggio geologico accertato e sicuro per lunghissimi periodi. Occorre, a tal fine, avviare progetti dimostrativi in grado di verificare definitivamente tale opzione, dimostrando il buon funzionamento degli impianti per produzione di elettricità - ed eventualmente idrogeno - e la sicurezza delle tecniche di confinamento geologico anche mediante la qualificazione delle metodologie di monitoraggio. È essenziale il rapporto con il sistema socio-politico territoriale, identifica-



to nella dimensione regionale e comunale, elaborando un'articolata strategia di informazione-comunicazione basata sulle evidenze scientifiche e tecnologiche, ma tarata sulle problematiche socio-culturali e territoriali.

Iniziative auspicate a livello paese e ruolo di "ENEA Group"

L'Italia è fra i paesi più industrializzati che non hanno ancora adottato una strategia per lo sviluppo delle tecnologie CCS per impianti di produzione di energia elettrica, eventualmente combinata con la produzione di idrogeno per usi diversi. Il contesto internazionale ed europeo ci spinge a colmare questa lacuna con la messa a punto di un documento di *vision* ed una *roadmap*, e l'avvio di un programma italiano per la dimostrazione di tali tecnologie: tale strategia dovrà necessariamente allinearci al trend internazionale e consentire all'Italia di giocare un ruolo non residuale in Europa. Nel nostro Paese esistono le condizioni tecniche e il know-how necessario per avviare un programma nazionale al passo con i tempi e coordinato con le iniziative europee ed internazionali.

Molti progetti sono in corso, altri sono in fase di avvio: il tutto in un quadro di ridotto coordinamento di cui si sente, peraltro, la forte necessità. L'ENEA, insieme alle sue partecipate Sotacarbo, Cesi Ricerca, e Cetma, può svolgere un ruolo essenziale su due versanti:

- contribuire alla costruzione di grandi progetti nazionali inseriti in un quadro internazionale (CSLF) ed europeo (FP7): in Italia si può realizzare almeno uno dei 10-12 impianti dimostrativi che la UE intende cofinanziare nell'immediato futuro;
- operare a supporto dei governi nazionale e locali per favorire un approccio sistemico: a tal fine è importante la

funzione assegnata all'ENEA di *advisor* per il MSE sulle tecnologie CCS prevista nell'accordo di programma, e il compito di realizzare il *survey* geologico assegnato a Cesi Ricerca.

L'industria, d'altro canto, non può perdere anche questa occasione di innovazione tecnologica in grado di aprirle nuovi spazi di un mercato in continua e rapida espansione: perdere il treno ora significherebbe rimanere esclusi da una delle grandi occasioni di sviluppo industriale alimentata dalle tendenze di Cina e India, ma anche di USA ed UE, che necessariamente continueranno a ricorrere per lungo tempo alle fonti fossili ed al carbone. È evidente che le iniziative di grande portata di cui si parla richiedono investimenti molto consistenti e indirizzi di politica energetica più chiari, e richiamano alle proprie responsabilità anche il governo nazionale rispetto a due grandi tipologie di scelte:

- assumere, in linea con le posizioni dell'UE, la priorità dello sviluppo e dimostrazione delle tecnologie CCS per le politiche di abbattimento delle emissioni di CO₂;
- confermare l'impegno sulle tecnologie CCS nei programmi degli anni futuri del Piano triennale della ricerca di sistema (CERSE), sia accordi di programma che bandi;
- sostenere, anche sul piano economico, grandi progetti dimostrativi da proporre in ambito FP7 nell'ambito, ad esempio, dei progetti "Industria 2015".

Oggi una prospettiva concreta in Italia è offerta dalla decisione dell'ENEL di puntare alle tecnologie di post-combustione e oxy-combustione: la prima come unica alternativa, seppure molto costosa, alla cattura sugli impianti già esistenti, la seconda come prospettiva apparentemente più promettente per ap-

plicazioni nel breve periodo ad impianti a carbone. Sulla oxy-combustione è stata presentata una idea progettuale nell'ambito del bando "Industria 2015" e si intende presentare una proposta in ambito FP7. Altri interessi industriali sono poi stati dichiarati da società di ingegneria e impiantistica tecnologica intenzionate ad investire in questo settore: in particolar modo Technint e Foster Wheeler hanno entrambi presentato idee progettuali, insieme all'ENEA, nell'ambito delle iniziative "Industria 2015". Dal lato costruttori di impianti e componenti altre voci vengono da Ansaldo per le turbine a gas e da ITEA e Sofinter per combustori e caldaie. In questo quadro l'ENEA - per le riconosciute competenze tecnico-scientifiche e capacità di analisi e sperimentazione - può svolgere un importante ruolo di catalizzatore delle attività variamente sviluppate in Italia, e nello stesso tempo dare credibilità alle proposte di finanziamento avanzate al Governo. Con questa prospettiva è possibile avviare in Italia tre tipologie di progetti dimostrativi di impianti dotati di tecnologie dei cattura della CO₂, uno ciascuno rispettivamente per oxy-combustione, cattura a monte e cattura a valle, uno dei quali in grado di chiudere il ciclo con attività di storage geologico (tecnologie ECBM in Sardegna).

Puntare allo studio delle tre tecnologie non deve apparire dispersivo: infatti non esiste oggi una tecnologia giudicata migliore delle altre, e vi sono ampie prospettive di applicazioni diversificate in vari settori ed in vari contesti geografici e socio-politici; inoltre tale approccio risponde alle esigenze diversificate di aziende diverse che pensano di competere sul mercato globale sviluppando il proprio know-how.

Un'attenzione particolare merita il tema del confinamento della CO₂. Non vi sono dubbi sulle enormi potenzialità offerte

dallo storage geologico, specialmente in acquiferi salini profondi, anche se non sarebbero da escludere a priori metodologie basate su trattamenti chimici. Si è già detto sulla necessità di operare per confermare la fattibilità tecnica e nello stesso tempo dimostrare l'assenza di rischi per l'ambiente e per gli esseri viventi legati ad eventuali fughe di CO₂ precedentemente iniettata nel sottosuolo. A tal fine sono direttamente coinvolti tutti gli operatori. Nel nostro Paese, inoltre, risulta essenziale avviare un programma di *survey* geologico volto alla identificazione e caratterizzazione di possibili siti in territorio italiano per il pompaggio della CO₂. Un ruolo importante viene in questo campo svolto da Cesi Ricerca, incaricato specificamente dal Ministero dello Sviluppo Economico nell'ambito dell'accordo di programma, ma allo stesso tempo risulta essenziale l'apporto che può fornire l'Eni mettendo a disposizione il *data base* realizzato nel corso degli anni, e quello di enti *leader* come INGV e OGS. Anche in questo caso non si può assolutamente prescindere dalla presenza forte di un piano di finanziamenti pubblici e dall'assunzione di responsabilità politiche.

In tutto questo il ruolo dell'ENEA può assumere connotati nuovi e particolarmente interessanti, con un approccio che integri le competenze tecnico-scientifiche, la capacità di coordinamento a livello nazionale e internazionale, e la possibilità di svolgere il ruolo di ente terzo - la cui autorevolezza è sostanziata dal ruolo scientifico - particolarmente necessario su una tematica così complessa e controversa.

Vengono di seguito presentate tre sintesi di altrettanti progetti dimostrativi elaborati dall' "ENEA Group" con la partecipazione dei principali attori nazionali, su impianti dotati rispettivamente di tecnologie CCS oxy-combustione, pre-combustione e post-combustione.



Dimostratore tecnologie di cattura basate sull'oxy-combustione

- **Obiettivi.** Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da carbone con cattura dell'anidride carbonica basata su sistemi di combustione con ossigeno ad elevata efficienza energetica e limitato impatto ambientale. Lo studio e la realizzazione dell'impianto verranno effettuati con l'apporto determinante del settore industriale nazionale e dei principali organismi di ricerca.
- **Stato dell'arte.** Il metodo di cattura della CO₂, che utilizza la combustione con ossigeno, rappresenta la terza via tra le possibili opzioni oggi più tecnologicamente mature. A valle della produzione del calore di combustione utilizzato nel ciclo termodinamico, si genera un efflusso di gas molto ricco in CO₂ che, dopo aver attraversato una sezione di rimozione dei principali inquinanti e una di condensazione del vapor d'acqua può essere inviato a stoccaggio. È un tipo di processo per il quale già si trovano applicazioni nell'industria siderurgica e del vetro. A livello mondiale lo si sta studiando in applicazioni di potenza.
- **Aspetti innovativi.** Il componente chiave è rappresentato dal combustore a ossigeno comburente e dalla sua applicazione nell'integrazione in un impianto a vapore di tipo supercritico o in un sistema basato su turbine a gas che operano in cicli avanzati.
- **Prodotti attesi.** Impianto dimostrativo di taglia significativa pari a circa 50 MWt (figura 2) con l'obiettivo di acquisire gli elementi per lo sviluppo su più larga scala di centrali a emissioni zero. La sperimentazione su scala 5 MWt (figura 3) è già avviata a Gioia del Colle (BA) c/o ITEA.

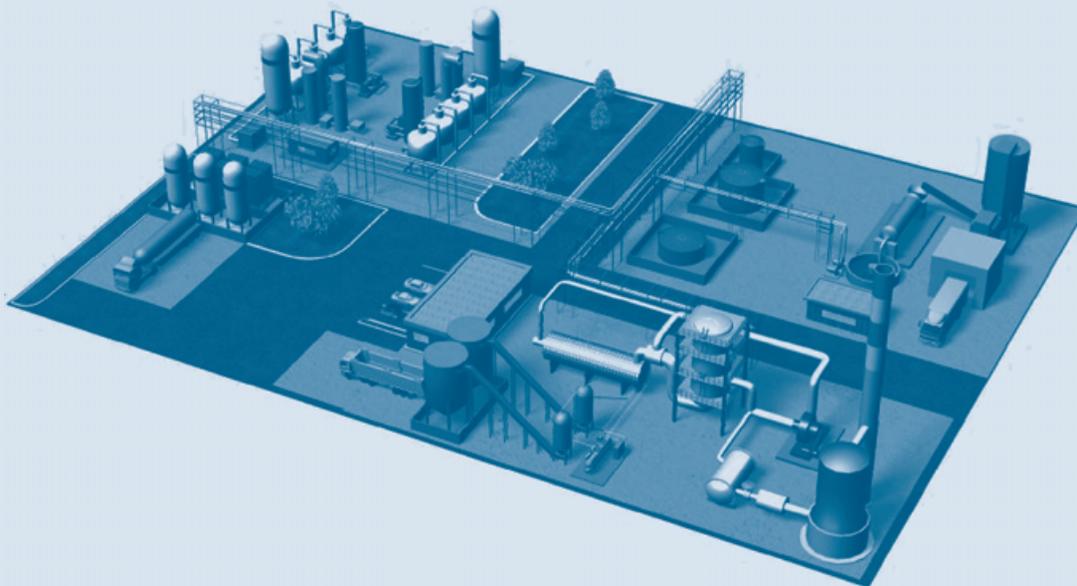


Figura 2
Progetto ENEL/ITEA/ENEA CCS2: dimostrativo di combustione in ossigeno
Fonte: ENEA

- *Impatto potenziale.* La tecnologia sviluppata potrà essere utilizzata per future centrali ad emissioni zero con efficiente integrazione di produzione di ossigeno, generazione di vapore e cattura della CO₂. Il risultato più rilevante dello sviluppo tecnologico sarà costituito da conoscenze ed innovazioni tecnologiche utili per lo sviluppo di future centrali caratterizzate da efficienze, su scala di grande potenza, prossime al 40% inclusi i costi di cattura della CO₂. I risultati della sperimentazione sull'impianto pilota potranno concretizzarsi, entro il 2015, in soluzioni innovative per centrali "zero emission" di scala più grande che potranno essere così progettate a partire dal 2012 e disponibili per un esercizio commerciale dal 2015.
- *Il ruolo dell'ENEA Group* in tale proposta progettuale riguarda: la progettazione di base, con particolare riguardo alla scelta dei parametri termodinamici del ciclo (presumibilmente UltraSuperCritico) ed alla conseguente scelta dei materiali per le sezioni di alta temperatura; la valutazione costi-ricavi e l'analisi di redditività; le problematiche della combustione in aria arricchita, attraverso studi modellistici e prove sperimentali; le problematiche di degrado dei materiali; la simulazione stazionaria e dinamica dell'impianto; la valutazione e simulazione delle modalità di confinamento geologico, sia ai fini di una valutazione tecnico-economica che dell'analisi dei rischi di rilascio; lo Studio di Impatto Ambientale.



Figura 3
Impianto Isotherm 5MW a combustione in ossigeno flameless
Fonte: ITEA



Dimostratore tecnologie di cattura pre-combustione

Le tecnologie pre-combustione operano una "decarbonizzazione" del combustibile fossile a monte della combustione rilasciando un gas ad alto contenuto di idrogeno che poi può essere utilizzato come combustibile in impianti di produzione elettrica o in usi alternativi (trazione, chimica di base ecc.). In generale, dal punto di vista energetico, la penalizzazione dovuta al loro utilizzo è ridotta sia perché si opera su flussi in quantità limitate sia perché si può operare in pressione, condizione che facilita la cattura e rende meno dispendiosa la rigenerazione.

In questo ambito due sono le attività progettuali in corso.

La prima, utilizza un'unità di gassificazione del carbone (taglia 5 Mwt) come primo elemento per la realizzazione di un impianto di produzione di gas di sintesi completato con le nuove sezioni di COshift, desolforazione e cattura della CO₂. Il progetto prevede attività di R&S per l'ottimizzazione su scala significativa dei processi di cattura precombustione della CO₂ su gas di sintesi provenienti dalla gassificazione del carbone in impianti finalizzati alla produzione di energia elettrica e/o idrogeno. Il componente chiave è rappresentato dalla sezione di assorbimento e rigenerazione del solvente sul quale hanno però notevole influenza il sistema di desolforazione e quello di COshift. Il risultato atteso dallo sviluppo del progetto è la realizzazione di un prodotto ad alta innovazione tecnologica, ottenuta attraverso il miglioramento dell'efficienza di cattura della CO₂, l'elevata flessibilità nell'utilizzo di diversi tipi di combustibili, la maggiore durata dei catalizzatori e dei *chemicals* impiegati. Le attività sperimentali saranno svolte prevalentemente presso il Centro di Ricerche Sotacarbo nell'area del bacino minerario del Sulcis, nel sud-ovest della Sardegna; questa localizzazione è anche funzionale all'ulteriore possibilità di utilizzare, in una fase successiva, gli strati carboniferi profondi per sperimentare il confinamento geologico della CO₂ con tecnologie ECBM. Una ricaduta potenziale riguarderà gli impianti IGCC alimentati con tar residui della raffinazione dei prodotti petroliferi. Il ruolo di ENEA Group in tale proposta progettuale riguarda: lo studio di fattibilità tecnico-economica dell'intervento; la scelta dei processi di cattura; la simulazione stazionaria e dinamica dell'impianto; la valutazione e simulazione delle modalità di confinamento geologico, sia ai fini di una valutazione tecnico-economica che dell'analisi dei rischi di rilascio; lo Studio di Impatto Ambientale; prove d'appoggio sulla piattaforma pilota Sotacarbo.

La seconda iniziativa riguarda la piattaforma ZECOMIX (Zero Emission COal MIXed technology - figura 4). L'utilizzo pulito del carbone, tema di sicuro interesse internazionale, è solo uno degli aspetti caratterizzanti il progetto: ad esso sono infatti correlati anche quello della cattura e del sequestro dell'anidride carbonica, quello della produzione, distribuzione e utilizzo dell'idrogeno come "nuovo" vettore energetico e quello più generale di sviluppo di tecnologie efficienti, ecocompatibili e sul lungo periodo meno costose. Obiettivo del progetto è quello di migliorare la comprensione degli aspetti teorici correlati a fenomenologie innovative, quali: idrogassificazione del carbone, meccanismi di cattura a caldo della CO₂ attraverso l'utilizzo di sorbenti solidi a base di calcio, combustione dell'idrogeno puro o in miscela con altri gas.

Il processo di riferimento può essere ripartito in quattro sezioni principali. La prima è la sezione di gassificazione e decarbonizzazione nella quale la gassificazione del carbone è stata effettuata utilizzando gas di ricircolo caldi a base di idrogeno anziché ossigeno (idro-

gassificazione) ed è seguita dalla cattura dell'anidride carbonica effettuata grazie all'utilizzo di sorbenti solidi a base di calcio. La seconda sezione è la sezione di potenza, nella quale hanno sede la combustione dell'idrogeno (figura 5) e la produzione di energia elettrica attraverso un ciclo a vapore di tipo fortemente innovativo. La terza sezione è invece quella relativa alla rigenerazione del sorbente attuata attraverso il processo di calcinazione che genera un flusso caldo di anidride carbonica pressochè pura. L'ultima sezione è quella di trattamento e compressione dell'anidride carbonica che è a questo punto pronta per il sequestro definitivo. Un impianto prova che andrà a testare la fattibilità tecnica dei diversi processi è in fase di realizzazione presso il CR Casaccia dell'ENEA.

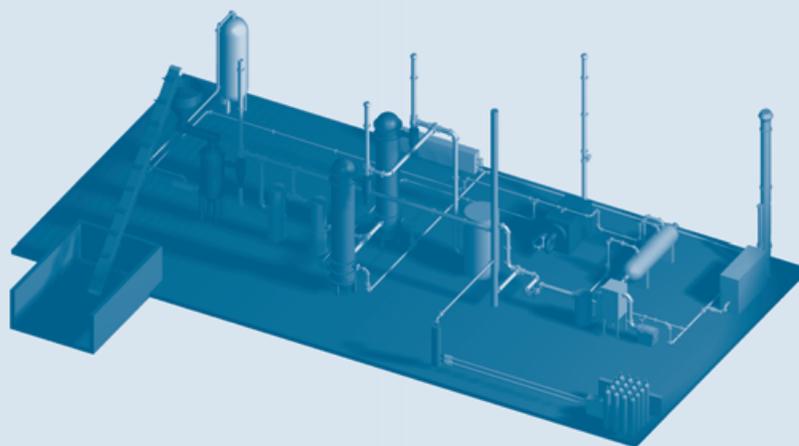


Figura 4
Progetto ENEA impianto ZECOMIX (cattura CO₂ precombustione)
Fonte: ENEA



Figura 5
Impianto IDEA per la combustione dell'H₂
Fonte: ENEA



Dimostratore tecnologie di cattura post-combustione

- **Obiettivi.** La finalità principale del progetto è quella di realizzare un dimostratore tecnologico che permetta di generare energia elettrica attraverso l'utilizzo di carbone con ridotte emissioni di CO₂. In particolare viene esaminata la possibile integrazione del processo cattura della CO₂ nei fumi a valle della caldaia in impianti termoelettrici preesistenti su scala industriale.
- **Stato dell'arte.** I sistemi post-combustione sono sicuramente quelli che presentano la maggiore maturità tecnologica, grazie all'esperienza acquisita nei settori oil&gas e in quello del trattamento di gas esausti su scala modesta. Sono i più adatti ad essere applicati ad impianti esistenti in retrofit, previa verifica delle disponibilità di spazio, visti gli elevati volumi necessari. I principali svantaggi sono rappresentati dagli elevati costi d'impianto, legati alle ingenti quantità di gas da trattare e dall'alta penalizzazione energetica dovuta alla rigenerazione.
- **Aspetti innovativi.** Anche se non ottimizzati per l'impiego in impianti CCS, tutti i componenti sono al momento commercialmente disponibili. Ulteriori miglioramenti sono però richiesti per abbattere a monte la concentrazione di SOx, NOx e particolato che riducono l'efficienza di assorbimento dei solventi. È comunque necessaria una dimostrazione della tecnologia con un significativo aumento di scala dell'impianto fino a 20-50 volte le applicazioni attuali.
- **Prodotti attesi.** Il progetto prevede la realizzazione di un dimostratore capace di produrre energia a prezzi competitivi partendo dal carbone come fonte disponibile, efficiente ed efficace e concorrendo alla riduzione dell'emissione di gas serra. L'obiettivo è quello di minimizzare i costi della cattura della CO₂, attraverso lo sviluppo di una tecnologia, applicabile ad impianti già operativi e/o nuovi, con rilevante impatto sul mercato, data l'attenzione posta al costo di investimento, alle prestazioni dell'impianto e quindi al costo dell'energia prodotta con una riduzione del 45% delle emissioni di un gruppo termoelettrico Ultra Super Critico da 660 MWe.
- **Impatto potenziale.** Il punto cruciale, che determina la convenienza economica, è legato allo sviluppo di nuovi solventi che riducano significativamente il costo energetico dovuto alla rigenerazione termica. Infatti i principali svantaggi della tecnologia sono rappresentati dai costi d'impianto elevati (legati alle ingenti quantità di gas trattato in gran parte costituito da azoto non presente nei gas trattati nelle configurazioni alternative) e dall'alta penalizzazione energetica dovuta alla rigenerazione. Ciò vale sia per gli impianti a carbone SC e USC che soprattutto per gli impianti a ciclo combinato alimentati a gas naturale, dove si ha una maggiore penalizzazione a causa della minore concentrazione di CO₂ nei fumi.
- **Il ruolo dell'ENEA Group** in tale proposta progettuale riguarda: l'analisi, anche attraverso prove di laboratorio e in campo, dei problemi di degrado dei materiali a contatto con le ammine; lo studio su un reattore a letto fisso per cattura con sorbenti solidi; la valutazione e simulazione delle modalità di confinamento geologico, sia ai fini di una valutazione tecnico-economica che dell'analisi dei rischi di rilascio; lo Studio di Impatto Ambientale.

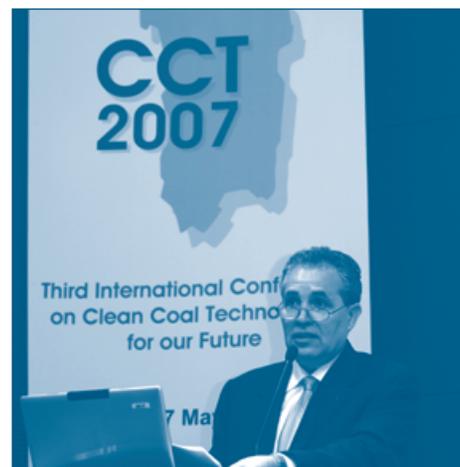
Si è svolto il 12 dicembre 2007, presso la Sede centrale dell'ENEA a Roma, il Workshop "Carbone: obiettivo Zero Emission" con l'intento di mettere a confronto i diversi protagonisti

del mondo dell'industria e della Ricerca, operanti in Italia nel campo delle tecnologie CCS, (ved. *Energia, Ambiente e Innovazione*, n. 6/07 pag. 92).

Il contributo Sotacarbo allo sviluppo delle tecnologie Zero Emission

Mario Porcu
Presidente Sotacarbo

*Utilizzare il carbone
per la produzione di energia
con un limitato impatto
sull'ambiente può aiutare
nella transizione
verso uno sviluppo
pienamente sostenibile*



Sotacarbo's Contribution to the Development of Zero-Emission Technologies

*Using coal to generate electricity with limited
environmental impact can facilitate the transition
to fully sustainable development*

Nei prossimi decenni l'esigenza di uno sviluppo sostenibile, non potrà prescindere da una fase di transizione che ha nel carbone il protagonista principale. Il suo utilizzo su larga scala richiede però l'applicazione di tecnologie in grado di limitare le emissioni di CO₂ in atmosfera. La risposta a questa esigenza è data dalla ricerca nel campo delle CCTs (*Clean Coal Technologies*). Tra le CCTs particolare interesse al livello internazionale è manifestato a favore delle CCS - *Carbon Capture and Storage*, ossia le tecnologie per la cattura e il confinamento geologico della CO₂. L'impiantistica per la produzione di energia elettrica è il settore che richiede il maggior impegno per colmare il divario che separa le tecnologie CCS disponibili dalla loro applicazione su larga scala. I progetti di ricerca mirano ad abbassare i costi della captazione della CO₂ e contemporaneamente anche i costi di investimento ed esercizio degli impianti che applicano tali tecniche. In questo ambito opera la società Sotacarbo, per lo sviluppo di tecnologie di nuova frontiera sull'impie-



go pulito del carbone, per consentire un loro utilizzo su scala industriale. Sotacarbo porta avanti progetti dimostrativi sulla tecnologia CCS, concentrandosi sullo sviluppo di sistemi di cattura della CO₂ in pre-combustione negli impianti sperimentali di gassificazione del carbone della Piattaforma Pilota Sotacarbo.

Gli strumenti della Sotacarbo

Sotacarbo Spa è una società partecipata in modo paritario da ENEA e Regione Sardegna le cui finalità istitutive sono lo studio e lo sviluppo di tecnologie avanzate per l'impiego del carbone.

La Società, costituita nel 1987, utilizza come strumento per il raggiungimento del proprio fine societario il Centro Ricerche Sotacarbo con annessa Piattaforma Sperimentale, ubicato nell'area dell'ex miniera di carbone di Carbonia, nel Sud della Sardegna.

La Piattaforma Sperimentale è attualmente costituita da due impianti:

1. un impianto di gassificazione pilota da 4,8 MW termici, alimentato con 700 kg/h di carbone a basso tenore in zolfo;
2. un impianto di gassificazione laboratorio con linea di trattamento per la



Figura 1
Piattaforma pilota Sotacarbo
Fonte: Sotacarbo

produzione di idrogeno, da 0,24 MW termici, alimentato con 35 kg/h di carbone.

Entrambi gli impianti sono costituiti da un gassificatore a letto fisso, di tecnologia "Wellman-Galusha", e dalla sezione di trattamento del syngas in uscita dal reattore. La linea di trattamento del syngas dell'impianto in scala pilota è attualmente costituito da una torre di lavaggio per l'abbattimento delle polveri e dell'acido cloridrico. Il suo sviluppo futuro è relativo alla validazione, su taglia maggiore, dei risultati sperimentali che si stanno al momento conseguendo nell'impianto in scala da laboratorio.

L'impianto da 0,24 MW termici è invece equipaggiato con una linea completa di trattamento ed utilizzo del gas di sintesi comprendente: torre di lavaggio, primo stadio di desolforazione a freddo, precipitatore elettrostatico ad umido, linea di produzione di energia elettrica (equipaggiata con un secondo stadio di desolforazione a freddo ed il motore a combustione interna) e la linea di produzione dell'idrogeno (equipaggiata con un sistema di desolforazione a caldo, un sistema integrato di *CO-shift* e separazione della CO₂, un sistema di purificazione dell'idrogeno). L'architettura *plug-in*, caratteristica dell'impianto laboratorio, consente di indirizzare la ricerca e la sperimentazione anche verso la co-gassificazione del carbone con biomasse ed altri combustibili, come i residui di lavorazioni industriali ed i fanghi di depurazione provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue.

I Progetti CCS in corso

Tra i progetti che attualmente Sotacarbo ha in corso di realizzazione, di particolare interesse nel settore delle CCS è il progetto CO.HY.GEN. (*Coal to Hydrogen GENERation*) che prevede lo studio e lo sviluppo di un sistema di cattura, in pre-

combustione, della CO_2 , presente nel syngas derivato dalla gassificazione del carbone. Oltre alla sezione di cattura della CO_2 , saranno sperimentate anche le sezioni di desolforazione e di *CO-shift* del syngas (ved. box pag. 27).

Il progetto si propone quindi di studiare ed ottimizzare il sistema di produzione idrogeno da carbone tramite le attività di sperimentazione da condursi sugli impianti della Piattaforma Pilota Sotacarbo. I principali obiettivi della ricerca riguardano:

- l'ottimizzazione del processo di gassificazione in relazione alle caratteristiche del combustibile utilizzato;
- l'ottimizzazione delle tecniche di lavaggio e di desolforazione del syngas;
- lo sviluppo e validazione dei modelli di simulazione dei processi di gassificazione e di trattamento del syngas;
- la sperimentazione dei processi di *CO-shift* e di separazione della CO_2 .

Il progetto, finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca Scientifica nell'ambito della legge 297 che si concluderà nel dicembre 2008, oltre alla Società Sotacarbo, vede la partecipazione di ENEA, Ansaldo Ricerche e del Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università di Cagliari.

La realizzazione del programma sperimentale permetterà quindi di sviluppare tecnologie per un uso pulito dell'energia prodotta con il carbone. L'attività sperimentale è la base per la realizzazione su larga scala di questi sistemi che consentano in tal modo al sistema elettrico nazionale di realizzare una maggiore diversificazione energetica, salvaguardando gli aspetti di compatibilità ambientale.

Idee progettuali per il futuro

Tra i diversi progetti che Sotacarbo intende sviluppare nel settore CCS che permettono quindi di realizzare sistemi *zero emission*, due di questi si distinguono per l'alto contenuto di innovazione: il progetto "PRATO" e il progetto "CARBOMI-CROGEN".

Progetto PR.A.T.O. (Pre-combustion Adsorption Technology Optimization for CO_2 capture)

Sulla base dei risultati ottenuti dalla attività di sperimentazione sull'impianto Sotacarbo di taglia da laboratorio (0,24 MW) l'idea progettuale "PRATO" si propone di ampliare la linea di trattamento

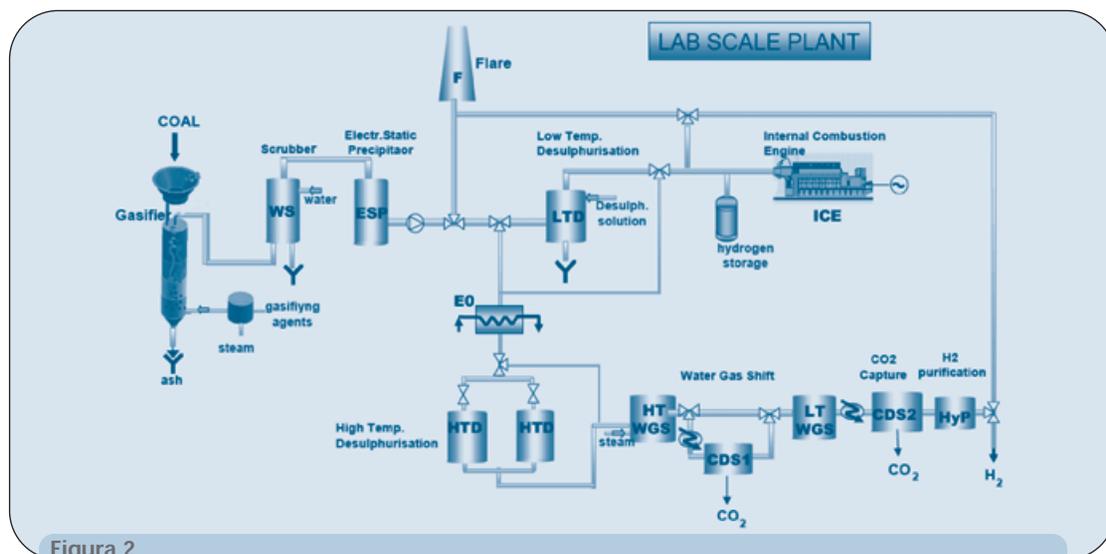


Figura 2
Schema dell'impianto di gassificazione in scala di laboratorio
Fonte: Sotacarbo



del syngas dell'impianto pilota da 4,8 MW con le sezioni di desolforazione, *CO-shift* e separazione della CO₂. L'obiettivo è mettere a punto un sistema di separazione della CO₂ efficiente e poco costoso, da applicare a impianti IGCC di taglia commerciale, esistenti o futuri.

L'attività sperimentale riguarderà in particolare l'impiego di differenti solventi commerciale per la separazione della CO₂, sia di tipo fisico, sia di tipo chimico, oltre a miscele di vari solventi chimici e fisici tutte con particolare riferimento al sistema di rigenerazione del solvente: si mira così ad ottenere un contenimento dei costi. La CO₂ prodotta dalla separazione, in concentrazione maggiore del 95%, potrà quindi essere avviata al confinamento geologico.

Sotacarbo intende sviluppare il progetto nella propria Piattaforma Pilota con altri partner interessati alla sua realizzazione tra cui ENEA, Techint, Università di Cagliari, Politecnico di Milano.

Progetto "CARBOMICROGEN"

L'idea progettuale "CARBOMICROGEN" si propone di mettere a punto, e rende-

re così disponibili sul mercato, sistemi di microgenerazione, che utilizzino syngas ottenuto dalla gassificazione del carbone o dalla co-gassificazione dello stesso con biomasse.

Sfruttando la Piattaforma Pilota Sotacarbo e il syngas in essa prodotto, con il progetto si intendono sviluppare sia reti di distribuzione di syngas e/o idrogeno sia tecnologie per la realizzazione di piattaforme energetiche di microgenerazione distribuita con l'impiego di sistemi ad alta valenza ambientale (come ad esempio le celle a combustibile) che consentano il recupero dell'80-90% dell'energia chimica contenuta nei combustibili notoriamente "difficili", per trasformarla in energia elettrica e termica richiesta dall'utenza finale.

Anche per questa idea progettuale Sotacarbo prevede di potenziare l'impianto su scala pilota con la realizzazione di una rete sperimentale di distribuzione del syngas per alimentare alcuni tra i più innovativi sistemi di microgenerazione elettrica.

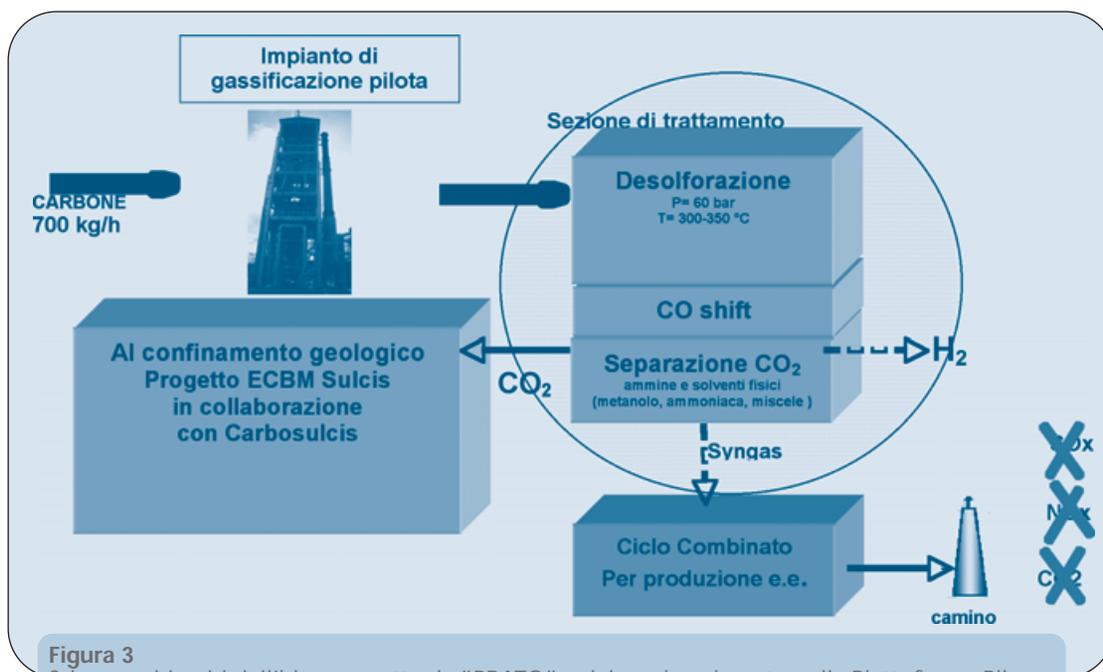


Figura 3
 Schema a blocchi dell'idea progettuale "PRATO" e del suo inserimento nella Piattaforma Pilota Sotacarbo
 Fonte: Sotacarbo

E.C.B.M. Sulcis

Affinché un progetto possa essere considerato *zero emission* è necessario non solo lo sviluppo di tecnologie di cattura della CO₂ ma anche lo studio e l'applicazione di tecnologie di confinamento.

La presenza nel Sulcis, territorio in cui è ubicato il Centro Ricerche Sotacarbo, del più importante giacimento di carbone nazionale, permetterebbe di realizzare un sistema sperimentale con tecnologia CCS associando alle tecniche di cattura della CO₂ le tecniche E.C.B.M. (Enhanced Coal Bed Methane) di confinamento geologico in bacino carbonifero del gas.

L'applicazione della tecnologia E.C.B.M. permette non solo di confinare definitivamente cospicui quantitativi di CO₂, in strati non economicamente coltivabili del bacino carbonifero, ma consente al contempo anche di estrarre dagli stessi il metano rimasto naturalmente intrappolato durante il processo di formazione del carbone. In tale ambito Sotacarbo ha già eseguito insieme a Carbosulcis, società detentrica della concessione mineraria per l'estrazione del carbone Sulcis, attività preliminari di studio ed intende proseguire i lavori per l'applicazione delle

tecnologie al bacino carbonifero del Sulcis.

Oltre alle attività di ricerca condotte nella propria Piattaforma Pilota, Sotacarbo partecipa, come partner, ad altri studi e progetti nel campo delle CCS. Tra questi, di particolare interesse è il progetto F.I.N.E. CO₂ - Flameless Italia No Emission CO₂.

Progetto F.I.N.E. CO₂ - Flameless Italia No Emission CO₂

Il progetto di ricerca industriale propone la realizzazione di un impianto sperimentale con tecnologia di combustione in cui si ha una ossidazione in assenza di fiamma (*flameless*) del carbone, impiegando ossigeno come comburente.

I vantaggi principali della tecnologia, oltre agli alti rendimenti di conversione, sono di tipo ambientale grazie alle ridotte emissioni di inquinanti ed alla non pericolosità dei rifiuti solidi derivanti dalla combustione.

La tecnologia *flameless* potrebbe nobilitare combustibili di basso rango che proprio per ragioni ambientali, hanno difficoltà ad essere impiegati.

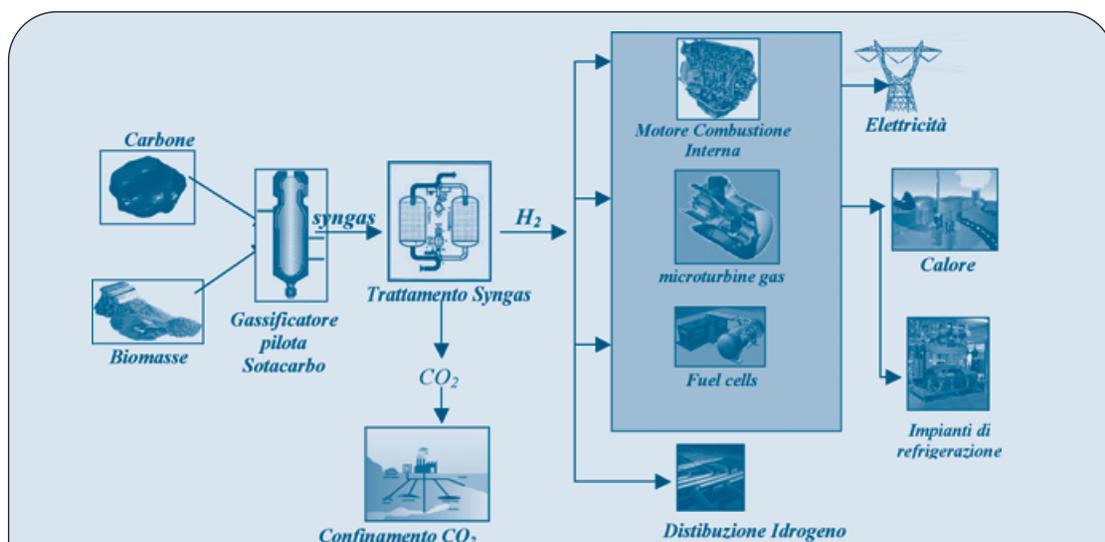


Figura 4
Rappresentazione schematica del sistema di produzione di energia da sperimentare con il progetto "Carbomicrogen"
Fonte: Sotacarbo



Il progetto F.I.N.E. CO₂, nato all'interno del protocollo di intesa stipulato con ENEA, Ansaldo Energia Spa e Itea Spa, ha l'obiettivo principale di verificare l'applicabilità di questa particolare tecnologia di ossicombustione per la produzione di energia, con l'utilizzo di carbone Sulcis, ed altri carboni con analoghe caratteristiche.

La tecnologia denominata Isotherm PWR®, è di proprietà della società ITEA e consiste in un processo di ossicombustione in pressione che avviene in una fornace cilindrica in cui la temperatura di processo è moderata dal ricircolo di fumi e/o con iniezione di vapore. La tecnologia, già sperimentata per la produzione di energia termica ed elettrica dai rifiuti, verrà quindi applicata anche per la combustione del carbone.

La peculiarità del processo è legata ai prodotti della combustione, costituiti da CO₂ concentrata e quindi facilmente confinabile geologicamente e vapore d'acqua, che viene separato per condensazione, oltre che dai residui resi inerti per effetto delle alte temperature presenti nel combustore.

Conclusioni

In conclusione si può affermare che oggi in Italia, ed in particolare in Sardegna grazie alla strutture di ricerca operanti ed alla presenza del bacino carbonifero del Sulcis, esistono i presupposti per la realizzazione un sistema *zero emission* che permetta di utilizzare carbone per la produzione di energia con un ridottissimo impatto sull'ambiente.

Lo studio e la sperimentazione di un sistema utilizzante tecnologie CCS è comunque indispensabile per la realizzazione di futuri sistemi su scala industriale.

Sotacarbo è una Spa partecipata pariteticamente da Regione Sardegna ed ENEA, con un fatturato di circa 700.000 euro ed una forza lavoro di 18 unità. La Società ha sede operativa ed amministrativa a Carbonia, provincia di Carbonia-Iglesias, presso l'area della Grande Miniera di Serbariu. Il complesso Sotacarbo è costituito dal Centro Ricerche Sotacarbo, che ospita uffici e laboratori, e dagli attigui impianti sperimentali per la produzione di idrogeno da carbone che costituiscono la Piattaforma Pilota Sotacarbo.

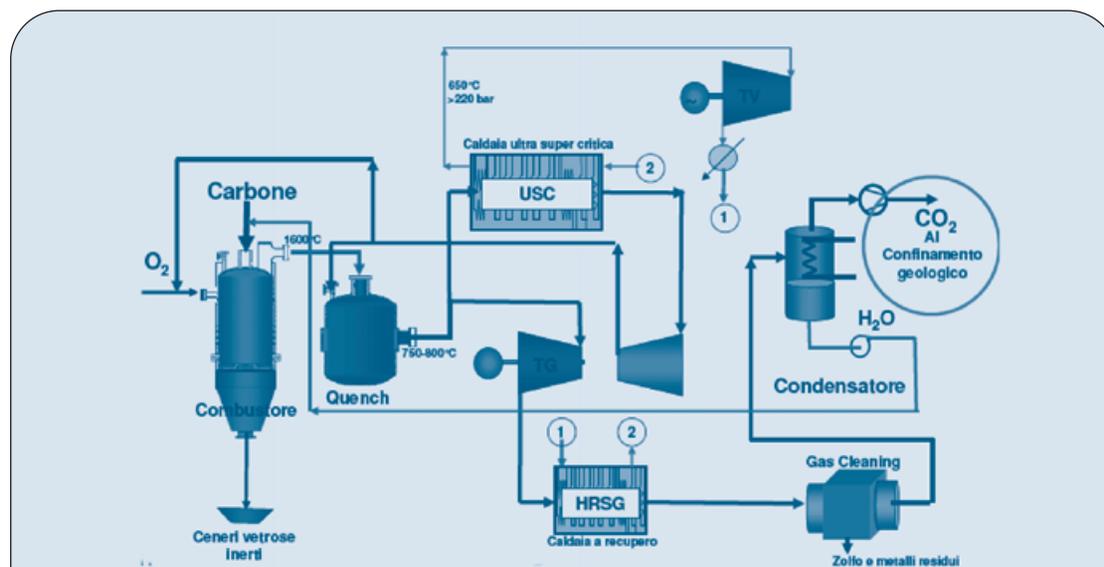


Figura 5
 Schema a blocchi dell'impianto previsto dal progetto FINE CO₂
 Fonte: Sotacarbo

I biocarburanti: aspetti tecnici e possibili sviluppi in Italia

Marco Calisi, Antonio Mattucci

ENEA
Dipartimento Tecnologie per l'Energia,
le Fonti Rinnovabili e il Risparmio Energetico

La necessità di dare risposte concrete alle preoccupazioni sui cambiamenti climatici ha spinto la Commissione Europea a fissare nuovi obiettivi per la riduzione delle emissioni di gas climalteranti, e a imporre quote di utilizzo minimo per i biocarburanti nell'autotrazione.

Quest'ultima scelta rappresenta per l'Italia una opzione interessante, ma pone anche problemi che vanno attentamente valutati

marco.calisi@casaccia.enea.it



mattucci@casaccia.enea.it

L'utilizzo di biocarburanti, combustibili derivati dalle biomasse, rappresenta per l'Italia un'alternativa percorribile nell'ottica della diversificazione delle fonti e della sicurezza del sistema energetico, nonché nel contenimento delle emissioni di gas climalteranti. Tali prodotti, nell'intero ciclo di vita, ovvero dalla raccolta della biomassa fino al consumo nei veicoli, consentono di avere una ridotta emissione di anidride carbonica (CO₂) rispetto ai carburanti di origine fossile. Infatti, alla quantità di CO₂ prodotta dalla combustione deve essere sottratta quella assorbita durante la crescita della biomassa stessa, se proveniente da coltivazioni, ovvero quella che verrebbe comunque emessa nella decomposizione, qualora la biomassa provenisse da scarti o rifiuti non utilizzati a scopi energetici. Un ulteriore vantaggio dell'uso dei biocarburanti è legato alle loro elevate proprietà ambientali di biodegradabilità e bassa tossicità in confronto agli analoghi prodotti fossili.

Biofuels: Technical Aspects and Possible Developments in Italy

The need to provide concrete responses to concerns about climate change has led the European Commission to set new targets for the reduction of greenhouse-gas emissions and to require minimum percentages of biofuels used by motor vehicles.

The latter policy choice offers Italy an interesting option for increasing the diversification of energy sources and energy-supply security, but also poses problems that need to be carefully Assessed



L'utilizzo dei biocarburanti nel settore dell'autotrazione interessa una vasta gamma di soluzioni praticabili che prevedono la miscelazione con i carburanti fossili, a basse concentrazioni nei motori tradizionali, a medie concentrazioni con lievi modifiche degli stessi, fino ad arrivare all'impiego di biocarburante puro per alcune categorie di veicoli appositamente progettati.

Un ampio impiego di tali prodotti impone che molti vincoli siano superati, come la disponibilità di territorio nazionale per colture a scopi energetici, il conflitto con gli usi tradizionali ali-

mentari umani e animali, il possibile aumento dei prezzi unitari dei combustibili miscelati, la volontà politica, gli interessi delle società petrolifere, la capacità industriale di produrre le quantità necessarie e l'accettazione da parte del pubblico, elemento quest'ultimo da non trascurare per il successo dei biocarburanti.

Considerazioni generali e normative

La Commissione Europea (CE) ha attivato diverse iniziative per favorire un ampio utilizzo dei biocarburanti. Si segna-

Definizioni

Si indica come biomassa la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali. Per biocarburante si intende invece un carburante liquido o gassoso per i trasporti ricavato dalla biomassa.

Sono considerati biocarburanti i seguenti prodotti:

- *bioetanolo*: etanolo ricavato dalla biomassa ovvero dalla parte biodegradabile dei rifiuti;
- *biodiesel*: estere metilico ricavato da oli vegetali o animali, utilizzati in motori diesel;
- *biogas*: gas combustibile ricavato dalla biomassa ovvero dalla parte biodegradabile dei rifiuti, che può essere trattato in un impianto di purificazione onde ottenere una qualità analoga a quella del gas naturale;
- *biometanolo*: metanolo ricavato dalla biomassa;
- *biodimetil etero (DME)*: etere dimetilico ricavato dalla biomassa;
- *bio-ETBE (etil-ter-butil-etero)*: ETBE prodotto partendo da bioetanolo (la percentuale in volume di bio-ETBE considerata biocarburante è del 47%);
- *bio-MTBE (metil-ter-butil-etero)*: MTBE prodotto partendo da biometanolo (la percentuale in volume di bio-MTBE considerata è del 36%);
- *biocarburanti sintetici (BTL, biomass to liquids)*: idrocarburi sintetici o miscele di idrocarburi sintetici prodotti a partire dalla biomassa;
- *bioidrogeno*: idrogeno ricavato dalla biomassa ovvero dalla frazione biodegradabile dei rifiuti;
- *olio vegetale puro*: olio prodotto da piante oleaginose mediante pressione, estrazione o processi analoghi, greggio o raffinato ma chimicamente non modificato, qualora compatibile con il tipo di motore usato e con i corrispondenti requisiti in materia di emissioni.

la direttiva comunitaria 2003/30/CE [1], che ha fissato due obiettivi di penetrazione minima dei biocarburanti o di altri carburanti rinnovabili nei trasporti, rispettivamente del 2% e del 5,75% al 2005 e 2010 per gli Stati membri, oltre a fornirne le definizioni, riportate nell'inserito.

A livello nazionale la direttiva 2003/30/CE è stata recepita con il decreto legislativo 30 maggio 2005, n. 128 e modificata dalla legge 81/06, indicando una quota di immissione nei trasporti di biocarburanti pari all'1% nel 2006 e in crescita fino al 5% nel 2010.

Il Consiglio Europeo di Bruxelles dell'8-9 marzo 2007 [2] ha fissato un nuovo obiettivo vincolante, che prevede una quota minima del 10% di biocarburanti per tutti gli Stati membri rispetto al totale dei consumi di benzina e gasolio per autotrazione dell'UE entro il 2020.

L'applicazione delle suddette direttive in Italia si basa su un utilizzo di biocarburanti incentrato principalmente sul biodiesel, sul bioetanolo e suoi derivati, sull'ETBE e sul bioidrogeno. In particolare la legge finanziaria 2007 ha stabilito, per i soggetti che immettono in consumo benzina e gasolio, l'obbligo di inserirne una quota minima dell'1% per il 2007 e del 2% per il 2008¹; la quota è calcolata prendendo a riferimento il carburante immesso in consumo per autotrazione nell'anno solare precedente. Rimangono in vigore comunque gli obiettivi indicativi e non vincolanti del decreto legislativo n. 128 del 30 maggio 2005, di immissione nei trasporti del 2,5% entro il 31 dicembre 2008 e del 5,75% entro il 31 dicembre 2010.

I biocarburanti devono soddisfare rigidi requisiti di composizione chimico-fi-

sica, fissati da normative tecniche europee e nazionali. Un altro limite imposto dalle norme è la quota percentuale massima di miscelazione con i carburanti tradizionali, per un loro corretto impiego nelle motorizzazioni tradizionali. In particolare:

- le miscele diesel-biodiesel devono avere un contenuto in biodiesel inferiore o uguale al 5%;
- le miscele benzina-biocarburante sono consentite fino al 5% in volume per l'etanolo e al 15% per l'ETBE.

Bioetanolo e suoi derivati

Il bioetanolo è un alcool (etanolo o alcool etilico) ottenuto mediante un processo di fermentazione di diversi prodotti agricoli ricchi di carboidrati e zuccheri, quali cereali (mais, sorgo, frumento, orzo), colture zuccherine (bietola e canna da zucchero), frutta, patata e vinacce o, in alternativa, di biomasse di tipo cellulosico (in questo caso si parla di bioetanolo di seconda generazione).

Le colture più votate ai nostri climi per la produzione di bioetanolo sono il mais, la barbabietola da zucchero e il frumento. Le catene produttive si diversificano per le fasi di lavorazione della biomassa, per l'utilizzo del calore di processo in impianti convenzionali o combinati e soprattutto per l'impiego dei sottoprodotti.

L'etanolo ha un Potere Calorifico Inferiore (PCI) di circa 26,8 MJ/kg, più basso rispetto ai 43 MJ/kg circa della benzina, e una densità di 794 kg/m³ contro i circa 750 kg/m³ della benzina [3]. I consumi volumetrici sono quindi più alti, in relazione al minor contenuto energetico, anche se tale effetto è parzialmente attenuato da una migliore

¹ Le quote percentuali di sostituzione sono calcolate sulla base del Potere Calorifico Inferiore del totale dei carburanti, non essendo stata fatta alcuna distinzione per benzina o gasolio.

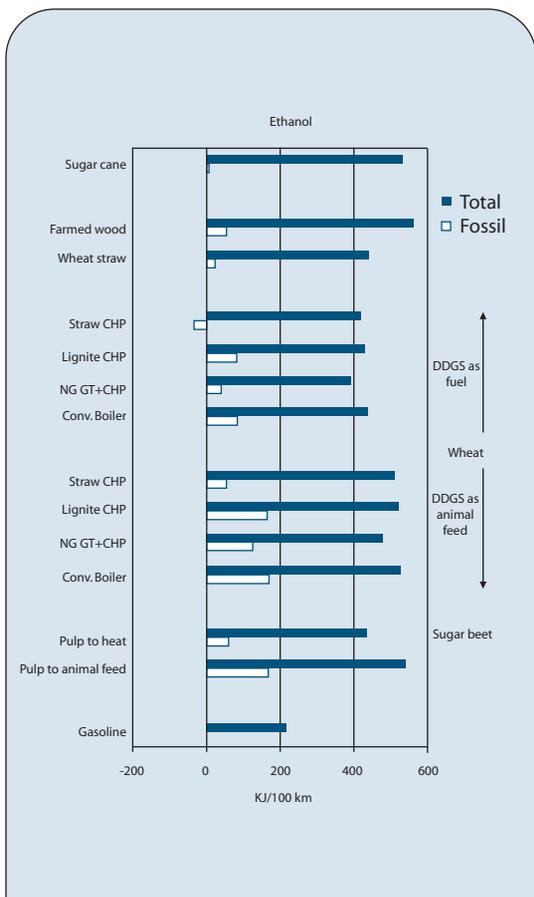


Figura 1
Energia consumata (totale e fossile) per unità di percorso nelle catene bioetanolo
Fonte: EUCAR, CONCAWE and JRC [3]

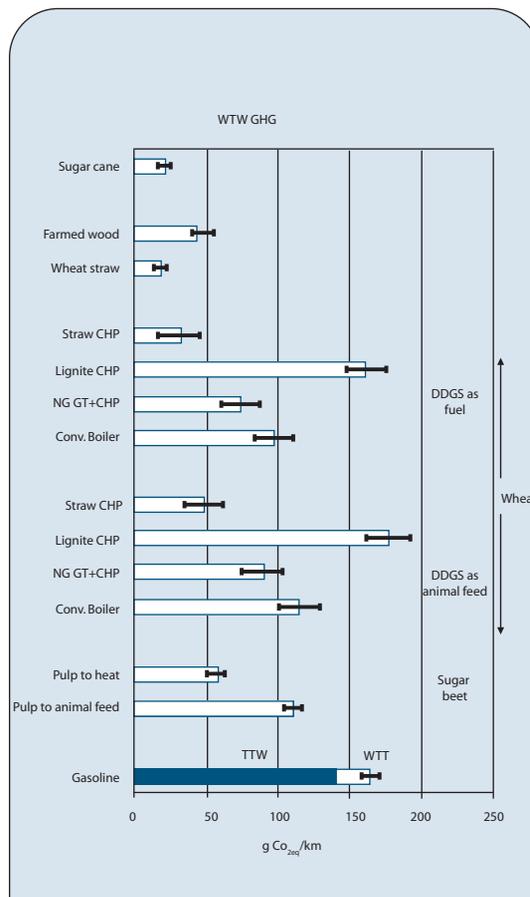


Figura 2
Emissioni di gas serra per unità di percorso nelle catene bioetanolo
Fonte: EUCAR, CONCAWE and JRC [3]

combustione del carburante biologico, conseguente al suo più alto numero ottanico. Le miscele vengono indicate con una E, seguita da un numero che indica la percentuale in volume del biocarburante.

Nelle figure 1 e 2 sono riportati, per le catene di maggior interesse per la produzione di etanolo, i consumi energetici e le emissioni di gas serra nel ciclo dal "campo alla ruota" (FTW, *field to wheel*) per km percorso per un veicolo tipo².

Si nota che, in figura 1, le filiere dell'etanolo sono particolarmente ener-

giovore, più del doppio rispetto a quelle della benzina tradizionale. Nonostante ciò c'è una riduzione dell'energia di origine fossile rispetto al caso della benzina, soprattutto quando i sottoprodotti delle biomasse sono reimpiegati a fini energetici.

Per quanto riguarda le emissioni di gas serra (GHG, *greenhouse gas*) il grafico in figura 2 conferma che l'utilizzo di biomasse per la produzione di etanolo comporta una riduzione significativa rispetto ai combustibili fossili, con l'eccezione della lignite. La ca-

² Evoluzione al 2010 di Volkswagen Golf (1300 cc, 77 kW, 1181 kg, PISI: Port Injection Spark Ignition) da analoga vettura di 1600 cc con miglioramenti dei consumi del 15%.

tena della canna da zucchero, molto utilizzata in Brasile, sarebbe da preferire alle altre, ma la produzione della canna non è praticabile alle nostre latitudini.

Dal punto di vista della guidabilità e delle prestazioni ottenibili con l'etanolo non si hanno differenze significative rispetto alla benzina per concentrazioni inferiori ai 5-10%; al di sopra è necessario modificare i motori. La miscela etanolo-benzina può anche dare luogo a separazione di fasi, nel caso in cui venga a contatto con quantità anche minime di acqua. L'effetto più marcato è la perdita di capacità antidetonante della miscela. Ciò determina incompatibilità dell'etanolo con l'attuale sistema di distribuzione dei carburanti, essendo l'acqua presente in pressoché tutti i punti del ciclo industriale, e problemi non trascurabili sul controllo-qualità della benzina venduta, oltre che l'aumento dei costi.

Un limite tecnologico di difficile soluzione resta quello dell'alta volatilità, con conseguente aumento delle emissioni in atmosfera di composti organici volatili. Tale problema per la benzina viene eliminato in raffineria, togliendo le frazioni più leggere, ma si ripresenta quando la benzina si mescola con l'etanolo. La tensione di vapore della miscela benzina-etanolo raggiunge il massimo con un'aggiunta del 5% in volume di etanolo e de-

crece per miscele a concentrazioni superiori.

La sostituzione dell'etanolo con l'ETBE rappresenta una via soddisfacente e largamente adottata dai produttori europei di carburanti per far fronte ai problemi di volatilità e miscibilità.

L'ETBE è ottenuto dalla reazione degli alcoli etilico (etanolo) e isobutilico e viene utilizzato come additivo antidetonante nei motori a benzina. La presenza dell'ossigeno nella molecola dell'etanolo permette inoltre di ridurre gli inquinanti prodotti da un'incompleta combustione, come il monossido di carbonio o i particolati fini dei motori a benzina. Tra l'altro l'ETBE possiede un elevato numero di ottano, ha un più alto PCI, pari a 36,3 MJ/kg, e una densità di 750 kg/m³ come la benzina. L'ETBE contiene etanolo (la componente rinnovabile) per il 47% in volume e per il 50% in peso.

Ad oggi la normativa consente una miscelazione di ETBE del 15% in volume nelle benzine, con una componente rinnovabile massima di sostituzione di circa il 7% in volume, più alta dell'etanolo, che è al massimo del 5%.

Nella tabella 1 è riportato un confronto dell'energia fossile consumata "dal pozzo alla ruota" (WTW, *well to wheel*) per tre combustibili: la benzina, l'etanolo e l'ETBE. Nonostante la benzina consenta un minor impiego di energia sull'intera catena, i due biocarburanti riducono il consumo di fonti fossili e le

Tabella 1 - Energia fossile ed emissioni gas serra etanolo e benzina

Carburante	Energia fossile	GHG
	MJ _{fossile} /MJ _{Etanolo}	CO _{2eq} /MJ _{Etanolo}
Etanolo: come etanolo	0,65	46,6
come ETBE	0,39	42,0
Benzina	1,14	85,9

Fonte: EUCAR, CONCAWE and JRC [3]



emissioni di gas serra, con migliori risultati per l'ETBE.

Il biodiesel

Il biodiesel è un biocombustibile prodotto attraverso processi chimici in cui un olio vegetale è fatto reagire in presenza di alcool metilico o etilico; la reazione in oggetto è detta esterificazione e necessita di un catalizzatore.

Gli oli vegetali sono ottenibili da piante oleaginose di diversa natura e provenienza. In particolare, considerando la provenienza geografica, sono importanti per le regioni più calde: la palma da olio, che produce sia olio di palma estratto dalla polpa del frutto, sia l'olio di palmisto estratto dal nocciolo; il cocco, che produce l'olio e i pannelli di copra; l'arachide. Per le regioni a clima più temperato, che caratterizzano l'Europa e l'Italia, i prodotti agricoli più interessanti sono: l'olivo, la soia, la colza e il girasole.

Nella catena di produzione del biodiesel si hanno parecchi sottoprodotti derivati come il residuo della spremitura (detto pannello) e la glicerina, prodotta durante il processo di esterificazione. Il pannello è un alimento ricco di proteine e viene usato come foraggio. La glicerina potrebbe in principio essere bruciata per fornire energia alla catena, ma viene invece utilizzata come prodotto chimico, essendo il suo valore molto più alto. In termini di peso, partendo da circa 100 kg di olio e 10 kg di metanolo, si produce un equivalente di 100 kg di metilestere e 10 kg di glicerina. Il complesso finale di metilesteri, depurato del metanolo, costituisce il biodiesel, che non contiene né zolfo né composti aromatici e quindi abbatte alcune del-

le emissioni nocive se usato nell'auto-trazione.

I processi di produzione del biodiesel richiedono meno energia rispetto all'etanolo, essendo costituiti da fasi piuttosto semplici, spesso a bassa temperatura e pressione. In termini di emissioni di GHG il quadro è diverso, a causa delle emissioni di ossido nitroso, che pesano significativamente. D'altro canto la produzione di glicerina consente risparmi sensibili di GHG, in quanto i processi che altrimenti dovrebbero essere attivati richiederebbero quantità significative di energia, e quindi emissioni rilevanti di GHG, se basati su combustibili fossili. L'utilizzo di foraggi per gli animali aumenta l'interesse economico per il biodiesel, ma dà minimi vantaggi in termini di GHG.

In figura 3 e 4 sono riportati i consumi complessivi e le emissioni GHG per le filiere più importanti del biodiesel. Nel caso più favorevole dell'RME (Estere Metilico della colza) si può raggiungere un risparmio del 64% di energia fossile e del 53% delle emissioni di GHG rispetto ad un carburante diesel convenzionale [3]. Come ci si può aspettare il bilancio del REE (Estere Etilico della colza) è un poco più favorevole dell'RME, a causa dell'uso di etanolo, producibile almeno in parte da fonti rinnovabili. L'uso di SME (Estere Metilico di Girasole) dà risultati anche più favorevoli, soprattutto per la minore richiesta di fertilizzanti da parte di questo tipo di coltivazione.

Negli ultimi anni sono stati definiti i requisiti che debbono essere soddisfatti dal biodiesel per consentirne l'uso in sostituzione del gasolio: miscele con gasolio fino al 20÷30% in volume non danno problemi di compatibilità con i materiali. Percentuali

più alte possono invece arrecare problemi, specialmente nei riguardi delle membrane che garantiscono la tenuta degli organi del motore.

Il biodiesel ha la caratteristica di diminuire la sua fluidità a temperature più alte rispetto all'omologo fossile [12], creando problemi di utilizzo a bassa temperatura; il suo uso in miscele rende meno critico il problema. Dalla sua il biocarburante ha un maggior numero di cetano e maggiori capacità lubrificanti.

Le caratteristiche principali del biodiesel sono riportate in tabella 2 dove sono anche confrontate con i valori del gasolio. Appare evidente che il biodiesel ha una densità energetica attorno a 33 MJ/dm³, inferiore a quella del gasolio, che è pari a circa 36 MJ/dm³. I valori delle densità danno invece valori leggermente più alti per il biodiesel. La ragione del minore contenuto energetico per unità di massa e volume sono da ricercarsi nella composizione del biodiesel, dove sono presenti quantità significative di ossigeno rispetto al gasolio, che ovviamente non forniscono contributi energetici apprezzabili, al contrario di carbonio e idrogeno.

L'applicazione del biodiesel nell'autostrazione comporta effetti sia in termini di impatto ambientale che energetico. Per quanto attiene agli effetti ambientali, ovvero all'emissione di inquinanti atmosferici nocivi per la salute, i contributi sono sia positivi che nega-

tivi. Tra i primi vanno inclusi le minori emissioni di idrocarburi (in particolare quelli aromatici), ossido di carbonio, particolati (anche se occorrerebbe analizzarne in maggiore dettaglio le tipologie) e ossidi di zolfo, che sono completamente assenti. È invece negativo il contributo degli ossidi di azoto, che aumentano del 10÷15%, in dipendenza della maggiore quantità di ossigeno presente nel biodiesel.

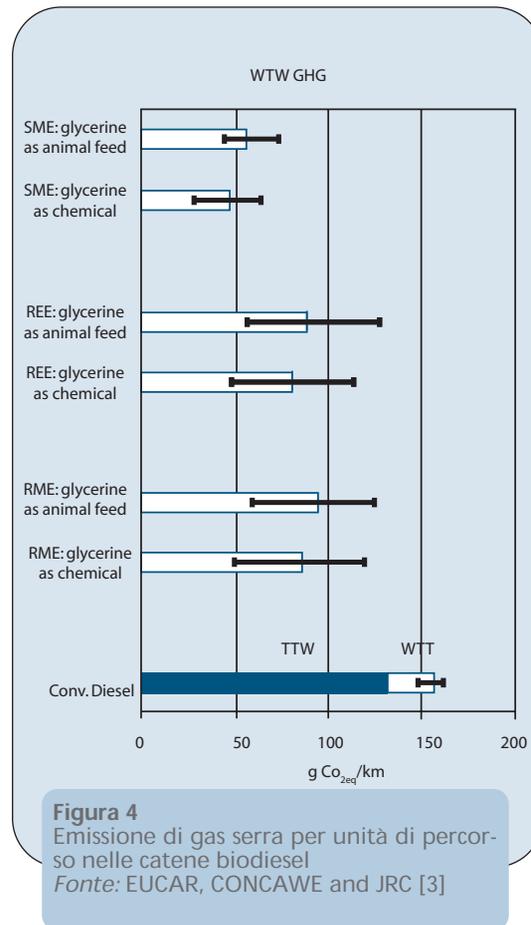
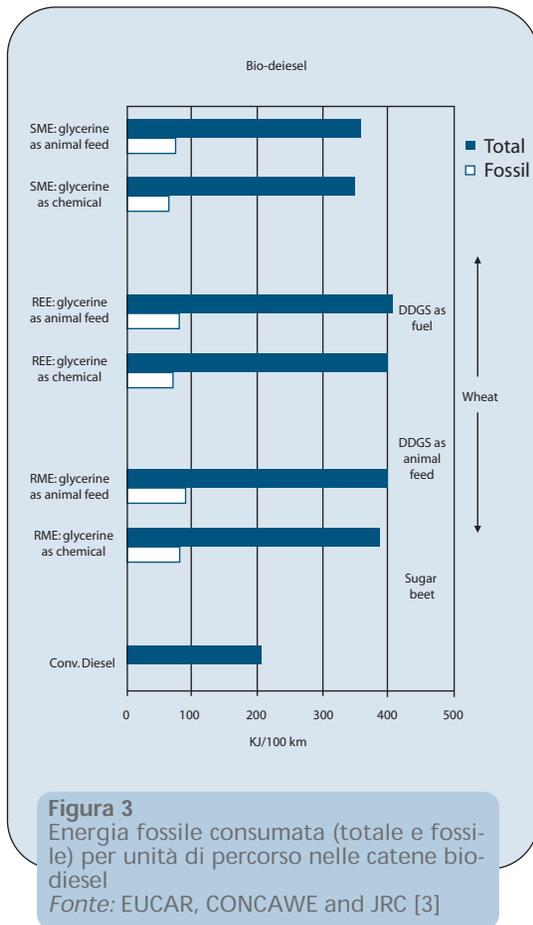
La valutazione energetica deve fornire indicazioni sia sul risparmio effettivo di risorse fossili, sia sull'efficienza complessiva dei processi, sia infine sulla minore immissione in atmosfera di GHG. Le catene riportate in figura 3 e 4 prevedono usi diversi dei sottoprodotti, in particolare della glicerina, ma si evince per tutte un consistente risparmio di energia fossile ed un'emissione complessiva di gas serra sensibilmente inferiore al gasolio (rispettivamente 50-100 g/km contro 150).

Se però si esamina l'efficienza energetica si scopre che l'uso del biodiesel diviene meno appetibile, considerando l'intero ciclo WTW per il gasolio convenzionale o FTW per quello da colture energetiche. Infatti, l'analisi dell'energia primaria consumata per unità di percorso, in figura 3, indica chiaramente che si raddoppia all'incirca la quantità di energia primaria necessaria per percorrere la stessa distanza, rispetto al diesel convenzionale e ciò sta a significare che i processi di produzio-

Tabella 2 - Proprietà di biodiesel e gasolio

	Unità	Biodiesel puro	Gasolio
Potere calorifico inferiore (PCI)	MJ/kg	36,8	43,1
Densità energetica	MJ/dm ³	32,75	35,9
Densità	kg/dm ³	0,890	0,833

Fonte: EUCAR, CONCAWE and JRC [3]



ne del biodiesel sono fondamentale-
mente poco efficienti. Considerando
quindi che le colture agricole costitui-
scono una risorsa non solo limitata, ma
anche utilizzabile in settori diversi (so-
prattutto in quello alimentare), si do-
vrebbe effettuare un'analisi attenta
dell'uso da fare dei prodotti in esame,
per scegliere i settori che permettono
di conseguire i migliori vantaggi in ter-
mini economici e di resa energetica. In
sintesi, occorrerebbe evitare che i pro-
dotti agricoli vengano destinati ad im-
pieghi in settori nei quali l'efficienza
risulti bassa e comunque inferiore ad
altre possibilità di utilizzo, in assenza
di condizioni particolarmente vinco-
lanti (ad esempio la necessità di pro-

cedere a un tale utilizzo, pena la per-
dita completa della risorsa). L'uso ali-
mentare dovrebbe essere generalmen-
te privilegiato, ove il completo soddi-
sfacimento della domanda non sia sta-
to ancora raggiunto. Viceversa, tutti i
territori dove la produzione alimenta-
re non è possibile, ad esempio perché
i terreni erano stati precedentemente
contaminati e quindi non utilizzabili
a fini alimentari, potrebbero invece es-
sere utilmente adibiti a raccolti per le
filiere dei biocarburanti.

Biodrogeno

Una possibile opzione per sfruttare i
prodotti provenienti dall'agricoltura



può essere quella di convertirli in idrogeno ed utilizzare quindi questo vettore energetico nei veicoli. Tale opzione è al momento ancora in una fase di ricerca, ma potrebbe divenire molto interessante, qualora l'idrogeno dovesse diventare uno dei combustibili più utilizzati nei trasporti, grazie anche alle sue caratteristiche che lo rendono particolarmente adatto per risolvere il problema della sostenibilità. L'interesse per l'impiego dell'idrogeno come combustibile, per la trazione ma anche per applicazioni stazionarie, deriva dal fatto che può essere utilizzato con impatto ambientale nullo o estremamente ridotto perché il prodotto finale della reazione è l'acqua, praticamente pura se l'idrogeno è utilizzato in sistemi elettrochimici a celle a combustibile; si hanno invece in aggiunta tracce di ossidi di azoto se il processo di conversione è basato sulla combustione. Inoltre le celle a combustibile sono caratterizzate da elevati rendimenti energetici e permettono di ottenere alte rese sull'intera catena, nonostante la maggiore energia richiesta per la produzione dell'idrogeno. È però da rilevare che, nonostante l'idrogeno non emetta gas serra durante la fase di utilizzo, ciò non significa che le sue emissioni siano nulle, in quanto, se prodotto da fonti fossili senza ulteriori accorgimenti, i processi relativi sono caratterizzati da emissione di CO₂. Queste preoccupazioni non interessano sostanzialmente la produzione da processi biologici, che reintegrano nel ciclo la produzione di CO₂, per cui la trasformazione di prodotti agricoli in idrogeno potrebbe essere molto auspicabile.

Alla luce delle conoscenze attuali e del livello di diffusione dell'idrogeno occorre però precisare che le tecnologie

ed i processi di conversione non saranno ancora in grado di garantire produzioni di idrogeno tali da assumere quote significative del settore energetico al 2020, per cui l'idrogeno non potrà contribuire al soddisfacimento della Direttiva sui biocarburanti.

Nel lungo termine però la possibilità di produrre idrogeno da praticamente tutte le fonti energetiche, rende anche ipotizzabile l'uso di risorse rinnovabili altrimenti non facilmente convertibili in biocarburanti, come la biomassa, gli scarti di lavorazione delle industrie del legno, i rifiuti urbani ecc., permettendo di ampliare enormemente le catene potenzialmente utilizzabili per un uso energetico dei prodotti agricoli. I processi di produzione di idrogeno a partire da biomassa, pur interessanti, hanno però il difetto di non essere sufficientemente maturi industrialmente. Le diverse alternative (gassificazione; pirolisi e successivo *reforming* della frazione liquida prodotta; produzione di etanolo e *reforming* dello stesso; produzione biologica attraverso processi basati su fenomeni di fotosintesi o di fermentazione) richiederanno quindi, anche se a livelli diversi, un impegno notevole di ricerca, sviluppo e dimostrazione prima di poter essere applicati su larga scala.

I biocarburanti in Italia: potenziale e produzione

La produzione del bioetanolo in Italia è stata nel 2005 di circa 1.610.000 ettanidri [5] (ettolitri di etanolo anidro), pari a circa 128.000 tonnellate, ma l'utilizzo come biocarburante è stato di soli 99.600 ettanidri (7.500 t) sotto forma di ETBE; la produzione di biodiesel nel 2005 è stata di quasi 400 mila tonnellate [6].



L'adempimento degli obiettivi o dei vincoli per l'introduzione dei biocarburanti nell'autotrazione richiede quantitativi ben superiori a quelli sopra riportati ed in continuo aumento negli anni, anche per tener conto del previsto aumento dei consumi nel settore. Occorrerà quindi intraprendere da subito programmi rilevanti per promuovere la produzione e l'utilizzo dei biocarburanti.

Gli obiettivi e i vincoli da raggiungere richiedono le produzioni riportate in tabella 3, realizzata con l'ipotesi di sostituzione proporzionale dei carburanti convenzionali previsti al 2020. Ciò vuol dire che l'etanolo o l'ETBE per la benzina e il biodiesel per il gasolio sostituiranno con eguali percentuali in contenuto energetico i carburanti fossili. I consumi previsti sono presi dalle stime del 2007 dell'Unione Petrolifera, elaborate con un'ipotesi di contenimento e riduzione nel breve periodo dei consumi nel settore autotrazione [7].

Nell'ambito della produzione dei biocarburanti, l'utilizzo di una tipologia di coltura e del relativo processo implica una serie di considerazioni che devono essere attentamente analizzate, in quanto individuano i possibili limiti

di impiego per l'Italia. Si assume che le produzioni avvengano secondo i rispettivi mix mostrati in tabella 4, che comprendono un insieme di processi favorevoli e attuabili in Italia.

Nella tabella 5 vengono riportati alcuni dati derivati dai valori di tabella 4. L'utilizzo di biocombustibili nell'autotrazione, in un'analisi completa FTW, porterebbe alla riduzione dei gas climalteranti dell'ordine di alcuni milioni di tonnellate; al 2012, si avrebbe una diminuzione di quasi 5 Mt di CO₂ eq, interpolando i dati di tabella 5. Ciò è tuttavia una quantità piccola, in confronto a quella di 140 Mt annue, che separa l'Italia dal raggiungimento dell'obiettivo degli accordi di Kyoto.

Un altro dato che emerge è il risparmio di petrolio greggio (FTT) raggiungibile al 2020, pari a circa 2,5 Mt, sempre in riferimento ai consumi ipotizzati. Tale risultato permetterebbe di limitare la dipendenza energetica, che nel 2005 costringe l'Italia all'importazione di quasi 90 milioni di tonnellate di "oro nero" ed a conseguire risparmi in valuta. È comunque da tener presente l'aumento dei costi di produzione, a parità di consumi energetici, che si avrebbe con la sostituzione delle quote suddette, che assu-

Tabella 3 - Domanda di biocarburanti in Italia. Anni 2007-2020

Consumi previsti	2007	2008	2009	2010	2015	2020
Benzine autotrazione (kt)	12.200	11.800	11.440	11.100	9.360	9.000
Gasolio autotrazione (kt)	26.300	26.800	26.950	27.050	25.900	25.350
Benzine autotrazione (PJ)	525	507	492	477	402	387
Gasolio autotrazione (PJ)	1.134	1.155	1.162	1.166	1.116	1.093
Percentuali in energia di biocombustibili	1,00%	2,00%	3,00%	5,75%	7,00%	10,00%
Bioetanolo (kt)	196	379	551	1.024	1.051	1.444
ETBE (kt)	290	562	817	1.520	1.560	2.143
Biodiesel (kt)	308	628	947	1.822	2.123	2.969

Fonte: elaborazione ENEA da dati dell'Unione Petrolifera [7]

Tabella 4 - Caratteristiche di produzione dei biocarburanti in Italia

Prodotti	Quote di produzione	Produttività territorio ha/PJ	CO ₂ eq WTW g/km (2010)	Costo WTT €/GJ
Etanolo:				
Da barbabietola, sottoprodotto calore di processo	20%	8.983	58	17,7
Da frumento, sottoprodotto cibo per animali	15%	25.037	113	18,6
Da frumento, sottoprodotto calore di processo	15%	25.037	97	20,4
Da mais	40%	15.547	-	-
Da paglia di frumento (logen)	10%	26.421	19,0	22,3
Totale mix bioetanolo	100%	18.169	75	19,4
Benzina	-	-	162	12,3
Biodiesel:				
Da colza (FAME)	40%	36.119	85	17,9
Da girasole (FAME)	60%	29.017	52	18,4
Totale mix biodiesel	100%	31.857	65	18,2
Gasolio	-	-	156	12,3

Fonte: elaborazione ENEA da fonti diverse [3, 4]

Tabella 5 - Risultati conseguenti all'impiego di biocarburanti nell'autotrazione in Italia. Anni 2007-2020

	anno	2007	2008	2009	2010	2015	2020
Percentuali di sostituzione	unità	1,0%	2,0%	3,0%	5,75%	7,0%	10,0%
CO ₂ eq riduzione emissioni WTW	kt	829	1.664	2.485	4.735	5.338	7.430
Costi sostituzione combustibile bio - fossili WTT	M€	104	208	310	589	660	918
Risparmio petrolio greggio WTT	kt	286	574	857	1.632	1.841	2.562
Impiego territorio	km ²	4.564	9.203	13.782	26.342	30.012	41.838
Porzione di terre coltivabili		3,0	6,1	9,1	17,5	19,9	27,8
Porzione di SAU (sup. agricola utilizzata)		3,6	7,2	10,8	20,7	23,6	32,9
Porzione di terre adibite a seminativi		6,5	13,0	19,5	37,2	42,4	59,1

Fonte: elaborazione ENEA da fonti diverse [3, 7, 8, 9]



me proporzioni non trascurabili fino ad arrivare a quasi un miliardo di euro nel 2020. Tali costi aggiuntivi andrebbero a riversarsi direttamente o indirettamente sul consumatore. Infatti, eventuali politiche incentivanti da parte dello Stato per abbattere i maggiori costi non potrebbero essere ricavate nelle pieghe dei bilanci, vista l'entità considerevole degli esborsi, ma comporterebbero necessariamente il ricorso a tassazioni addizionali di importo complessivo uguale in altri settori, per mantenere il pareggio dei conti pubblici.

L'aspetto di maggiore rilevanza sembra però essere costituito dalla larga estensione di territorio da adibire alla coltivazione delle colture energetiche, nel caso in cui né biomasse né biocarburanti fossero importati. Come mostrato in tabella 5 e riportato nel grafico in figura 5, sarebbero necessari nel 2010 almeno 26.000 km². Tale territorio, con riferimento ai dati ISTAT 2005, rappresenta quasi il 40% dei terreni adibiti a seminativi (i più indicati per lo scopo), ovvero circa un quinto della superficie agricola utilizzata e poco meno di 1/10 dell'intero territorio nazionale. Riferendosi invece al 2020 sarebbero richiesti 42000 km², che corrispondono al 59% delle terre a seminativi e alla settima parte della superficie nazionale italiana. Si creerebbe perciò un conflitto con gli altri usi finali del settore agricolo nell'ipotesi di non ricorrere alle importazioni. Inoltre sembra molto difficile, in un periodo di tempo di meno di tre anni (dal 2008 al 2010), moltiplicare per un fattore cinque i terreni da utilizzare per la produzione di biocarburanti, anche in presenza di una decisa azione promozionale in tal senso. Infatti, interventi di questo tipo non possono essere portati avanti in tem-

pi moto rapidi, considerando i cambiamenti, sia di interessi che di strutture organizzative, necessari per la loro effettiva realizzazione.

D'altro canto il miglioramento in futuro delle tecnologie produttive sia nel settore agricolo che in quello industriale potrebbe portare ad una resa di biocarburanti maggiore e quindi alla diminuzione della richiesta di terre da adibire alle colture. Inoltre, il ricorso a nuovi terreni classificati come coltivabili, ma al momento non utilizzati, costituisce un'altra risorsa potenzialmente a disposizione. Considerando che tali terreni abbiano una resa in raccolto del 50% rispetto quelli già coltivati, in dipendenza di una più difficile accessibilità ovvero una loro ridotta fertilità, si potrebbe creare una disponibilità aggiuntiva equivalente di territorio di circa 12.000 km². Tale territorio, però, verrebbe ad essere già completamente utilizzato nel 2009 e quindi non sarebbe sufficiente a raggiungere gli obiettivi comunitari.

Considerando anche tale disponibilità territoriale, sono riportati in figura 6 gli andamenti delle produzioni e delle importazioni nei 2 casi:

- a) resa costante delle tecnologie produttive per unità di terreno impegnato;
- b) miglioramento delle rese produttive (rispetto a valori in tabella 4).

Il raggiungimento di maggiori rese produttive per ettaro è ottenibile ad esempio mediante irrigazione dei campi per colture che normalmente non la richiedono, come il frumento, oppure intensificando quella normalmente necessaria per colture come il mais. Ovviamente, pensando al maggiore consumo di acqua, ciò avrebbe conseguenze significative sulla dispo-

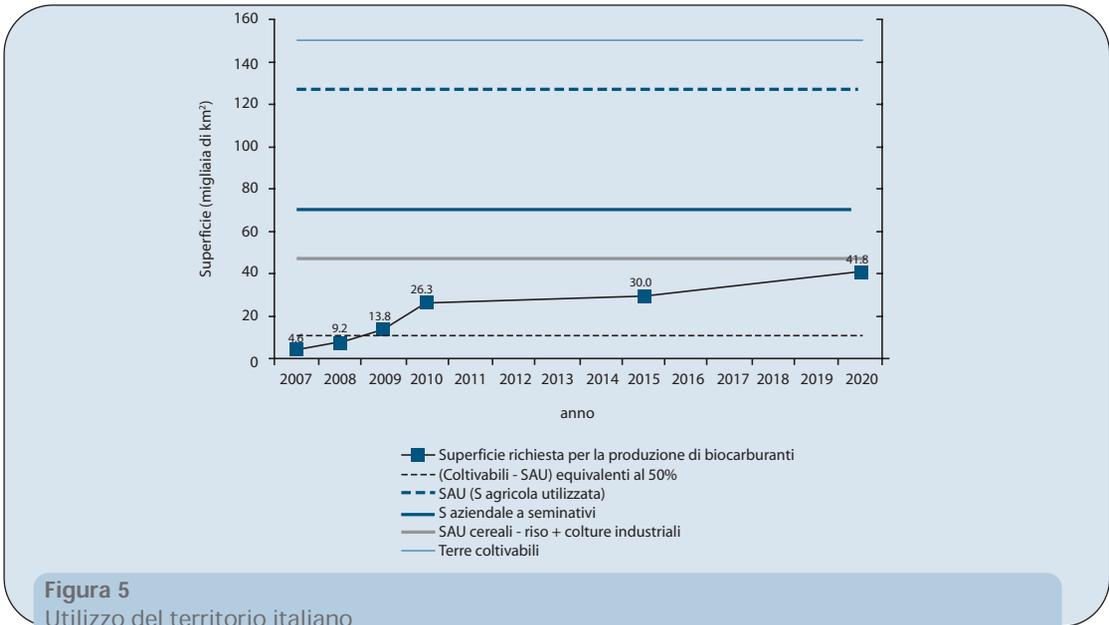


Figura 5
Utilizzo del territorio italiano
Fonte: elaborazione ENEA da fonti diverse [3, 7, 8, 9]

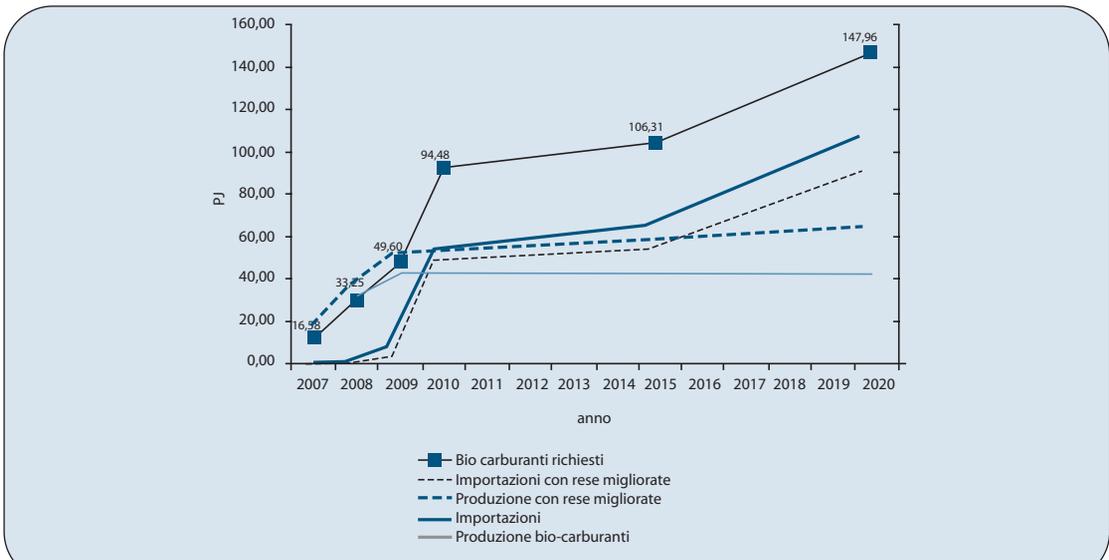


Figura 6
Produzioni e importazioni biocarburanti in Italia
Fonte: elaborazione ENEA da fonti diverse [3, 7, 8, 9]

Tabella 6 - Ipotesi di incrementi di rese produttive per ettaro in Italia rispetto al 2007						
Anno	2007	2008	2009	2010	2015	2020
Quote di miglioramento delle rese agricole rispetto al 2007	0%	5%	8%	10%	25%	40%

Fonte: elaborazione ENEA



nibilità idrica delle zone circostanti e quindi il provvedimento dovrebbe essere studiato opportunamente per evitare effetti collaterali negativi.

Per dare un'idea, anche ipotizzando notevoli previsioni di incremento delle rese nella produzione di biocarburanti per unità di terreno impegnato, come quelle riportate in tabella 6, occorrerà comunque avviare una politica di importazioni, la cui curva comincia a crescere già nel 2008, per poi superare la stessa linea della produzione interna dopo il 2010.

Conclusioni

Quanto detto fa supporre che l'Italia dovrà ricorrere a soluzioni complementari ed integrate tra loro, se si vorranno centrare gli obiettivi fissati dall'Unione Europea, anche per evitare eventuali sanzioni economiche.

Considerato che a livello normativo non si fa distinzione nella scelta di quale carburante fossile sostituire, ma ci si riferisce solamente alle quote relative al totale dei consumi per i trasporti stradali, ci si dovrebbe orientare maggiormente verso l'impiego di bioetanolo o ETBE piuttosto che di biodiesel poiché, come si può riscontrare in tabella 4, la loro resa è più alta e conseguentemente il terreno richiesto per unità energetica è apprezzabilmente inferiore.

In pratica, ciò non risulta particolarmente semplice. Infatti, l'industria petrolifera europea si trova a fare i conti con un progressivo spostamento dei consumi di carburante dalla benzina al gasolio, in dipendenza sia della maggiore quota di autovetture diesel, sia dell'incremento del trasporto merci che è sostanzialmente basato su veicoli diesel. La maggiore domanda di gasolio implica che le raffinerie

petrolifere, progettate e costruite quasi tutte in anni in cui la maggiore domanda era quella di benzina, siano ormai poco ottimizzate. Per questo motivo l'uso del bioetanolo, che tenderebbe ad aumentare ancora di più il surplus di benzina, non può essere favorito, mentre il biodiesel, che alleggerisce viceversa il problema della carenza di gasolio, risulta più interessante. Per riequilibrare le quote tra benzina e gasolio, considerando che all'origine della preferenza dei consumatori per le auto a gasolio non ci sono spesso motivazioni tecniche ma fiscali per i minori costi al km rispetto alla benzina, una tassazione per i carburanti di origine fossile in uguale misura, sulla base del relativo potere calorico, che rendesse meno vantaggioso il gasolio, potrebbe probabilmente aumentare la preferenza nei confronti dei veicoli a benzina con conseguente possibile maggiore impiego del bioetanolo. Si deve inoltre constatare che al momento le raffinerie europee non mettono a disposizione dei produttori di biocarburanti, che realizzano le miscele di benzina e etanolo, i quantitativi necessari di benzina a bassa tensione di vapore, per cui le miscele con aggiunte superiori al 5% in volume potrebbero risultare non conformi alle specifiche tecniche previste [13].

La scelta di diversi tipi di biomassa per la produzione dello stesso biocarburante può anch'essa aiutare nella riduzione dell'impiego di territorio disponibile, ma è fortemente legata a molte variabili tra cui la tipologia del terreno, il clima delle zone interessate, la disponibilità idrica in rapporto ai fabbisogni irrigui delle colture e alla concorrenza con le colture alimentari e, non meno trascurabili, l'impatto di piante aliene potenzialmente invasive

e il mantenimento dell'habitat naturale e della biodiversità.

Un aspetto importante potrebbe essere l'utilizzo delle colture da energia come mezzo per il recupero ambientale di quelle aree ad alto tasso di inquinamento che in Italia rappresentano il 2,2 % della superficie nazionale, pari a 6720 km² [14].

Un importante contributo potrebbe venire in futuro dalle zone boschive dove, attraverso una corretta manutenzione del patrimonio e il recupero di aree marginali, si può coniugare governo del territorio e produzione energetica da biomasse legnose, le quali hanno emissioni inquinanti ancora minori, considerando l'intero ciclo FTW. Tali biomasse potrebbero dare origine ai cosiddetti biocarburanti di seconda generazione.

Sebbene lo studio sia partito da previsioni ottimistiche di consumo nel settore dei trasporti su strada, il raggiungimento degli obiettivi nazionali ed europei sembra attuabile non da una produzione esclusivamente italiana

quanto piuttosto attraverso un mix di produzioni provenienti sia da colture energetiche intensive, sia da colture lignocellulosiche, realizzabili in terreni non normalmente dedicati a colture alimentari, sia dall'importazione di biocombustibili e di biomasse grezze o semilavorate, da raffinare successivamente in Italia.

Un ulteriore elemento di riflessione è legato al mercato fortemente instabile ed in crescita delle *commodities*, sia energetiche che alimentari, riportato in figura 7.

Ciò potrebbe incidere fortemente sui costi di politiche energetiche che impongono il raggiungimento di certi obiettivi ambientali con interventi mirati a settori particolari, come ad esempio quello del 10% per i biocarburanti, senza poterne verificare preventivamente in modo attendibile la congruenza con i costi corrispondenti. In questo caso, con la lievitazione incontrollata che si è verificata sul costo delle materie prime, si potrebbe creare una condizione di enorme au-

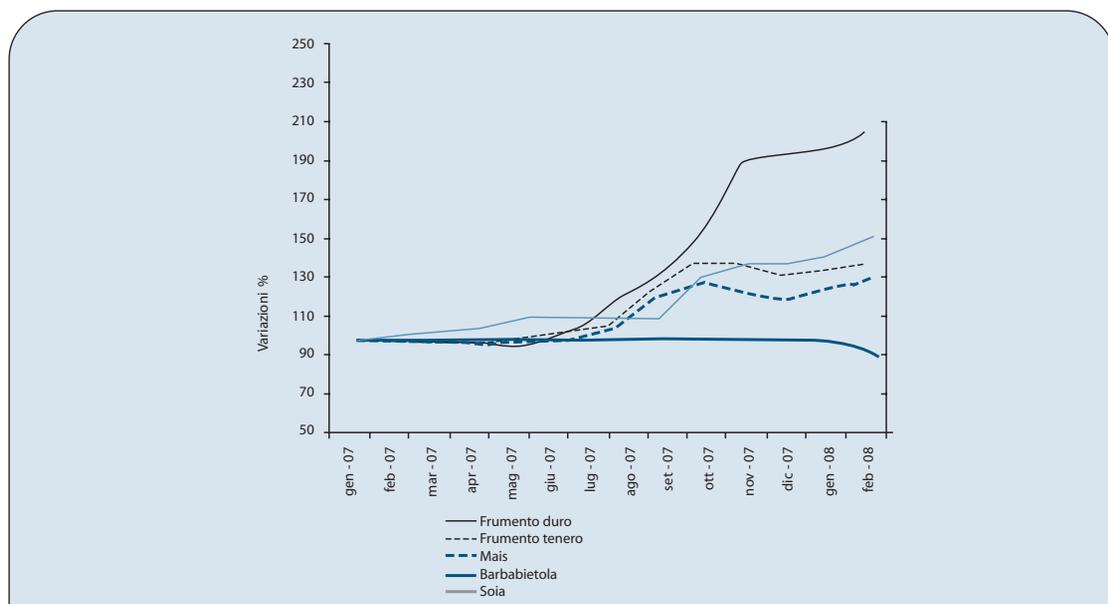


Figura 7
 Andamento dei prezzi alla produzione (gen '07 = 100)
 Fonte: elaborazione ENEA da ISMEA [15]



mento dei costi da sostenere per raggiungere l'obiettivo. Sarebbe quindi probabilmente più utile fissare degli obiettivi generali e cercare di raggiungerli operando nei settori dove i costi

di intervento siano minori, a parità di risultati, evitando in questo modo esborsi eccessivi e non necessari, che si andrebbero necessariamente a ripercuotere sulle tasche dei cittadini.

Bibliografia

[1] Direttiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, 8 maggio 2003. <http://www.ebb-eu.org/legis/OJ%20promotion%20IT.pdf>

[2] *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, COM(2008)30, Bruxelles 23.01.2008. http://ec.europa.eu/commission_barroso/president/pdf/COM2008_030_en.pdf

[3] EUCAR, CONCAWE and JRC, *Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, 03/2007. <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>

[4] Enrico Bonari, *Le colture dedicate per la produzione di biomassa a destinazione energetica*. <http://www.respet.org/files/Pdf/materiali/Roma18aPrileRespEt.ppt>

[5] Assodistil, *Dati di produzione*. http://www.assodistil.it/dati_produzione.html

[6] Vito Pignatelli, *Le Tecnologie per i Biocombustibili ed i Biocarburanti: Opportunità e Prospettive per l'Italia*, Dossier ENEA, Workshop ENEA per l'Agroindustria e i Biocombustibili, 25 maggio 2006.

[7] Unione Petrolifera, *Previsioni di domanda energetica e petrolifera italiana 2007-2020*, 2007. http://www.unione petrolifera.it/Stampa/Pubblicazioni/-1435117579/18459472/download?instance=18459472&nome=Previsioni_di_domanda_energetica_e_petroli_fera_italiana_2007-2020.pdf

[8] World Bank, *Italy Data Profile*. <http://devdata.worldbank.org/external/CPProfile.asp?PTYPE=C&CCODE=ITA>

[9] ISTAT, *Annuario statistico italiano 2006*. www.istat.it/dati/catalogo/20061109_00/PDF/cap13.pdf

[10] Società Italiana Bioetanolo (Sibe Srl), *Risposte al questionario della DG TREN sulla revisione della Direttiva 2003/30/EC*.

[11] Roma - Convegno Ruoteperaria - Quattro ruote: *Biocarburanti e veicoli elettrici: in viaggio verso soluzioni verdi*; Roma 20 aprile 2007.

[12] EIA, *Biodiesel Performance, Costs, and Use*, Anthony Radich. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biodiesel>

[13] Parlamento Europeo, *Progetto di parere della Commissione per l'agricoltura e lo sviluppo rurale*, 18/06/2007.

[14] APAT, *Colture a scopo energetico e ambiente. Sostenibilità, diversità e conservazione del territorio* - Convegno nazionale, Roma, 5/10/2006.

[15] ISMEA, *Cereali e coltivazioni industriali*. <http://www.ismea.it/flex/tmp/IsmeaCache/files/a51aedca920366850581c7bbba0083ed.xls>

Le tecnologie fotovoltaiche di nuova generazione: una visione globale

Dario Della Sala, Alberto Moro, Andrea Fidanza, Girolamo Di Francia, Rossella Giorgi

ENEA

Dipartimento Tecnologie Fisiche e Nuovi Materiali

Nel nostro Paese cresce il numero di impianti fotovoltaici, tutti basati su tecnologie di importazione. In questo articolo sono illustrati alcuni nuovi concetti "emergenti" di celle fotovoltaiche, che si avvantaggiano di potenti sinergie con altri settori. L'ENEA può favorire il loro sviluppo sfruttando l'esperienza pluriennale nel settore fotovoltaico, e il crescente know-how nelle nuove frontiere dell'elettronica e dei materiali



dario.dellasala@casaccia.enea.it



alberto.moro@casaccia.enea.it



rossella.giorgi@casaccia.enea.it



andrea.fidanza@casaccia.enea.it



girolamo.difracia@casaccia.enea.it

Overview of New-Generation Photovoltaic Technologies

The number of photovoltaic installations is rising in Italy, but they are all based on imported technologies.

This article describes some new types of photovoltaic cells that benefit from powerful synergies with other sectors.

ENEA can help speed their development by exploiting its long experience with photovoltaics and the growing body of know-how on the new frontiers of electronics and new materials

Quasi tutti i giorni, sui vari mezzi di informazione, si assiste ad entusiasmi crescenti per le fonti rinnovabili di energia, che oggettivamente vivono una rinnovata popolarità sotto la spinta diretta e le implicazioni emotive di fattori globali, come l'incertezza del flusso degli approvvigionamenti energetici da regioni politicamente instabili ed il contenimento dell'effetto serra. Questa situazione induce a riporre rinnovate speranze nella diffusione di dispositivi per la generazione di energia da fonti rinnovabili, e in particolare nel fotovoltaico. Le tecnologie fotovoltaiche si sono assai differenziate nel corso degli ultimi anni, selezionando poche opzioni tecnologiche e rigettando la maggior parte delle promesse. È quindi fondamentale distinguere attentamente tra le soluzioni già disponibili e mature, e le possibili tecnologie del futuro.

Le prime sono quasi esclusivamente a base di silicio, non competitive sotto il profilo strettamente economico con le fonti energetiche tradizionali, ma pron-



te per l'installazione grazie agli incentivi statali.

Le seconde mirano ad affrontare le principali limitazioni delle tecnologie attuali, ma richiedono ancora forti investimenti di risorse nella ricerca.

Questo articolo si concentra sulla definizione di uno scenario tecnico-scientifico per lo *sviluppo delle tecnologie del futuro*, e prescinde dall'analisi delle norme fiscali e degli interventi di supporto (pubblicità, diffusione, statistiche) adottati per la *diffusione delle tecnologie mature*.

I parametri fondamentali per confrontare la convenienza economica delle tecnologie fotovoltaiche sono: il rendimento, il tempo di vita e il costo. Questo è espresso tipicamente in rapporto alla potenza ($\$/W_p$ o $\€/W_p$). Considerando i rendimenti tipici delle celle tradizionali in commercio (6-16%) e una loro durata di 25-30 anni, la piena competitività (senza sussidi) della tecnologia fotovoltaica con le fonti di energia tradizionali si dovrebbe avere per un costo di circa $1\$/W_p$. Si tenga presente che attualmente il costo di un impianto fotovoltaico in silicio cristallino è di circa $5\€/W_p$ [1].

Alcune delle nuove tecnologie messe in evidenza nel seguito puntano alla forte riduzione dei costi, realizzando dispositivi fotovoltaici mediante tecniche di stampa. Altre si concentrano sull'incremento di efficienza tramite nuove architetture di celle poco costose, affidandosi alle "magnifiche sorti e progressive" [2] delle nanotecnologie.

Celle fotovoltaiche: 50 anni di storia

In oltre 50 anni di storia (la prima cella solare di silicio cristallino risale al 1954), c'è stata una netta "selezione delle specie": oggi la produzione mondiale è assicurata per il 90% circa dal silicio mono e multicristallino che, considerati i tre parametri fondamentali sopra elencati, risultano le più convenienti e sono ormai una tecnologia matura. Il restante 10% del mercato è concentrato su tecnologie a film sottile, principalmente a base di silicio amorfo. La tecnologia dell'arseniuro di gallio non è riuscita ad emergere da nicchie di mercato perché troppo costosa e quella del silicio amorfo, tendenzialmente più economica, è rimasta ancorata a valori di efficienza relativamente bassi.

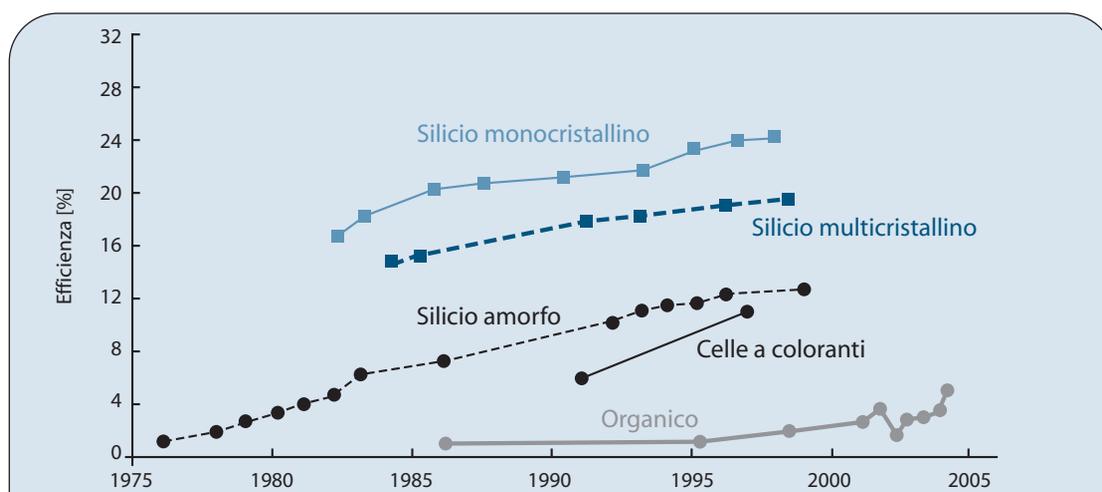


Figura 1

Andamento dell'efficienza di conversione massima di laboratorio di alcune tra le più comuni tecnologie di celle piane

Fonte: National Renewable Energy Laboratory (NREL)

Dagli andamenti dell'efficienza [3] di conversione per i vari tipi di celle piane (figura 1) possiamo constatare che esiste un ciclo di apprendimento medio di ogni tecnologia di circa 30 anni.

Per le tecnologie più mature si consideri che la loro efficienza è prossima al raggiungimento del limite teorico (31% per una singola giunzione).

L'attuale forte richiesta di celle fotovoltaiche in silicio sta inoltre saturando l'offerta di silicio cristallino e rendendo i volumi di fabbricazione paragonabili a quelli dei microchip, mettendo così a rischio ulteriori abbattimenti di prezzo conseguibili mediante economie di scala.

Nel futuro, quindi, alcuni analisti [4] vedono grande spazio per lo sviluppo commerciale di celle fotovoltaiche basate su "nuovi concetti", soprattutto le celle a coloranti (DSSC), che hanno efficienza inferiore, ma costi di fabbricazione potenzialmente molto ridotti, ma anche per le celle (organiche o inorganiche) realizzate con nanomateriali, che hanno recentemente goduto di notevoli miglioramenti.

L'interesse per queste nuove tecnologie è dimostrato dall'analisi di un campio-

ne rappresentativo di articoli quali quelli elencati nella rubrica "Photovoltaics literature survey" della rivista "Progress in PV".

L'analisi, realizzata dall'ENEA per l'anno 2007 su un totale di circa 1000 pubblicazioni, mostra una netta prevalenza degli articoli che riguardano le celle di tipo DSSC ed organiche, che insieme raggiungono oltre il 60% del totale (figura 2).

Tecnologie mature e nuove ricerche

La tecnologia fotovoltaica del silicio cristallino (figura 3), è basata sulla giunzione p-n realizzata mediante sovrapposizione di due strati di materiale: il corpo della cella o "wafer", (generalmente drogato con Boro, quindi "di tipo p") ed un film sottile (generalmente ottenuto per diffusione di atomi di fosforo, quindi "di tipo n"). La lastra complessiva così ottenuta assorbe i fotoni della luce solare, i quali generano coppie di cariche elettriche che, grazie alle proprietà del silicio e alla presenza della giunzione, si separano facilmente e vengono trasportate efficacemente fino al-

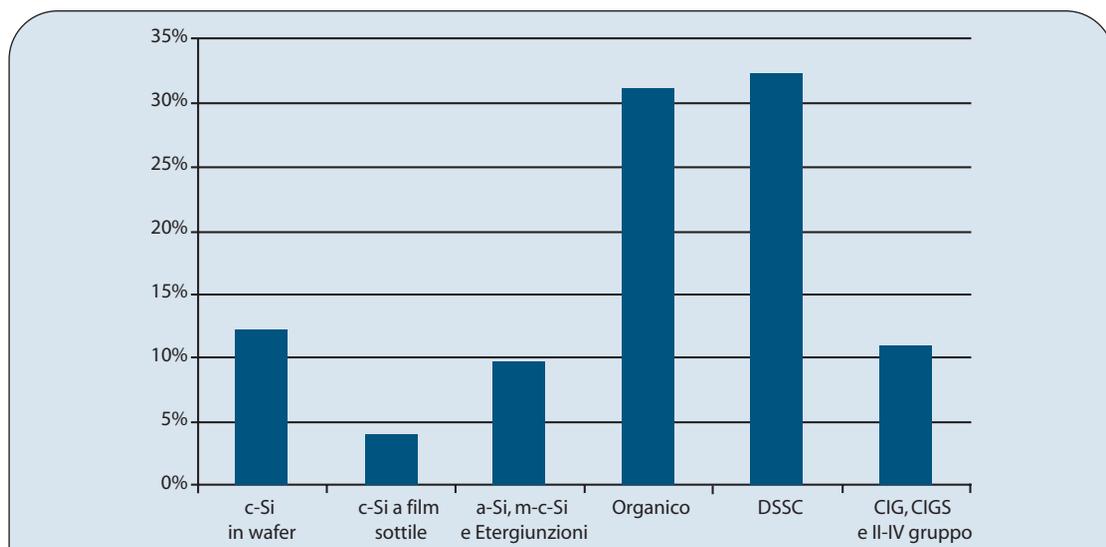


Figura 2
 Percentuale di pubblicazioni per le varie tecnologie fotovoltaiche. Anno 2007
 Fonte: elaborazione ENEA dalla Rivista Progress in PV



l'esterno della cella, sotto forma di corrente elettrica.

Come già detto, le celle di silicio costituiscono il riferimento mondiale per quanto riguarda la produzione, con efficienza di conversione (in linea di produzione) intorno al 15% per quanto riguarda il modulo.

La leadership del silicio poggia su una serie di elementi di vantaggio:

- stabilità nel tempo;
- abbondanza della materia prima;
- buone proprietà elettroniche;
- forte sinergia con le tecnologie della microelettronica.

Ma le celle fotovoltaiche realizzate con il silicio hanno, per contro, oltre al vincolo della rigidità, alcuni svantaggi:

- elevati costi nella realizzazione dei lingotti;
- sprechi in fase di processo (i wafer si ricavano tagliando i lingotti cristallini);
- assorbimento limitato della luce solare.

Le nuove tecnologie di celle esaminate affrontano alcune delle limitazioni del silicio. Si tratta di:

- *celle solari a base di nanocompositi con matrice polimerica, cosiddette "organiche" (OSC)*. Le dimensioni nanometriche e/o la costituzione polimerica ser-

vono ad ottenere il processamento da soluzione e a bassa temperatura;

- *celle solari fotoelettrochimiche a coloranti (DSSC)*. Le funzioni di assorbimento della luce e di trasporto della corrente vengono assolte da materiali differenti: un colorante fotosensibile in cui vengono generate cariche elettriche, uno strato di ossido semiconduttore ed un elettrolita che ne favoriscono la separazione ed il trasporto;
- *celle solari con nanoparticelle quantistiche*. Le nanoparticelle sono dotate di proprietà quantistiche di specifico interesse per l'applicazione: l'aumento di assorbimento della luce solare o regimi di trasporto della corrente particolarmente efficaci.

Le celle "organiche"

I materiali polimerici possiedono un coefficiente di assorbimento della luce solare più elevato del silicio, e quindi sono utilizzabili in forma di film sottili (spessori ben inferiori al mm), con conseguente risparmio di materia prima [5]. Queste celle potrebbero essere prodotte su larga scala con processi a bassa temperatura molto economici, magari realizzando una giunzione piana come nel silicio (figura 4).

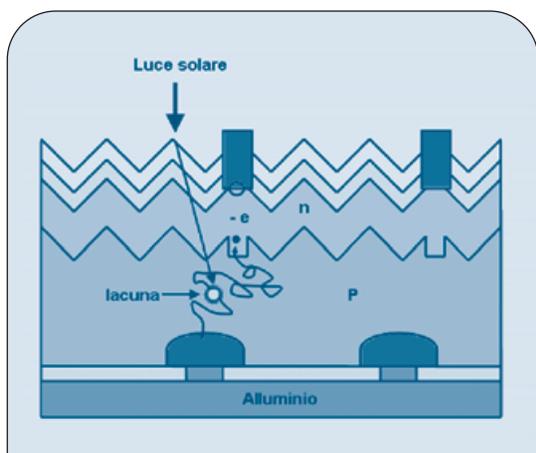


Figura 3
Schema di una cella piana di silicio
Fonte: ENEA

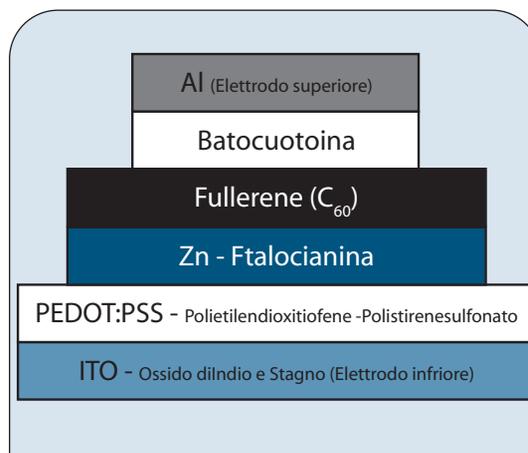


Figura 4
Cella solare organica a giunzione piana
Fonte: rielaborazione da originale Wikipedia

Il loro utilizzo nelle celle è stato per anni scoraggiante, fino a che non sono stati identificati polimeri con significativa conducibilità (polimeri coniugati), la cui scoperta ha portato al conferimento del premio Nobel 2000 per la Chimica a A. J. Heeger, A. G. MacDiarmid e H. Shirakawa.

Le tipologie di composti organici (polimerici o a basso peso molecolare) che possono essere impiegate nella fabbricazione sono pressoché infinite. Negli ultimi anni, miscelando polimeri semiconduttori (tradizionalmente il *politiofene*) con nanomateriali semiconduttori quali il *fullerene*, l'efficienza di conversione è arrivata al 5% circa [6].

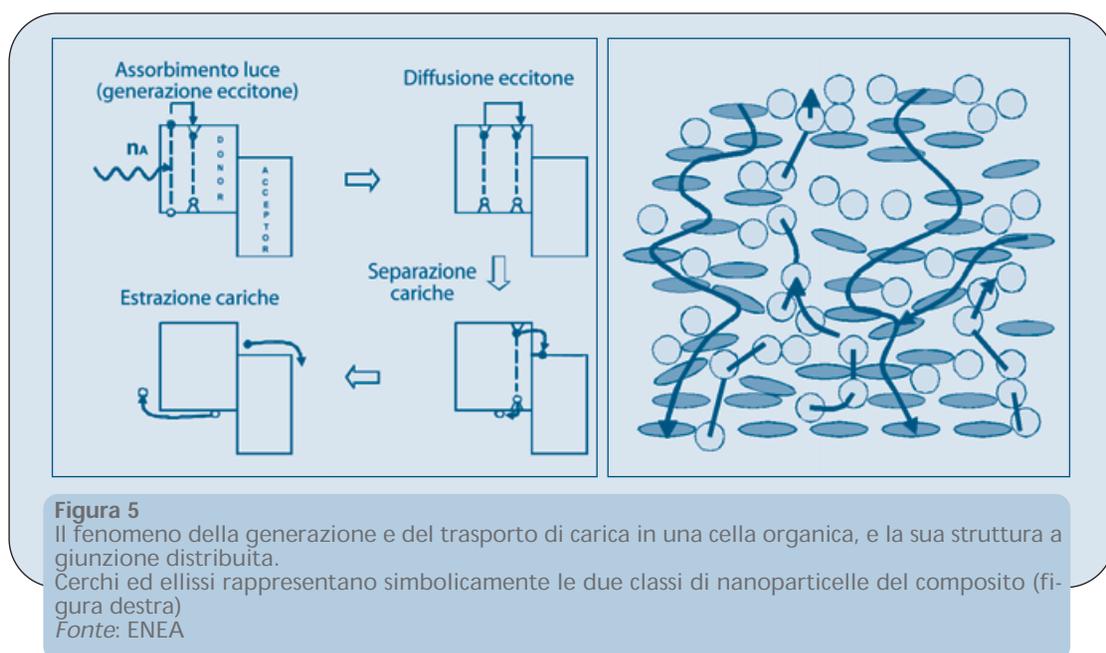
Nelle celle OSC la luce solare genera, all'interno dei materiali che compongono la giunzione, delle coppie *legate* di elettroni e lacune, cosiddetti eccitoni (da cui deriva la denominazione alternativa: "excitonic solar cells"). Gli eccitoni, elettricamente neutri, devono procedere verso la giunzione per diffusione, ove si separano in cariche libere che costituiscono la corrente elettrica (figura 5 sinistra). Il libero cammino medio degli eccitoni si aggira attorno a 10 nm [7], per

cui lo spessore medio degli strati non può essere di molto superiore a tale valore. Ma 10 nm di materiale non assorbono efficacemente la luce dello spettro solare per cui, anziché realizzare una giunzione piana, conviene miscelare intimamente due diverse classi di particelle, di dimensione attorno a 10 nm e formare giunzioni tra ogni coppia di particelle appartenenti alle due classi, ottenendo così una giunzione distribuita ("bulk heterojunction").

Le due componenti devono essere disperse (figura 5 destra) in maniera da realizzare dei percorsi continui, anche se contorti, per arrivare agli elettrodi; uno dei due percorsi conduce gli elettroni al catodo, l'altro conduce le buche all'anodo. Alcune varianti del concetto, più regolari geometricamente, si basano su strutture colonnari o su una segregazione verticale delle due componenti [8].

Per poter portare questo tipo di celle alla commercializzazione sono stati individuati diversi interventi:

- la capacità di assorbimento della luce va ulteriormente aumentata;
- va diminuita la ricombinazione delle cariche già sparate;





- vanno aumentati gli spessori, per avere maggiore probabilità di successo su grandi aree;
- i meccanismi di deterioramento dei polimeri coniugati [9] vanno approfonditi e superati, poiché rendono la vita media della cella organiche inaccettabilmente bassa;
- il trasferimento verso i metodi di produzione industriale ad alto volume di produzione va migliorato.

Le celle a coloranti

Le celle solari a coloranti ("Dye-sensitized solar cells" - DSSC, note anche come "celle di Grätzel", dal nome dell'inventore del primo prototipo [10]), sono celle elettrochimiche il cui meccanismo di conversione della luce solare in corrente elettrica assomiglia in linea di principio al processo della fotosintesi clorofilliana (figura 6).

Un materiale fotosensibile, che agisce da donore di elettroni, è localizzato su un materiale semiconduttore che agisce da accettore di elettroni. Le cariche generate dalla luce solare nel materiale fotosensibile, vengono separate per effetto della differenza intrinseca di poten-

ziale tra i due elettrodi della cella fotoelettrochimica e per la presenza di un elettrolita contenente una coppia redox, che, attraverso una reazione di ossidoriduzione, ripristina l'equilibrio elettronico del sistema.

Grätzel e collaboratori [11], utilizzando un film sottile di ossido di titanio nanocristallino come elettrodo e un colorante a base di rutenio come materiale fotosensibile, hanno ottenuto una efficienza di conversione maggiore dell'11% in condizioni standard (radiazione solare AM 1.5, a 1000 W/m^2 , temperatura 298 K). Tale efficienza è stata attribuita alla elevatissima area superficiale dell'ossido di titanio nanostrutturato, che permette di disperdere le molecole fotosensibili mantenendo alta la concentrazione e di avere uno strato sottile, assorbente, efficiente per il trasporto della carica. La struttura interna di una cella DSSC è quindi simile a quella delle celle OSC: una giunzione distribuita, un reticolo continuo di particelle di TiO_2 . Lo spessore globale è maggiore, dell'ordine di alcuni micron.

Le DSSC sono considerate molto promettenti per una reale commercializzazione, grazie alla semplicità dei processi di fabbricazione e all'uso di materiali non tossici e facilmente reperibili. Ulteriori miglioramenti sono previsti intervenendo sui materiali: con la nanostrutturazione dei materiali degli elettrodi, con la sostituzione dell'elettrolita liquido con un elettrolita solido, con lo sviluppo di materiali fotosensibili a maggiore efficienza. Particolare interesse ha suscitato in anni recenti la possibilità di utilizzare nanostrutture di carbonio in combinazione con coloranti per realizzare interfacce nanostrutturate in grado di migliorare la separazione e il trasferimento delle cariche. Con tale intento sono stati utilizzati con successo fullereni [12], e vengono studiate le possibilità applicative di nanotubi di carbonio [13].

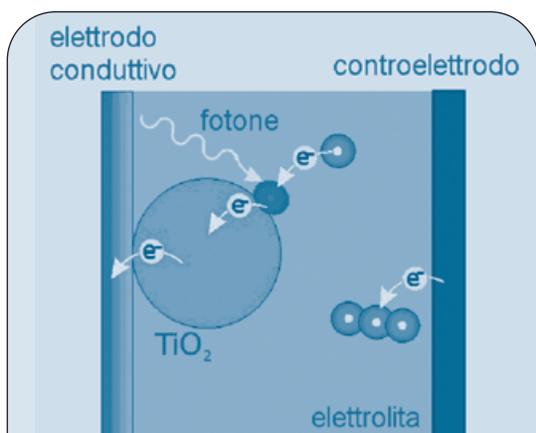


Figura 6
Schema di principio del funzionamento di una cella DSSC
Fonte: rielaborazione da originale su gentile concessione di Juan Bisquert

Da notare che l'ampia isotropia della interfaccia nano-strutturata dovrebbe rendere le DSSC meno sensibili alla variazione nell'angolo di incidenza diurno della luce solare e più adatte a captare la luce diffusa [14]. Anche per le celle DSSC occorre migliorare la stabilità nel tempo [15].

Le celle con particelle quantistiche

Ogni materiale attivo utilizzato nella realizzazione di celle solari è generalmente un semiconduttore, dotato di una caratteristica "banda proibita". Lo spettro solare, d'altra parte, è costituito di vari colori, e soprattutto quelli dotati di energia prossima alla banda proibita, vengono assorbiti efficacemente dal materiale.

Le nanotecnologie possono incrementare l'efficienza di conversione delle celle solari in molti modi. Ad esempio l'impiego di nanoparticelle con proprietà quantistiche può agevolare la risoluzione di due precisi problemi di perdita di efficienza nei dispositivi fotovoltaici. Da un lato l'incapacità di un singolo semiconduttore di assorbire la porzione di luce solare avente energia inferiore alla sua

banda proibita, e dall'altro la considerevole perdita di energia dalle cariche generate dalla porzione di luce avente energia superiore a questa, sotto forma di inutile calore.

Questi due fenomeni, insieme, possono causare lo spreco di circa il 50% della energia luminosa che colpisce la cella, ma possono essere contrastati utilizzando le specifiche proprietà di confinamento quantistico delle nanostrutture, progettando dispositivi con la capacità di assorbire tutti i vari "colori" dello spettro solare. Nella figura 7 viene presentata una delle soluzioni proposte. In questo caso "quantum dots" o "quantum wells" di silicio cristallino, opportunamente passivati con SiO_2 oppure Si_3N_4 , sono realizzati in modo da modulare, attraverso la dimensione delle nanostrutture, la banda proibita del semiconduttore, adattandola al meglio allo spettro solare. In questo caso le nanoparticelle sono ingegnerizzate in modo tale da creare una vera e propria "mini banda" in grado di assorbire la luce intorno a 1,7 eV. Uno strato di questo tipo, è lo strato ideale per lavorare in accoppiamento ad una convenzionale cella al silicio, aumentandone notevolmente l'efficienza di conversione. In questa struttura ad eterogiunzione, le nanostrutture vengono dimensionate per assorbire precisi colori (blu-verde), ed il silicio cristallino fa da assorbitore per tutta la luce solare con energia inferiore alla banda proibita dello strato nanostrutturato [16] (in genere, la parte verde-rossa dello spettro solare).

Per affrontare il problema della dispersione di energia solare sotto forma di calore, si può sfruttare invece il fatto che in sistemi di nanostrutture confinate si può ottenere un effetto di moltiplicazione delle cariche fotogenerate dalla luce solare, allorché elettroni e lacune generati dai colori di elevata energia

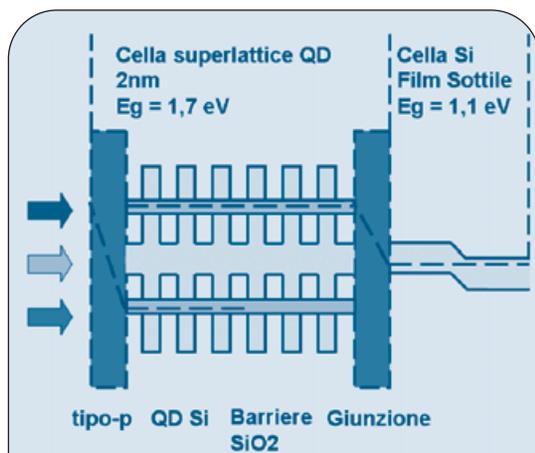


Figura 7
Modulazione della banda proibita per effetto delle dimensioni, e concetto delle mini-bande
Fonte: rielaborazione da originale su gentile concessione di G. Conibeer



perdono l'energia in eccesso rispetto a quella minima di assorbimento ("rilasciamento non radiativo"). La figura 8 rappresenta schematicamente l'effetto: l'energia prodotta da un fotone di alta energia può produrre, in una opportuna nanostruttura, due o più coppie elettrone-lacuna, in contrasto ad alcune leggi di conservazione valide nei normali semiconduttori. Perché ciò avvenga non è ancora chiaro, anche se si pensa ad una sorta di effetto risonante tra nanostrutture confinanti. Comunque il risultato netto è una moltiplicazione delle cariche foto-generate ("multiple exciton generation", MEG), che ha portato [17] a calcolare efficienze di conversione maggiori del 36%.

Per entrambi questi approcci, siamo ancora allo stadio della dimostrazione concettuale, in cui molti problemi, a cominciare dalla realizzazione degli elettrodi, sono ancora aperti. È dunque del tutto prematuro effettuare l'analisi dei possibili processi di fabbricazione.

Il futuro dei "nuovi concetti"

I "nuovi concetti" qui presentati, sono oggetto di attento monitoraggio in tutto il mondo. Secondo la Strategic Research Agenda della Piattaforma Tecnologi-

ca Fotovoltaica creatasi in ambito europeo, per le celle OSC del tipo "bulk heterojunction" ci si può porre un obiettivo tendenziale di efficienza del 15% entro il 2013, e del 10% a livello industriale entro il 2020, arrivando a 0.5-0.6 €/W_p, per poi passare ai miglioramenti incrementali.

Per la competitività di tali celle è però necessario arrivare ad una durata della cella di almeno 15 anni (al momento è di circa 1000 ore con un calo di efficienza del 5% per esemplari da laboratorio). L'analisi è sostanzialmente condivisa da NREL [6] che prevede, per il 2020, un record di efficienza (per i campioni da laboratorio) del 12%, a fronte di una degradazione inferiore al 2% dopo 1000 ore di impiego per moduli commerciali. Per le celle DSSC, i rendimenti sono oggi di circa il 10% per le celle da laboratorio e del 6% per moduli fotovoltaici estesi, con una durata di circa 4 anni (degradazione del rendimento inferiore al 15%). Il grosso vantaggio di questa tecnologia risiede nel potenziale abbattimento dei costi, grazie all'estrema economicità e reperibilità dei materiali, e nel breve "energy pay back time" (inferiore a un anno). Questo fa sì che, nonostante i problemi di efficienza e stabilità, prodotti contenenti DSSC stiano per essere lanciati sul mercato. È probabile che la commercializzazione del primo modello di DSSC avvenga entro il 2008. Entro il 2015 ci si aspetta che i moduli fotovoltaici impieganti DSSC raggiungano, anche grazie a nuove tecniche costruttive, un'efficienza del 10% (mentre le celle di laboratorio il 20%) ed una durata temporale tripla (diminuzione rendimento <5% dopo 3000 ore di sole a 60 °C [18]). Per le celle "QD", che oggi rappresentano poco più di un concetto, ci si deve attendere il prolungarsi delle attività di dimostrazione, con l'obiettivo di arrivare almeno al 25% di efficienza entro il

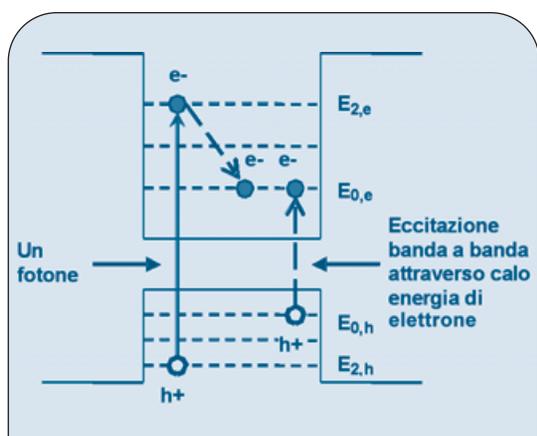


Figura 8
Il concetto di *Multiple exciton generation*
Fonte: ENEA

2015 per gli esemplari di laboratorio (secondo la Strategic Research Agenda).

I motori dell'innovazione

L'innovazione portata dai "nuovi concetti" di tecnologie fotovoltaiche può essere accelerata da tre settori tecnologici in rapida evoluzione:

- i nuovi polimeri per l'elettronica;
- i nanomateriali e le nanotecnologie;
- le tecniche di stampa dei materiali funzionali.

Dopo il conferimento del premio Nobel per la Chimica a J. Heeger e altri, i polimeri coniugati (polifenilene-vinilene, polianilina, politiofene, per citarne solo alcuni), che possiedono una conducibilità estremamente superiore alla media degli altri polimeri, sono stati proposti per la realizzazione di celle solari, dispositivi elettronici, strati per la dissipazione dell'elettricità statica, sensori e molto altro. Nella produzione industriale dei nuovi polimeri conduttori si assiste oggi ad una transizione di scala della taglia dei produttori, e cominciano ad entrare in campo i giganti della chimica, come BASF, BAYER, DUPONT e altri.

Anche le nanotecnologie, o più semplicemente, i nanomateriali, stanno trovando applicazione in un numero crescente di prodotti. Stime del Woodrow Wilson Re-

search Centre testimoniano oggi l'esistenza di circa 600 prodotti basati su di essi [19]. La produzione di massa dei nanomateriali consentirà di aggiungere nanoparticelle di semiconduttori inorganici ai polimeri conduttori, elevando le prestazioni dei composti esclusivamente polimerici.

Passare all'utilizzo di polveri nanometriche disperse in polimeri consentirà inoltre di fabbricare le celle non più a partire da lingotti cristallini e processi ad alta temperatura, ma tramite film sottili di inchiostri e di soluzioni. Essi saranno dotati delle forme e delle dimensioni desiderate attraverso processi veloci, talvolta anche tramite la stampa diretta, come quella impiegata per i comuni rotocalchi. La necessità di rendere stabili le dispersioni di nanoparticelle obbliga a funzionalizzarne le superfici con uno strato superficiale, il quale però può essere sfruttato anche per ottenere i desiderati effetti quantistici di confinamento.

La gestione della dimensione delle nanoparticelle consente non solo di adattare l'assorbimento del materiale alla luce solare, ma anche di abbassare di molto la temperatura di fusione. Così facendo si può rendere la temperatura di trattamento compatibile con i substrati più economici, leggeri e flessibili: i nastri polimerici, tipici substrati per la realizzazione di dispositivi elettronici stampati.

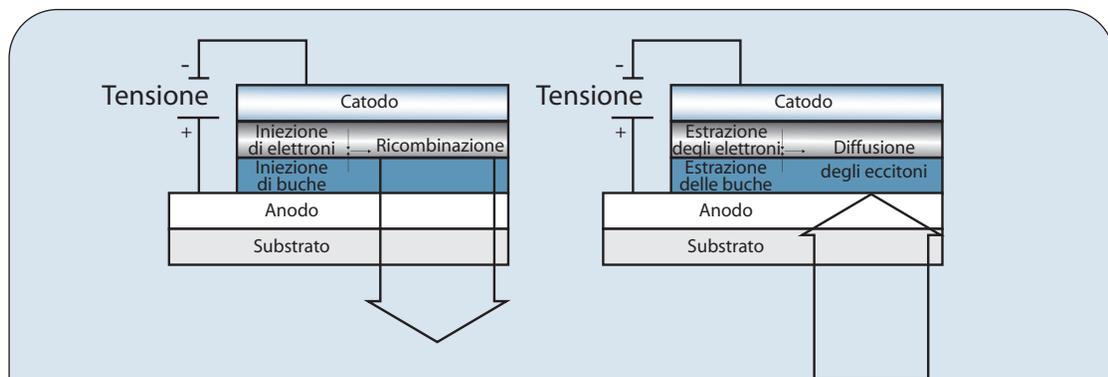


Figura 9
Le due modalità di funzionamento di una giunzione tra semiconduttori organici, come emettitore (sinistra) e come cella solare (destra)
Fonte: ENEA



In generale le tecniche di stampa dei materiali funzionali, applicate all'elettronica, sono attraenti e studiate in tutto il mondo poiché consentono di limitare gli sprechi di materiale e di stampare ad alta velocità, quindi a basso costo. Esse si avvicinano oggi alla pre-industrializzazione, e possono importare grandi quantità di *know-how* dai settori più maturi della grafica e degli imballaggi.

Ma esistono anche altri importantissimi fattori di accelerazione: la tecnologia delle celle stampate si trova all'intersezione con altre due famiglie di prodotti di grande diffusione, gli schermi piatti e le lampade a stato solido di nuova generazione.

Come descritto in precedenza, nella cella solare la luce che arriva dal sole provoca la generazione di eccitoni, che diffondono e vengono separati in cariche elementari alla giunzione.

Ma la struttura della cella fotovoltaica organica è praticamente identica a quella di una sorgente di luce organica a stato solido (il cosiddetto OLED). In un OLED viene fornita una tensione dall'esterno iniettando un flusso di cariche positive e negative, negli strati trasportatori di carica. Le cariche si muovono fino alla giunzione, che li ricombina per produrre luce: si tratta di un processo simmetricamente inverso a quello della conversione della luce solare in corrente elettrica (figura 9).

Sulla tecnologia delle lampade OLED sono scese in campo industrie del calibro di General Electric ed Osram.

Lo stesso tipo di meccanismo di generazione della luce di un sorgente di luce OLED sta alla base del funzionamento delle micro-sorgenti di luce che costituiscono i pixel degli schermi piatti OLED. In questo caso, vari milioni di micro-sorgenti sono asserviti a una elettronica integrata che pilota le singole sorgenti, ma a parte l'elettronica integrata, il prin-

cipio di generazione della luce è identico a quello delle lampade piatte. I *display* OLED stanno affermandosi anche a livello commerciale partendo dai prodotti di piccola taglia (cellulari, autoradio, piccole TV), sulla spinta di industrie come Samsung e Philips.

La forte sinergia con lampade OLED e *display* OLED non può che accelerare la maturazione delle tecnologie di fabbricazione delle celle, così come è successo più volte in passato in casi analoghi. Negli anni 60, la sinergia tra i primi microchip e le celle al silicio; negli anni 90, l'evoluzione parallela degli schermi piatti LCD e delle celle solari su vetro.

Il settore tecnologico che include le celle solari a nanocompositi, le lampade a basso consumo OLED ed i display piatti OLED, viene indicata in tutto il mondo come "elettronica organica".

Attorno a questa cominciano a costituirsi considerevoli gruppi d'interesse. Ad esempio, citiamo in Europa, la Organic Electronics Association, fondata come gruppo di lavoro della associazione degli ingegneri della Germania, che comprende già 89 membri, soprattutto tedeschi, ma non solo. Gli interessi vanno dal *packaging* di nuova generazione, alla sensoristica su plastica, alle batterie polimeriche piatte e flessibili, ai *display* piatti, ai dispositivi RFID stampati, alle sorgenti di luce a stato solido, ed includono anche le celle solari su polimeri flessibili.

I primi prodotti: vicini al consumatore

La tendenza alla riduzione del costo degli impianti fotovoltaici deve interessare anche i costi aggiuntivi a quello dei soli moduli, imputabili essenzialmente ai sistemi elettrici per la conversione o accumulo dell'energia elettrica (i cosiddetti costi del *balance of system*, BOS).



Se confrontiamo il costo percentuale del BOS rispetto al costo totale di un impianto fotovoltaico con tecnologie in silicio con quello delle tecnologie a film sottile (ad esempio il silicio amorfo), scopriamo [20] che la percentuale aumenta fortemente per i moduli a film sottile, dal 27% al 49%.

Questo problema peggiora per le celle fotovoltaiche basate su "nuovi concetti" quali le celle OSC e DSSC, a causa della minore efficienza tendenziale rispetto al silicio amorfo. È quindi necessario ridurre al massimo i costi del BOS, minimizzando strutture e componenti elettrici aggiuntivi, privilegiando configurazioni non connesse alla rete, applicando il modulo direttamente sul dispositivo di utilizzo, senza dover acquisire aree specifiche.

Dobbiamo pensare quindi che il mercato di queste nuove tecnologie di celle sarà inizialmente quello dei prodotti portatili e *consumer*, che costituiscono il 10% del totale di tutti i prodotti possibili [21]. Ad esempio: moduli per tende e tendoni, auto, camion; oggetti personali come borse e frigoriferi; piccoli si-

stemi di facile installazione su balconi, tettoie, serre ecc. (figura 10). Solo in una seconda fase, in caso di sensibili progressi di efficienza, ci si potrà rivolgere alle applicazioni *off-grid* (40%) e magari *on-grid* (50%, pensando alla integrazione negli edifici, soprattutto).

In definitiva, il percorso di penetrazione nel mercato di queste celle appare contrario a quello usuale: nella abituale evoluzione dei prodotti di tipo elettronico, si parte dai settori ad alto valore aggiunto, per poi ridurre i costi di fabbricazione. Talvolta, per ammortizzare gli ingenti costi di sviluppo, si parte addirittura dal settore militare e si procede poi verso le applicazioni civili.

Le sfide dei materiali: prezzi, disponibilità, stabilità

Per tecnologie così giovani, ancora in fase di assestamento, non è affatto facile rintracciare valutazioni sulla evoluzione dei costi.

Per le celle DSSC cominciano a parlare i fatti: la previsione di costo, presentata da Gratzel alla DSC-IC Conference a

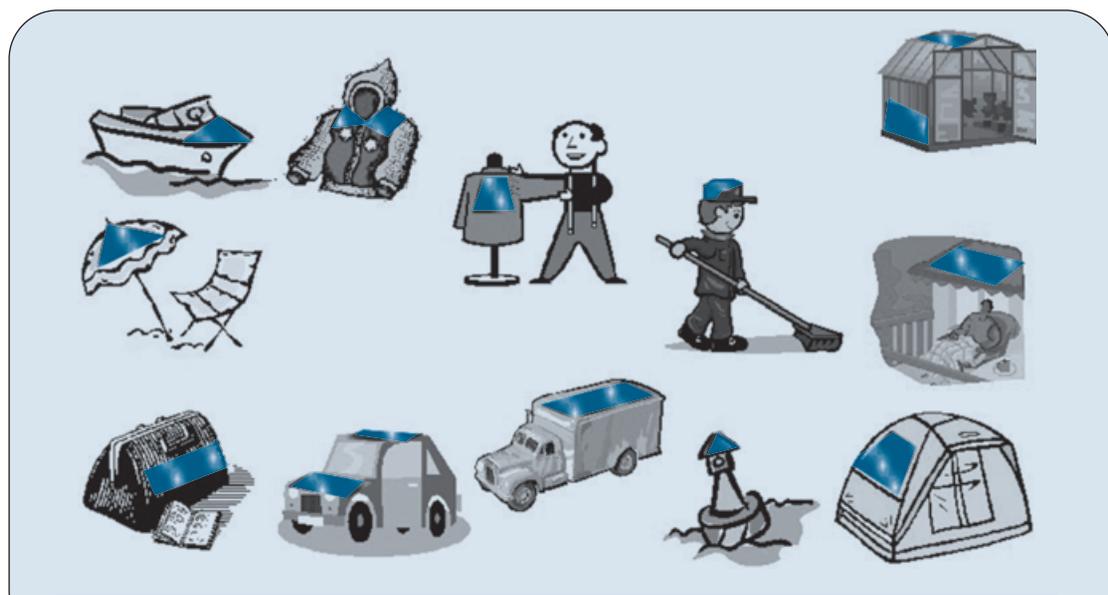


Figura 10
Possibili applicazioni iniziali delle celle solari di nuova generazione (in colore)
Fonte: ENEA



St.Gallen a settembre 2007, è di un costo inferiore a 1 $\$/W_p$ per la produzione con tecnologia *roll to roll*.

Esistono stime per le quali le celle DSSC, organiche e basate su nuovi concetti potranno raggiungere, sul lungo periodo, un costo pari a circa la metà di quello del silicio cristallino (figura 11).

Per le celle OSC, esistono delle elaborazioni realizzate da Global Photonic, una industria del settore con sede negli Stati Uniti. Global Photonic ritiene che il raggiungimento di un costo pari a 1 $\$/W_p$, avverrebbe oltre i 100 MW prodotti, che corrispondono, con efficienze realistiche del 5% in scala di produzione o efficienze "proiettate" verso il 10%, a 1-2 milioni di metri quadri di celle.

Riguardo all'attuale costo dei materiali, la ditta statunitense Global Photonic e il NREL [22] stimano in 43 $\$/m^2$ il costo dei materiali a film sottile inattivi (substrato, contatto trasparente ecc.).

Riguardo ai materiali attivi l'attuale prezzo, per quantitativi da laboratorio [23], varia fra i 3,5 e i 100 $\$/cm^2$, una cifra quasi provocatoria, se non fosse ra-

gionevole confidare in un futuro abbattimento dei costi, sia nel passaggio dai quantitativi di laboratorio a quelli industriali, sia grazie all'aumento di scala della produzione. Oggi infatti le classi di nanomateriali per celle solari sono ancora in una fase di ricerca di base [24], lontano dalla produzione di massa che contraddistingue altri nanomateriali, applicati alla cosmetica o alle vernici.

Tra le sfide da affrontare ad occhi aperti, dobbiamo anche includere quella della disponibilità di alcuni materiali chiave. Il caso emblematico è rappresentato dallo strato di Ossido di Indio e Stagno (ITO), utilizzato per realizzare l'elettrodo frontale trasparente delle celle OSC e DSSC. Esso è utilizzato in grandi volumi anche nella produzione industriale dei display LCD; già oggi il 70% della produzione mondiale di indio è richiesto dall'industria degli LCD, che crescerà del 30% entro il 2011. Sotto questa spinta, il prezzo dell'indio è salito di circa 9 volte dal 2002 al 2006 [25] e addirittura circolano stime nefaste secondo cui le riserve mondiali saranno esaurite nel 2017.

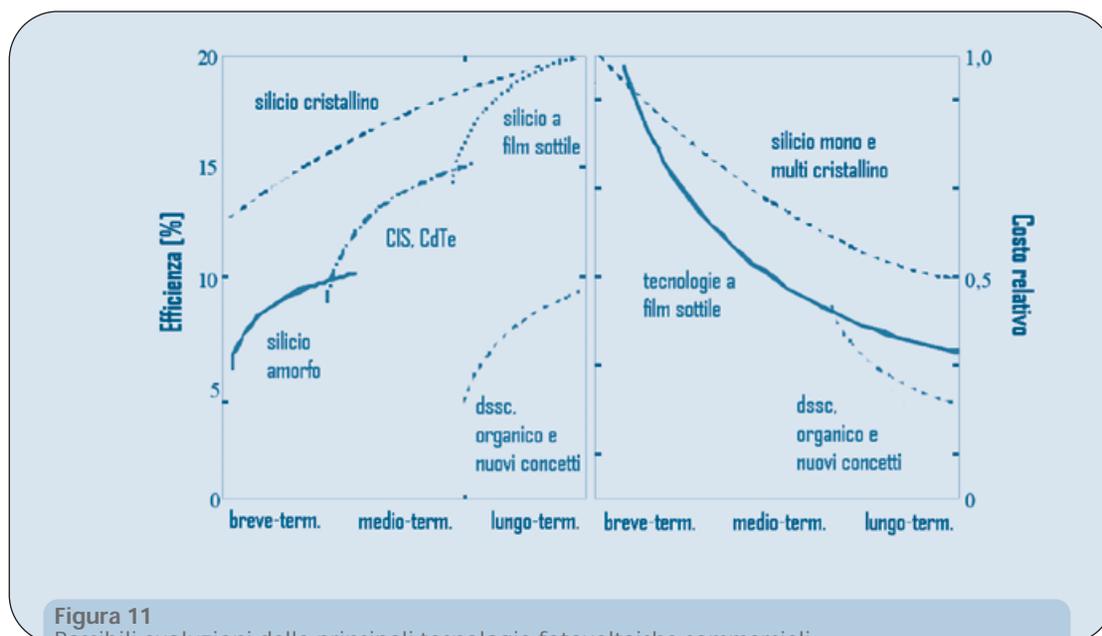


Figura 11

Possibili evoluzioni delle principali tecnologie fotovoltaiche commerciali

Fonte: Hoffmann, "PV solar electricity: one among the new millennium industries", 2001



Il problema del costo dell'indio va monitorato, poiché l'aumento di prezzo di un materiale basilare come questo potrebbe alterare la curva di apprendimento dei prezzi dei "nuovi concetti" di celle. A meno che non venga individuata una alternativa all'indio (ad esempio, i compositi a base di nanotubi di carbonio sono i candidati più accreditati), o si aprano altre miniere per la estrazione dei minerali base.

Un'altra sfida è quella della stabilità delle celle in generale, e dei materiali assorbitori in particolare. Attualmente il tempo di vita delle celle OSC nell'ordine delle 1000 ore [26], che è ancora troppo poco.

La stabilità si gioca su due fronti: migliorare le formulazioni chimiche dei materiali e realizzare sigillature ed incapsulanti che devono essere migliori di quanto oggi non venga già fornito, ad esempio, dal settore del *packaging* (alimentare o farmaceutico).

Si spera ovviamente di accelerare il miglioramento della stabilità delle celle anche grazie all'apprendimento nel settore dei *display* piatti. I *display* piatti hanno dimostrato una gamma di tempi di vita tra 500 e 5000 ore per substrati di plastica o acciaio, fino ad arrivare alle 10000 ore per i dispositivi incapsulati con doppio vetro.

Per quanto riguarda le celle solari organiche piane su substrato flessibile, oggi si riesce ad ottenere un tempo di degradazione (al 50%) di 3000 ore, utilizzando un *sandwich* di due substrati di polietilen-naftalato (PEN) ricoperti con speciali multistrati alternati di SiO_x e un polimero organico ottenuti tramite deposizione per plasma [27].

Una visione dell'intera filiera

I "nuovi concetti" di celle fotovoltaiche, racchiudono quindi una ristrutturazione integrale dell'architettura del dispositivo fondamentale (giunzione distribuita anziché giunzione piana), del suo substrato di supporto (flessibile e polimerico anziché rigido e di silicio), delle tecniche di fabbricazione (stampa di film sottili a temperatura ambiente anziché processi sottovuoto, talvolta anche ad alta temperatura).

Occorre al tempo stesso (figura 12) padroneggiare la sintesi o la selezione di nuovi materiali, anticipando le possibili turbolenze di mercato, far progredire lo studio di una nuova tecnologia di fabbricazione e dei relativi macchinari, concepire nuovi prodotti fotovoltaici e relative tecniche di interconnessione dei moduli, non più rigidi, ma leggeri, flessibili, applicabili senza difficoltà su oggetti di valore contenuto.

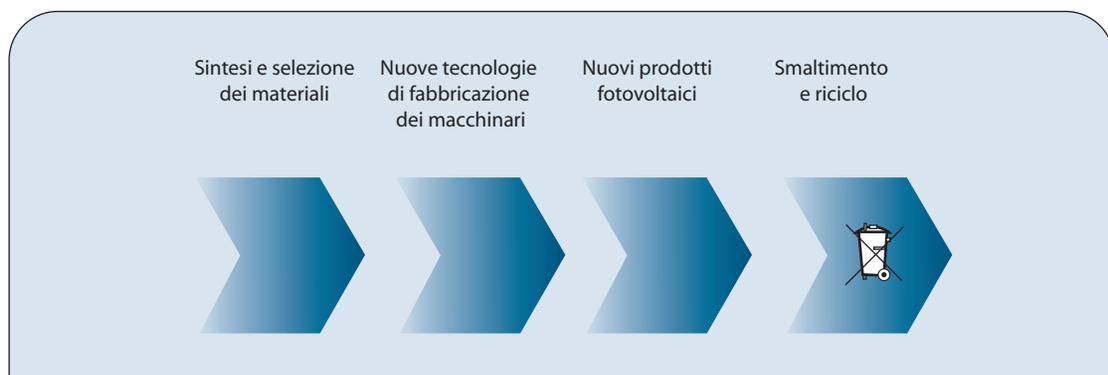


Figura 12
Schema della filiera delle conoscenze da attivare per le celle fotovoltaiche di nuova generazione
Fonte: ENEA



Anche la questione dello smaltimento e del riciclo dei materiali che comporranno i moduli fotovoltaici delle prossime generazioni merita la giusta attenzione. Infatti per le celle OSC e DSSC, dobbiamo attenderci una grande circolazione di prodotti, caratterizzata da una vita media ridotta che ne impone la sostituzione a breve termine. I rilevanti volumi di produzione e diffusione (milioni di metri quadri suddivisi in piccoli sistemi) giustificano una adeguata attenzione per l'aspetto delle operazioni di recupero e di riciclo, le cui procedure dovrebbero piazzarsi a metà strada tra quelle del recupero dei prodotti elettrici ed elettronici, e quelle dei materiali per l'imballaggio.

Si tratta di anticipare problematiche già emerse per altre tecnologie, come quella del telloruro di cadmio, dove lo smaltimento di un materiale tossico come il cadmio ha dovuto superare non poche diffidenze.

Ad esempio nel caso delle celle polimeriche potrebbe palesarsi un rischio assai simile a quello discusso per il cadmio e connesso all'incendio di impianti fotovoltaici con la conseguente liberazione di sostanze tossiche.

La questione del riciclo dei moduli fotovoltaici si va facendo sempre più importante, a prescindere alla tecnologia, a causa dell'intensificarsi di installazioni e smantellamenti di impianti fotovoltaici.

Opportunità d'intervento

Negli ultimi anni l'ENEA ha affrontato con una considerevole vastità di azione tutte le problematiche che sono alla soglia delle nuove tecnologie fotovoltaiche OSC, DSSC e QD.

Sono stati condotti a termine vari progetti finanziati dal MUR e dalle Regio-

ni (presso i centri di Brindisi, Casaccia, Portici), riguardanti vari nanomateriali, semplici, composti, e nanoparticelle, per studi fondamentali e funzionali. È stata messa a punto una serie di apparecchiature e di competenze per il procesamiento di dispositivi elettronici e microcircuiti su vetro e plastica.

Da poco sono state acquisite anche alcune macchine specifiche per le lavorazioni *roll-to-roll*: una apparecchiatura di stampa *inkjet roll-to-roll* ed una macchina per l'incisione rotativa a caldo di nastri polimerici.

Con queste competenze, sono stati realizzati dei dimostratori:

- dispositivi OLED singoli e a matrice, organici e polimerici, su vetro e plastica;
 - dispositivi multi-sensore a base di composti polimerici sensibili ai gas;
 - materiali funzionali e dispositivi a base di nanotubi di carbonio;
- arrivando a realizzare test funzionali in laboratorio e in campo per i materiali ed i dispositivi.

Questo aggregato di competenze può essere la base per sviluppare materiali e concetti afferenti alle nuove tecnologie fotovoltaiche, soprattutto nel contesto del nuovo Progetto "Materiali per l'Energia".

All'interno del Progetto, sono stati pianificati i *workpackage* sulle "Tecnologie di derivazione energetica", e sui "Nanomateriali" ed i loro principali macroobiettivi, che sono: i sensori realizzati per *ink-jet* di nano-compositi, le lampade OLED a stato solido, il PV con materiali composti delle prossime generazioni, la sintesi e l'analisi di nanomateriali. Su questa base si integrano in maniera ideale le consolidate competenze dell'Ente sulle celle solari di tecnologie mature (silicio amorfo, silicio cristallino), sul test in laboratorio e in campo di celle e moduli, sul riciclo e recupero dei materiali.

Nel panorama industriale nazionale, soprattutto nella fase iniziale delle ricerche scientifiche ma rivolte allo sviluppo di nuove tecnologie di fabbricazione, gli interlocutori di riferimento appartengono di necessità ai settori dell'industria manifatturiera, dei materiali e dei macchinari.

Ebbene, esistono in Italia svariate industrie, che possiedono competenze, finalità e tecnologie che potrebbero essere aggregate attorno alla tecnologia delle celle stampate: produttori di nastri polimerici *high-tech* per l'elettronica, produttori di macchinari di processo e di stampa, alcuni produttori di materiali e di inchiostri. Solo nel medio termine, si renderanno necessarie interazioni con industrie dei servizi, per lo studio delle tecniche di assemblaggio e montaggio dei nuovi moduli.

Conclusioni

Esistono oggi due aspetti nettamente differenti del fotovoltaico, che vanno attentamente distinti e trattati con strumenti totalmente differenti.

C'è il fotovoltaico "da installare", basato su tecnologie di importazione e su innovazioni di processo che coinvolgeranno solo i detentori del know-how sulla fabbricazione.

Ma esiste anche un fotovoltaico "da studiare", basato sulla innovazione integrale di prodotto e sullo sviluppo di nuove tecnologie, fatto di ricerca applicata e pre-competitiva.

I nuovi prodotti saranno a base di materiali a film sottile impieganti polimeri e nanocristalli, possibilmente stampati direttamente su un substrato flessibile.

Destinati senza dubbio, in una fase iniziale, a generare moduli a basse prestazioni, leggeri e portatili, i nuovi prodotti si potrebbero evolvere ver-

so più vasti settori applicativi, solo dopo aver realizzato importanti avanzamenti su materiali-chiave che li compongono.

In Italia esistono gran parte delle competenze, tecnologiche e industriali, per affrontare la sfida delle ricerche sulle tecnologie fotovoltaiche di nuova generazione.

Bibliografia

[1] EU PV Technology Platform. "A strategic research agenda for photovoltaic solar energy technology", pag.7, marzo 2007.

[2] Con questi termini, Giacomo Leopardi esprimeva ne "La Ginestra", la fiducia completa dell'uomo nel futuro e nel progresso.

[3] E. Shaheen et al. "Organic based photovoltaics: towards low-cost power generation". Mat. Res. Soc. Bull. 30(1), pag.10, 2005.

[4] W. Hoffmann. "A Vision for PV Technology up to 2030 and beyond - An industry view". Brussels, settembre 2004.

[5] A. Goetzberger et al. "Photovoltaic materials, history, status and outlook". Mater. Sci. Eng. R40, pag.39, 2003.

[6] "Organic PV". National Solar Technology Roadmap. NREL/MP-520-41738, giugno 2007.

[7] G.G. Wallace et al., "Conjugated polymers: new materials for photovoltaics". Chem. Innov. 30(1), pag. 14-22, 2000.

[8] Sun et al. "Vertically segregated hybrid blends for photovoltaic devices with improved efficiency". J.Appl.Phys. 97, n. 014914, 2005.

[9] Brabec, Sariciftci, Hummelen. "Plastic solar cells". Adv. Funct. Mater. 11(1),15-26, 2001.

[10] O'Regan O, Grätzel M. "Low cost and highly efficient solar cells based on the sensitization of colloidal titanium dioxide". Nature, 335, 7377, 1991.

[11] M. Grätzel. "Photoelectrochemical cells". Nature, 414, 338-344, 2001.

[12] T. Hasobe et al. "Supramolecular photovoltaic cells using porphyrin dendrimers and fullerene". Adv. Mater. 16, 975, 2004.



- [13] Hasobe et al. "Organized assemblies of single wall carbon nanotubes and porphyrin for photochemical solar cells: charge injection from excited porphyrin into single-walled carbon nanotubes". J. Phys. Chem. 110, 25477, 2006.
- [14] Sustainable Technologies International. <http://www.sta.com.au/webcontent4.htm>
- [15] Cfr. Juan Bisquert - Departament de Ciències Experimentals - Universitat Jaume I - Castelló de la Plana.
- [16] G. Conibeer et al. "Silicon nanostructures for third generation photovoltaic solar cells". Thin Solid Films, 511, 654, 2006.
- [17] M.C. Hanna et al. "Solar conversion efficiency of photovoltaic and photoelectrolysis cells with carrier multiplication absorbers". J. Appl. Phys. 100, 74510, 2006.
- [18] "Sensitized Solar Cells". National Solar Technology Roadmap. NREL/MP-520-41739, giugno 2007.
- [19] <http://www.nanotechproject.org/index.php?id=44&action=intro>
- [20] M. Baechler. Proc. 21st Europ. PV Solar Energy Conf., Dresden (D) 4 - 8 Sept. 2006.
- [21] C. J. Brabec "Organic photovoltaics: technology and market". Sol. Energ. Mat. Sol. C. 83, 273-292, 2004.
- [22] Wadell - Global Photonic, W. Trancik, K. Zweibel. WCPEC-4, 2006.
- [23] Elaborazioni ENEA su prezzi di vendita al minuto.
- [24] G. Colquhoun. The Future of plastic and thin film PV. SPIE Proc. Hamburg, 2006.
- [25] J. Quandt. "Supplies of indium, element critical to LCD production, continue to shrink". Information Display, pag.6, agosto 2007; D. Cohen. "Earth's natural wealth: an audit". New Scientist, p.34, 26 maggio 2007.
- [26] www.compoundsemiconductor.net; US-DOE. National Solar Technology Roadmap, giugno 2007.
- [27] G. Dennler et al. "A new encapsulation solution for flexible organic solar cells". Thin Solid Films 511-512, 349-353, 2006.

L'attività di *lobbying* degli enti pubblici di ricerca

Marco Franza, Gabriella Martini

ENEA
Ufficio di Presidenza

*A partire dal secondo dopoguerra
si è affermata la lobbying
della scienza rivolta ai decisori politici
e all'opinione pubblica in generale.
Caratteristiche specifiche
presenta la lobbying
di un ente pubblico di ricerca
nel contesto italiano.
Competenze, preparazione,
capacità di visione e di analisi
sono tra le doti necessarie*

franza@sede.enea.it



martini@sede.enea.it

Le origini della *lobbying* della ricerca

Negli ultimi decenni, la complessità del mondo della scienza e l'evolversi del suo sistema hanno comportato una sempre più sofisticata rete di relazioni con gli altri attori sociali, nonché con le istituzioni e il decisore politico, facendo emergere l'importanza dell'*advocacy* della scienza (o *lobbying*¹ o comunicazione d'influenza²).

Nel contesto sociale attuale i singoli ricercatori, le organizzazioni scientifiche, gli enti di ricerca pubblici o privati cer-

¹ Ricordiamo che il termine *lobbying* non ha alcuna connotazione negativa, anzi è connotato all'essere stesso della democrazia. I sistemi democratici sono per definizione fondati sulla partecipazione, sulla rappresentanza degli interessi, la libertà di espressione e di associazione.

² Per quanto riguarda l'eventuale azione di *lobbying* attuata da un ente pubblico di ricerca preferiamo usare l'espressione "comunicazione d'influenza", in considerazione delle caratteristiche specifiche di tali istituzioni: pubbliche, a finanza derivata e, di norma, con i vertici di nomina politica.

Lobbying by Public Research Agencies

*Science lobbying aimed
at political decision-makers
and public opinion in general
began in Italy after World War II.
Lobbying by public research agencies has its own
specific features in the Italian context.
Competence, preparation and a capacity
for vision and analysis are among
the prerequisites for success*



cano di garantirsi le risorse finanziarie ed umane, facendo pressione sui decisori o sulla stessa opinione pubblica. Tale pratica è esistita da sempre, anche quando il mestiere dello scienziato richiedeva di ottenere i favori del regnante o potente di turno³. Con la scienza moderna, il ruolo dello stesso scienziato si modifica: un tempo la scienza era solo dei singoli scienziati; ora, soprattutto in un contesto democratico, i cittadini hanno diritto di sapere, anche se non partecipano alla produzione di quel sapere. Oggi la ricerca non può più essere una pratica romantica di uno "splendido visionario" da svolgersi in un laboratorio, ma richiede strutture organizzative ormai complesse, risorse umane e finanziarie ragguardevoli; ciò accade soprattutto a partire dal XIX secolo e dall'inizio del XX secolo, quando i governi nazionali incominciano a finanziare laboratori di ricerca e strutture complesse.

La *lobbying* della scienza contemporanea si può far risalire all'immediato dopoguerra, negli USA, con il celebre rapporto Vannavar Bush⁴, indirizzato al Presidente Truman. È infatti il 25 luglio 1945, dodici giorni prima di Hiroshima, quando lo United States Government Printing Office trasmette al nuovo Presidente americano, Harry S. Truman, il Rapporto "*Science: The Endless Frontier*". Nel Rapporto, Bush sostiene che

la ricerca di base avrà sempre più un valore strategico; la scienza può aiutare a migliorare non solo la sicurezza militare ma anche ad aumentare il benessere sanitario, economico e sociale dei cittadini. Per fare questo occorre creare un'Agenzia federale che fissi gli obiettivi e le modalità. Insomma, non solo in caso di guerra, ma anche in tempo di pace il governo americano deve investire nella scienza e nella ricerca⁵. Il rapporto Bush è rivoluzionario, cambia gli assetti, modifica la visione che da questo momento in poi i decisori pubblici avranno della ricerca, ma anche degli stessi scienziati, e la ricerca inizia a muovere i primi passi per orientarsi anche al mercato. Oggi la ricerca svolge un ruolo alla pari rispetto agli altri attori sociali e cerca anch'essa di accaparrarsi il maggior numero di risorse, risorse per definizione scarse. Non solo quindi si assiste ad una competizione interna tra scienziati, università, enti e laboratori, ma lo stesso mondo scientifico deve confrontarsi con tutti i restanti attori del panorama sociale. Inutile sottolineare che capofila di tale nuovo approccio restano gli USA, la cui evoluta struttura democratica ha prodotto una cultura della *lobby* altrettanto sofisticata e complessa⁶. Negli USA svolgono un'azione di *advocacy*, oltre che le singole istituzioni scientifiche, numerose associazioni scientifiche⁷.

3 Si pensi agli scienziati che dovevano concedere dediche e omaggi ai propri mecenati, ad esempio ai satelliti scoperti da Galileo Galilei e dedicati alla famiglia dei Medici (Castelfranchi "Scienziati in piazza: scienza, politica, e pubblico verso nuove osmosi", SISSA Trieste).

4 Nel 1939 viene nominato presidente del National Advisory Committee for Aeronautics, nel 1940 Presidente del National Defense Research Committee e nel 1941 Direttore dell'Office of Scientific Research and Development, l'organismo che controlla il Manhattan Project.

5 V. Bush *Science The Endless Frontier*, United States Government Printing Office, Washington, 1945.

6 La *lobbying* è per consistenza la terza industria, dopo la pubblica amministrazione e il turismo, della capitale degli USA, Washington. Anche le maggiori riviste scientifiche, come *Science*, negli ultimi anni hanno censito il successo e la crescita della *lobby* scientifica, con dozzine di organizzazioni che hanno assunto sempre più personale per fare pressione sul Congresso e sulla Casa Bianca, spendendo milioni di dollari anche per pubblicizzare sulla stampa le loro richieste. D. Malakoff, *Science*, vol. 292, 4 maggio 2001.

7 Si pensi alla Science Coalition, la Wexler Group, la Science and Technology Work Group, la Coalition for Technology Partnership, la Coalition for National Science Funding, e via via diverse coalizioni o associazioni ad hoc che si costituiscono di volta in volta per perorare la propria causa.

La *lobby* della scienza è cresciuta anche nel continente europeo, ma con differenze tra un paese e l'altro. Il mondo scientifico europeo si è dovuto organizzare per fare fronte ai drammatici tagli alla ricerca⁸, soprattutto per il ridimensionamento di molti progetti, per lo più in campo militare, spaziale o nucleare, o magari per la stessa scomparsa (nel caso soprattutto italiano) delle grandi industrie del Novecento, con un calo drastico di risorse non più oggi disponibili. Nel 1999 alcuni parlamentari europei hanno invitato chiaramente gli scienziati a svolgere un'azione di *lobbying*, e nello stesso anno nasce l'*European Life Sciences Forum* che si pone come obiettivo quello di presentare al decisore un punto di vista unitario dei ricercatori che si occupano di ricerca di base⁹.

Scienza, tecnologia, politica e *lobbying*

Di pari passo con la crescita dell'azione di *lobbying* scientifica, è aumentata la necessità di doversi rivolgere all'opinione pubblica, cercando di coinvolgerla per promuovere i grandi temi della scienza e quindi fare pressione indirettamente sul decisore. La complessità dell'attività e anche il crescente coinvolgimento nella vita quotidiana richiede che si abbia un canale comunicativo prioritario tra cittadini e scienziati: lo scienziato non può più permettersi di restare arroccato nella sua torre d'avorio. Così come egli stesso deve promuovere i propri interessi (che diventano quelli generali della popolazione) così lo stesso pubblico, gli stessi cittadini si pongono sempre più domande sull'attività e sui risultati della ricerca scientifica. Il diffondersi di una cultura scientifica è fattore di

crescita di una democrazia. Pertanto oggi la *lobbying* scientifica non può prescindere da una comunicazione diretta rivolta anche al grande pubblico. Quando però si parla di rapporto tra scienza e politica, tra scienziati e decisori, si deve guardare anche ad un altro aspetto assolutamente prioritario. Infatti, la scienza ha *in primis* il ruolo di informare il decisore, di fornire valutazioni tecnico-scientifiche corredate anche di dati quantitativi obiettivi. Per questo la scienza entra di diritto nel processo decisionale, tanto più nella nostra società sempre più tecnologicamente avanzata. Il decisore non può più fare a meno di assumere delle decisioni senza consultare il tecnico. La nostra vita è permeata di tecnologia, che è frutto della ricerca. È anche vero, però, che tale rapporto, tra decisore e tecnico, ha un limite. Le scienze sociali hanno come presupposto l'idea che le decisioni siano assunte razionalmente (*homo economicus*) e in questo senso la scienza aiuta a fornire ogni elemento utile per assumere le decisioni più razionali. Il valutare gli approcci scientifici alternativi o in competizione fra loro, scegliere e adottare, o meno, una decisione in tale senso fa parte però del primato della politica. Spesso l'informazione scientifica alla base di un provvedimento è assunta da un determinato gruppo di pressione quale legittimazione dei propri interessi. Nuove teorie o rivoluzioni scientifiche possono modificare il paradigma ed influenzare nuovamente i decisori. È vero, quindi, che il supporto scientifico per il decisore è oggi indispensabile, ma il primato resta pur sempre quello della politica. Le decisioni sono infatti policondizionali. Si arriva ad esse attraverso diversi condizionamenti di tipo sociale, culturale, e politi-

⁸ In Gran Bretagna è nata anche l'organizzazione Save British Science, www.savebritishscience.org.uk

⁹ www.elsf.org

Un'altra organizzazione è l'European Plant Science Organization, www.epsoweb.org



co in senso lato. Non sempre quindi le scelte sono squisitamente razionali.

La necessità di una efficace attività di *lobbying* della ricerca in Italia e in Europa

In uno scenario mondiale nel quale sono sempre più i paesi che accrescono le risorse destinate alla ricerca (si pensi alla Cina che ha superato il Giappone in termini assoluti per i finanziamenti destinati a ricerca e innovazione) e in un contesto socio-politico sempre più convinto della necessità (almeno a parole) di investire in ricerca perché possa prosperare la società della conoscenza, l'Italia si trova quale fanalino di coda tra i paesi più avanzati. L'Italia investe in ricerca una quota minima del PIL, una percentuale che la pone ai livelli più bassi d'Europa.

Non potendo affrontare in questo scritto il problema del finanziamento alla ricerca in Italia, seppure all'ordine del giorno, dobbiamo partire da questo presupposto: un Ente Pubblico di Ricerca (EPR) deve competere, con gli altri enti o con gli altri attori sociali, per assicurarsi le già scarse risorse. Il principale strumento di finanziamento per gli EPR è il finanziamento ordinario dello Stato. Esso, di solito, riesce appena a garantire la normale amministrazione, pertanto l'attività di ricerca ne risulta ridotta.

Sono stati istituiti dei Fondi per il finanziamento alla ricerca, sia di base che applicata e industriale. La legge finanziaria del 2007 ha unificato i due principali Fondi nazionali di finanziamento alla ricerca (FAR - Fondo Agevolazioni per la Ricerca e il FIRB - Fondo per gli Investimenti per la Ricerca di Base) nel FIRB - Fondo per gli Investimenti nella Ricerca Scientifica e Tecnologica. Lo scopo principale è quello di rendere gli strumenti di

finanziamento più organici e più efficaci. Inoltre, negli ultimi anni, in considerazione della scarsità dei mezzi di finanziamento e della necessità vitale per il sistema-paese di rilanciare la ricerca e quindi tutti gli strumenti alla base della società della conoscenza, è stata istituita anche l'Agenzia nazionale per la valutazione del sistema universitario e della ricerca¹⁰. L'Agenzia nasce con l'intento di evitare definitivamente finanziamenti a pioggia e con quello di concentrare le risorse nei settori d'eccellenza che possano avere un effetto moltiplicativo sulle risorse stesse, cercando di portare progressivamente il sistema della ricerca ad una sana competizione meritocratica. Inoltre, con la riforma del Titolo V della Costituzione, le Regioni hanno potestà legislativa concorrente anche nel settore della ricerca e dell'innovazione tecnologica; di conseguenza esistono anche a livello regionale una serie di potenziali strumenti di finanziamento, anche se il contesto regionale risulta poco organizzato e confuso, diversamente dal panorama, ad esempio, europeo.

L'Unione Europea (UE), infatti, nel suo complesso è sicuramente un'area ricca di eccellenze nei settori della ricerca e dell'innovazione. Purtroppo nel contesto di una crescente competizione a livello globale, essa soffre di una frammentazione tra i singoli paesi, se non addirittura all'interno degli stessi paesi membri.

La Commissione Europea ha pertanto deciso di darsi delle priorità rispetto allo sviluppo dell'Unione. Infatti, il 18 gennaio 2000 ha proposto la creazione di uno Spazio Europeo della Ricerca (SER) con lo scopo principale di "contribuire all'istituzione di un contesto generale più favorevole alla ricerca in Europa". Tale Spazio prevede la creazione di un mercato interno della ricerca, una ristrutturazione

¹⁰ <http://www.governo.it/governoinforma/dossier/anvur/compiti.html>

turazione dell'intera rete della ricerca europea e lo sviluppo di una politica non soltanto finalizzata al finanziamento, ma che abbia soprattutto una coerenza con tutte le altre politiche europee. Il principale strumento di finanziamento del SER è il Programma Quadro. Attualmente è in vigore il 7° Programma che copre il periodo 2007-2013¹¹. Esso ha la finalità di rispondere alle esigenze dell'Unione in materia di sviluppo, crescita e occupazione e si inserisce nel contesto della Strategia di Lisbona finalizzata a far diventare l'UE l'area della conoscenza più sviluppata al mondo. Essa, nel frattempo, ha subito una revisione in considerazione dei ritardi rispetto agli obiettivi da raggiungere¹². La filosofia sottesa allo spazio della ricerca comprende l'assoluta trasparenza, la meritocrazia e la competizione. Ogni attore europeo della ricerca, per aggiudicarsi i finanziamenti, deve meritarseli rispetto ad una serie di parametri. Le somme sono ingenti, ma possono diventare una vera opportunità se si è bravi abbastanza a competere e vincere rispetto agli altri attori in gioco. In considerazione del ruolo attivo prioritario svolto dalle Istituzioni europee e delle importanti opportunità di finanziamento per la ricerca nel mercato europeo, molti organismi scientifici europei hanno stabilito dei propri uffici a Bruxelles.

L'attività di *lobbying* di un Ente Pubblico di Ricerca: elementi metodologici

Quanto precedentemente esposto serve a rendere più evidente l'esigenza, per un attore del settore della ricerca, di essere protagonista nel contesto socio-politico, ma soprattutto non più estraneo

ai processi decisionali che regolano lo stesso agire del settore. Nel nostro caso, un EPR deve necessariamente interloquire con il decisore, non solo quale attore tecnico terzo che fornisce le giuste indicazioni per mettere le autorità pubbliche nelle condizioni di agire razionalmente, ma anche per riuscire a indirizzare le scelte pubbliche a loro vantaggio. E mai quanto in questo caso, il vantaggio per un attore della ricerca diventa sempre di più un vantaggio per la comunità tutta, grazie alle ricadute tecnologiche e industriali. Il *core business* di un EPR deve pertanto essere supportato da un "Piano di comunicazione globale" efficace che tenga conto di un pubblico il più ampio possibile, strumento che serve: a programmare le azioni di comunicazione di un'organizzazione in un arco temporale stabilito; ad aiutare il governo della comunicazione consentendone la finalizzazione, individuandone gli attori e i destinatari; a descrivere cosa si vuole comunicare; a individuare gli strumenti e le risorse da impiegare. Esso sarà affiancato da un piano di comunicazione d'influenza, che deve essere coordinato e coerente con il piano globale¹³. Esso gode di una sua autonomia sia rispetto alla metodologia, sia rispetto alle risorse impegnate, sia relativamente alla struttura organizzativa dell'EPR. La comunicazione d'influenza è pertanto una funzione strategica anche per un EPR, che permette a quest'ultimo di interagire con il sistema sociale e politico in cui è inserito, lo identifica, lo legittima, gli permette di guadagnare consenso e di operare per conseguire gli obiettivi che tutti i sistemi hanno: procurarsi risorse, espandersi e farsi conoscere. L'esigenza di dotarsi di un efficace "Piano di comunicazione

11 Decisione n. 1982/2006/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, 18 dicembre 2006.

12 Tra i più importanti, una quota pari al 3% rispetto al PIL di investimenti per la ricerca.

13 Legge 150 del 7 giugno 2000.



d'influenza" nasce dalla necessità di meglio promuovere le strategie dell'ente presso i decisori pubblici, al fine di raggiungere gli obiettivi individuati e definiti dal vertice. Esso si estrinsecherà in un'attività di intermediazione per portare a conoscenza del legislatore le attività in corso dell'ente, ma anche le sfide e le possibili soluzioni su argomenti settoriali d'interesse per il paese. Tale operazione richiede a priori l'esistenza di un ente inteso quale "sistema", organizzato e con una programmazione definita, puntuale e trasparente: elementi necessari perché il piano di comunicazione risulti efficace. Una volta definito, il piano di comunicazione deve diventare lo strumento di riferimento dell'ente, sia per organizzare sia per meglio pianificare le azioni, ma anche per raggiungere gli obiettivi, ottimizzando le risorse e riducendo i costi, con una struttura agile da adattare sistematicamente anche alle circostanze non previste o non prevedibili, massimizzandone l'efficacia.

Una volta definita la *mission* dell'ente, si possono sottendere gli obiettivi prioritari da raggiungere e quelli contingenti l'anno solare che si desidera prendere in considerazione.

Fatto ciò, è necessario individuare i destinatari del piano, il *target* di riferimento della nostra comunicazione d'influenza. Nel nostro caso sono due i destinatari principali: il 'legislatore' e il 'decisore politico' (nel senso dell'articolazione degli organi esecutivi) non sempre sovrapponibili, anche se in un sistema politico in cui è in vigore un sistema elettorale di tipo maggioritario, i due attori tendono quasi a identificarsi, se non da un punto di vista formale, per lo meno di fatto.

Il piano ha quindi tra i destinatari il Parlamento, in tutte le sue articolazioni: Commissioni di merito d'interesse dell'Ente (ad esempio Ambiente, Cultura, Industria, Agricoltura ecc.), Commissioni coinvolte nell'approvazione di provvedimenti legislativi d'interesse per l'ente (ad esempio Bilancio, Commissione per la Riforma Amministrativa, Commissioni d'inchiesta ecc.), singoli parlamentari influenti, sia per il ruolo istituzionale che possono ricoprire (Presidente di Commissione), sia per il loro stesso peso politico. In questo caso è importante individuare quei parlamentari che per competenze proprie, per precedenti incarichi o per maggiore capacità di influenzare il processo decisionale, possano fornire un maggiore valore per il raggiungimento degli obiettivi definiti dall'ente (cosiddetti *influenti*).

Oltre al legislatore, un altro *target* di riferimento è il 'decisore', ossia il Governo inteso anch'esso in tutte le sue articolazioni istituzionali¹⁴. In una fase sempre più orientata all'espansione dei poteri normativi attribuiti al sistema delle autonomie (modifica del Titolo V della Costituzione) risulta fondamentale potenziare il monitoraggio della legislazione regionale e avviare una comunicazione d'influenza efficace anche verso gli organi decisionali delle Regioni. Come accennato precedentemente, un EPR non può prescindere dal contesto europeo. Pertanto nostri ulteriori interlocutori saranno le istituzioni europee, quali Commissione, Consiglio e Parlamento, nonché soprattutto le singole Direzioni Generali.

Con gli interlocutori si deve adottare un approccio di ordinaria amministrazione (comunicazione d'influenza ordinaria), caratterizzata da: normale amministra-

¹⁴ Presidenza del Consiglio, Ministero delle Attività Produttive, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, Ministero dell'Ambiente e Tutela del territorio; eventuale ministero vigilante; sottosegretari; capi di gabinetto; direttori generali.

zione, flusso della comunicazione costante (interna ed esterna), informazione costante (formale e informale), canale aperto con gli interlocutori, aggiornamento dei programmi strategici.

L'obiettivo è comunicare e trasmettere messaggi di produttività ed efficienza, rendendo l'Ente una presenza attiva nello scenario politico-istituzionale scientifico e non un attore estemporaneo¹⁵.

Una volta definiti i *target*, al fine di massimizzare l'efficacia dell'azione comunicativa d'influenza è necessario rispettare i seguenti principi guida:

- **Analisi, monitoraggio e valutazione** - prima di avviare la comunicazione d'influenza, o pressione, è necessario svolgere un'analisi approfondita della situazione politica generale ed una, invece, relativa al provvedimento normativo o all'oggetto d'interesse. Soltanto dopo si decideranno le azioni da intraprendere. Dopo questa fase si potranno definire infine gli scenari.
- **Coordinamento** - ogni politica comunicativa deve essere gestita in coerenza con la politica generale dell'Ente e con tutte le altre azioni di comunicazione. Si eviteranno sovrapposizioni, incoerenze e sovrabbondanza di costi.
- **Trasparenza** - la trasparenza è necessaria soprattutto all'interno. Essa, infatti, permette una maggiore efficacia dell'azione comunicativa: la scarsa trasparenza aumenta i *gap* informativi, producendo una minore intelligibilità ed efficacia del messaggio, diminuendo la credibilità verso l'esterno.
- **Competenza e Credibilità** - più si è competenti, più si è credibili verso gli interlocutori. Più si è credibili, minori

sono i costi, maggiori le possibilità di successo della strategia scelta nel nostro caso dai vertici di un EPR.

- **Costanza** - l'attività di comunicazione d'influenza necessita di un impegno costante, mai estemporaneo o improvvisato. I rapporti con i propri interlocutori di riferimento, devono essere continui e uniformi. È necessario aggiornare l'interlocutore con costanza: ciò permette allo stesso di percepire l'influenza del proprio ruolo, mentre aumenta nell'interlocutore la percezione dell'influenza che l'ente stesso dà alle proprie necessità ed esigenze.

Per fare tutto questo, a scadenze temporali da definire, si devono inviare dossier, documentazioni d'aggiornamento ai singoli parlamentari, alle Commissioni, agli uffici strategici dei ministeri, nonché *position paper* soprattutto durante le audizioni o in caso di discussione di nuovi provvedimenti d'interesse per l'EPR. Non solo, dovrebbero essere organizzati degli incontri periodici con i membri del Comitato per la Valutazione delle scelte Scientifiche e Tecnologiche (VAST), ad esempio, o con singoli parlamentari influenti, organizzando eventualmente visite di parlamentari presso i centri di ricerca ecc. Gli incontri con i decisori devono essere brevi, concisi ma esaustivi¹⁶. I funzionari responsabili delle relazioni istituzionali devono arrivare all'incontro con un preciso mandato da parte dei vertici dell'EPR, sia sugli aspetti strategici che su questioni più specifiche e contingenti. Ogni convegno, congresso o qualsiasi altro evento, organizzato direttamente dall'EPR, deve essere aperto ai decisori pubblici, agli

¹⁵ Il flusso comunicativo anche d'influenza è riassumibile in questa semplice formula:

$\Sigma \{A_i \leftrightarrow R_e \leftrightarrow A_e \leftrightarrow R_i\}$. La sommatoria delle due diverse interazioni spiega il flusso della comunicazione d'influenza. Dove si deve intendere: A_i = azione dall'interno, R_e = risposta dall'esterno. A_e = azione dall'esterno, R_i = risposta dall'interno.

¹⁶ Il Presidente statunitense J.F Kennedy amava ripetere che i lobbisti erano professionisti in grado di fargli comprendere in dieci minuti ciò che i suoi stessi collaboratori riuscivano a spiegargli in giorni e molti fogli di carta.



stakeholders, alle Associazioni di categoria ecc. Queste azioni devono prevedere un tempo necessario per l'organizzazione: i parlamentari e gli attori istituzionali in genere hanno un'agenda fitta e definita molto in anticipo. È inoltre da considerare, in determinati scenari, la costituzione informale di alleanze con altri enti o organismi scientifici a fini tattici.

La comunicazione istituzionale di crisi o straordinaria è altrettanto importante per la salvaguardia degli interessi dell'EPR. La comunicazione di crisi si attua al verificarsi dell'evento straordinario. I casi possono essere molteplici: presentazione di un provvedimento legislativo che abbia come destinatario diretto o indiretto l'Ente stesso; un'indagine parlamentare che porti ad audire i vertici dell'Ente; eventi imponderabili, d'importanza sociale o politica tale da coinvolgere l'Ente stesso per il ruolo tecnico-scientifico che ricopre. In questo scenario l'EPR è soggetto ad un severo esame dall'esterno, sia da parte dei media che dell'opinione pubblica o addirittura da parte dello stesso decisore pubblico¹⁷.

Se la comunicazione ordinaria dell'Ente è stata efficace, si è nella condizione migliore per fronteggiare la situazione straordinaria. Avendo avuto un contatto costante con tutti gli attori decisivi della scena istituzionale, non dovrebbero mancare le necessarie conoscenze che possano fornire in anticipo tutte le informazioni utili a fronteggiare l'evento. In tal caso l'ufficio responsabile per le relazioni istituzionali e i vertici dell'Ente saranno nella migliore condizione, non solo per reagire all'azione del decisore, ma anche per anticipare le giuste contromisure al fine di favorire scelte politiche a vantaggio dell'En-

te già nella fase di stesura del provvedimento.

Se la comunicazione ordinaria non è stata efficace nel raggiungimento degli obiettivi precedentemente fissati, affrontare una situazione d'emergenza diventa problematico: le decisioni già assunte, per quanto emendabili, non si riusciranno mai totalmente a modificare nella sostanza. In questo caso l'azione di *lobbying* risulterà in affanno, sincopata e potrebbe anche sortire effetti distorti.

Se però per qualsiasi motivo la situazione ha comunque colto di sorpresa l'Ente, si dovrà attuare una comunicazione istituzionale di crisi, coinvolgendo gli attori interni, in maniera trasparente, evitando vuoti informativi ulteriormente distorsivi. In questa situazione si dovrà creare una sorta di *task force* coerente, composta dai membri degli uffici maggiormente coinvolti, con continui *briefing* al fine di monitorare la situazione in evoluzione che, come accade spesso per le decisioni politiche, è suscettibile di improvvise svolte o "colpi di mano". In questo contesto la comunicazione interna deve essere agile, continua, aperta e informale, evitando una gestione frammentaria e non unitaria della risposta, che sarebbe quanto mai deleteria. Le ragioni sono molteplici: si sarebbe scarsamente efficaci nell'azione di contrasto, aumenterebbero i costi in termini di tempo e risorse impiegate, ma soprattutto si trasmetterebbe un messaggio disarticolato, ambiguo e incoerente.

In generale, l'azione di comunicazione d'influenza deve essere articolata con altre forme di comunicazione. Affinché il messaggio sia efficace e si possa avere maggiore potere d'influenza, infatti,

¹⁷ Una situazione di comunicazione straordinaria può considerarsi anche la presentazione annuale della Legge Finanziaria, poiché è il momento in cui vengono decisi annualmente i finanziamenti ordinari da parte dello Stato.



si deve avviare un parallelo piano di comunicazione veicolato dai media e indirizzato all'opinione pubblica, che in una democrazia detiene un forte potere di pressione verso i decisori, per ovvie ragioni di gestione e mantenimento del consenso.

La campagna mediatica servirà a divulgare l'attività dell'ente, ad informare i cittadini creando una maggiore consapevolezza sulle necessità della ricerca e formando un'opinione pubblica quale gruppo di pressione sui *target* di riferimento. Saranno pertanto utili articoli di fondo a firma di importanti opinionisti su tematiche d'interesse per l'ente; servizi giornalistici televisivi in programmi scientifici di primo piano; interventi di rappresentanti dell'ente in trasmissioni popolari con un'*audience* vasta e diversificata per raggiungere il grande pubblico; conferenze stampa in occasione di determinati eventi. In questo modo, la comunicazione d'influenza potrà disporre di ulteriore forza persuasiva nei confronti del decisore e del legislatore. Solo promuovendo le esigenze dell'EPR presso l'opinione pubblica si può sperare in un successo del piano di comunicazione e quindi nel raggiungimento degli obiettivi.

La comunicazione non termina, però, nel momento di emissione del messaggio, ma continua con il monitoraggio dei risultati e la gestione e rielaborazione del *feedback*. L'azione di comunicazione d'influenza quasi certamente presenterà delle imperfezioni e molto probabilmente non otterrà tutti gli obiettivi fissati, ma potrà essere definita "di successo", oppure no, sul-

la base di determinati parametri precedentemente fissati. Perché si possano apportare in seguito gli aggiustamenti più efficaci, è necessario rielaborare a posteriori tutte le azioni portate avanti e i risultati ottenuti, analizzando i perché del successo o dell'insuccesso¹⁸. L'azione di *follow up* è necessariamente connaturata al piano di comunicazione: trascurarla in parte o non avviarla completamente è necessariamente premessa di fallimenti futuri. In questo caso i costi e le difficoltà aumenterebbero nell'immediato futuro.

Conclusioni

Dopo aver fornito alcune indicazioni metodologiche, si potrebbe dire che può bastare seguire tali indicazioni per raggiungere con successo gli obiettivi prefissati. Non è proprio così. Il contesto in cui si trova ad operare un EPR è dinamico, con più attori in gioco, con diversi competitori. Esso è parte di più sistemi sociali politici ed economici, pertanto gli scenari con cui si deve confrontare saranno necessariamente unici e mutevoli: le metodologie utilizzate con successo una volta, non è detto che possano essere altrettanto valide la volta successiva. Chi si trova a gestire la *lobbying*, per un ente di ricerca o per qualsiasi altro organismo, deve necessariamente avere una molteplicità di competenze ed una preparazione vasta ed adeguata. Sicuramente una delle doti maggiormente richieste è la capacità di visione, di analisi e definizione dello scenario, nonché di una vasta rete di relazioni.

¹⁸ Ad esempio, si dovranno esaminare i dati sulle campagne informative, sui dati d'ascolto delle trasmissioni, oppure studiare eventuali questionari distribuiti nelle scuole, esaminare i risultati ottenuti in Parlamento, e analizzando le votazioni e studiando le posizioni politiche sorte all'interno dei gruppi parlamentari o nei partiti politici. Insomma, uno studio sistematico di tutto ciò che è stato o non è stato fatto, di tutto ciò che è stato ottenuto o non è stato ottenuto.



Un caso di *lobbying* efficace: la nascita del settore nucleare pubblico in Italia

A dimostrazione pratica di quanto sin qui descritto, si analizza di seguito un caso emblematico di *lobbying* scientifica, che ha portato in passato alla nascita del settore nucleare nel nostro Paese. Come si potrà verificare, l'analisi dello scenario e del contesto, nonché delle buone relazioni con il decisore, sono state le carte vincenti. Ma soprattutto la promozione di un interesse, in quel momento particolare, si è rivelato d'interesse generale.

L'inizio della ricerca nucleare italiana getta le sue radici all'indomani della fine della seconda guerra mondiale, in un'Italia ancora distrutta e da ricostruire. Nel 1946 nasce a Milano il CISE – Centro Informazioni Studi ed Esperienze, una società a responsabilità limitata, al quale aderirono all'inizio l'Edison, la FIAT e Cogne; successivamente la Montecatini, la SADE, la Pirelli, la Falck e la Terni.

Per almeno sei anni il CISE restò l'unico punto di riferimento per chi si fosse voluto occupare di energia nucleare in Italia. Stava nascendo un importante polo privato nucleare. Attraverso il CISE, tra l'altro, si cercò di riorganizzare e rimettere in contatto tutti i gruppi di ricerca italiani che avevano partecipato a studi di fisica. La guerra, purtroppo, aveva fatto disperdere risorse umane e materiali preziose, anche a causa delle leggi razziali e alla fuga di molti scienziati italiani di religione ebraica (si pensi ad Enrico Fermi). Intanto, in tutta Italia andavano ricostituendosi i vari gruppi di studio. Fin dal 1945, presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche, era stato costituito un Centro di studio della fisica nucleare e delle particelle elementari. Altri centri andavano ricostituendosi a Pisa, Torino e a Milano ancora. Tutti questi centri vennero ricostituiti sotto la direzione del CNR. Nasceva pertanto la necessità di un coordinamento delle attività di ricerca dei quattro centri e l'8 agosto del 1951 nasceva così, all'interno del CNR, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN).

Nel frattempo, a livello europeo si stava diffondendo negli ambienti scientifici l'idea di creare un laboratorio comune per le ricerche sulle particelle elementari. Questo portò alla nascita del CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucleaire) a Ginevra nel 1952. In Italia sarebbe stato il CNRN a occuparsi del CERN. Contemporaneamente in Italia il CISE era sempre più convinto della necessità di orientarsi verso la costruzione di un reattore nazionale. In molti Paesi intanto erano state create autorità nucleari pubbliche ed anche in Italia si decise che fosse maturato il tempo per istituirne una. Il Governo pertanto decise di costituire il "Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari", appunto il CNRN, che nacque nel luglio del 1952. Il CNRN sorse come organismo ibrido, come uno dei tanti Comitati del CNR, ma allo stesso tempo con un rapporto privilegiato con il Ministero dell'Industria, anche se senza personalità giuridica. Gli venne affidato tra l'altro il compito "di mantenere i rapporti e sviluppare la collaborazione con le organizzazioni internazionali e con gli enti stranieri che operano nel campo degli studi nucleari".

Per molti il CNRN doveva restare un puro dispensatore di finanziamenti sia per il CISE che per l'INFN, ma lo stesso Comitato aveva un'idea completamente diversa di se stesso. Si caratterizzò subito per un approccio assai dinamico nella ricerca ed anche per l'idea innovativa di non finanziare a pioggia, ma concentrare le risorse su progetti nazionali di grande respiro, quale la costruzione dell'elettrosincrotrone, attraverso anche il coinvolgimento delle più importanti banche nazionali. Di fatto si stavano formando nel Paese due poli nucleari, uno privato ed uno pubblico. Ancora non era dato sapere chi avrebbe prevalso. Ma tra CESI e CNRN si crearono sin da subito dei confronti aspri. Le società industriali private che facevano capo a Confindustria e al CESI erano totalmente contrarie alla "nazionalizzazione" del nucleare.

Intanto si modificava lo scenario internazionale. In Europa stava nascendo l'Euratom, era nato il CERN, insomma diventava più facile accedere alle informazioni tecniche e scientifiche. E soprattutto le attività internazionali degli organismi italiani coinvolti nel settore nucleare aumentavano. Sia il CESI che il CNRN prendevano parte a diverse missioni, ma con strategie diverse. In realtà, il CNRN sin da subito si propose quale interlocutore privilegiato a livello internazionale, pian piano estromettendo il CISE. I vertici del CNRN cominciarono ad adottare una strategia di pressione molto efficace sul Governo e sul decisore nazionale, servirsi di trattative ed impegni in sede internazionale per far sì che il Governo assumesse delle decisioni in modo da superare le difficoltà politiche¹⁹. Le frizioni tra il CISE (settore privato) e il CNRN (settore pubblico) erano anche di carattere strategico. I privati puntavano alla costruzione di un reattore "nazionale"; il CNRN, al contrario, puntava, per lo meno nella fase iniziale, a costruire il primo reattore grazie alla

¹⁹ La stessa azione di *lobbying* verrà seguita ad esempio per imporre il controllo del Comitato sulle importazioni dei materiali necessari per la costruzione e la conduzione di reattori.

collaborazione con gli USA. E le prime forti polemiche nacquero soprattutto con la preparazione di un disegno di legge del Governo per la regolazione delle materie collegate allo sviluppo dell'energia nucleare. Tale disegno di legge era ispirato proprio dal CNRN. L'allora Presidente del Comitato, Francesco Giordani, in risposta ad una lettera polemica del Presidente del CISE, Vittorio De Biasi, dichiarava apertamente che il progetto di legge era stato richiesto e seguito nei vari sviluppi e che la prima formulazione concreta era stata inserita come IV allegato nella Relazione sull'attività svolta dal CNRN nel 1952-53 e presentata successivamente al Presidente del Consiglio. La proposta di legge era stata preparata dal Ministero dell'industria in collaborazione proprio con il Comitato. Ma il rincorrersi di eventi internazionali nel settore nucleare, quali la conferenza di Ginevra, la costituzione dell'Euratom ecc., dettava l'agenda e risultava utili al CNRN. Questo servì a sensibilizzare i politici sui problemi del settore nucleare, soprattutto relativamente alla normativa non ancora all'epoca organica. Quando i vertici del CNRN promossero la missione negli USA per arrivare ad un accordo tra i due Paesi sul nucleare, considerazioni di opportunità politica convinsero l'allora Governo Scelba ad approvare il 20 marzo 1955, proprio alla vigilia della missione, il progetto di legge di cui sopra, presentato dal Ministro Villabruna e ispirato dal CNRN. In un primo momento tale disegno di legge, su pressioni da parte del CISE sul successivo Governo Segni, fu ritirato, ma fu sostituito da un altro disegno di legge promosso questa volta dal nuovo Ministro Guido Cortese. Le pressioni esercitate sul Governo da ambo le parti furono molto vivaci, soprattutto quella da parte del CNRN.

Nel frattempo i vertici del CNRN iniziarono una "campagna media" in favore della nazionalizzazione dell'energia (soprattutto dalle pagine del "Mondo" e della "Voce Repubblicana"), polemizzando aspramente con l'industria privata e il CISE. Tale attacco arrivò anche nel momento in cui l'Edison²⁰ stava cercando di avviare trattative negli USA per acquistare una centrale elettronucleare. Ma la forte opposizione da parte del CNRN fece fallire tale progetto sia per la non concessione dei finanziamenti che per il mancato accordo tra il Governo italiano e quello americano.

Ma non solo. L'azione del CNRN si fece ancor più incisiva e nella riunione del 15 ottobre 1955 venne approvato un ordine del giorno che tra l'altro affermava che fosse necessario predisporre al più presto un piano pluriennale di sviluppo degli studi e delle ricerche nucleari e che fosse indispensabile l'emanazione, entro brevissimo lasso di tempo, di un provvedimento legislativo in questo campo.

Tale ordine del giorno fu consegnato subito (sospendendo la riunione) al Governo, nelle mani di Segni. In realtà la visita era già stata già programmata sin da prima dell'inizio della riunione. Insomma il Governo era consenziente.

Il CNRN era sceso in campo con tutto il suo peso: infatti il testo del documento indicava precisamente una connessione tra poteri e finanziamento del Comitato stesso, riordinamento legislativo del settore nucleare e posizione internazionale dell'Italia e nel rivendicare il diritto di esprimere, in qualità di organo consultivo del Governo, orientamenti tecnico-politici sulla legislazione da elaborare. Successivamente gli accordi per l'acquisto del reattore elettronucleare furono condotti dal CNRN.

Lentamente il CNRN, da semplice organo di erogazione di finanziamenti pubblici, si era trasformato in qualcosa di molto più importante, ed aveva impostato "su basi credibili lo sviluppo del settore nucleare e dell'attività di ricerca ad esso collegata, esercitando funzioni di stimolo e di coordinamento, gestendo in maniera produttiva e dinamica le proprie risorse, nonostante le difficoltà burocratiche ed amministrative dovute ad una normativa carente ed obsoleta".

La strada era spianata per portare alla nascita del futuro CNEN (Comitato Nazionale per l'Energia Atomica, oggi ENEA).

Ma è importante analizzare un'altra circostanza assai importante che ha portato al successo l'azione di *lobbying* del CNRN. In quegli stessi anni si stava costituendo l'Euratom e stava nascendo l'idea di istituire un Centro comune di ricerca europeo. Cominciò allora a prendere forma l'aspirazione ad ospitare in Italia questo Centro. Dopo una serie di traversie e i soliti contrasti tra CISE e CNRN, il Governo italiano aveva deciso di cedere il terreno di Ispra e i suoi laboratori al nuovo organismo internazionale. Qual era il senso di questa scelta molto voluta dal CNRN? Da un lato si parlava del prestigio nazionale del Paese e dei vantaggi tecnici, commerciali e scientifici che sarebbero venuti all'Italia da una simile operazione. Ma in realtà, l'intento era quello di impegnare il Governo italiano in un'impresa internazionale al fine di sbloccare la situazione interna per ottenere finalmente la legge nucleare e il finanziamento del piano quinquenna-

²⁰ A causa dell'azione del CNRN la centrale dell'Edison non fu la prima ad essere realizzata in Italia, ma la precedettero nel tempo le due iniziative a carattere governativo, e cioè quella del Garigliano (Iri-Fienelettrica) e quella di Latina (Gruppo Eni).



le. E questo è così vero che lo stesso Ippolito, storico Presidente del CNEN, lo dichiarò apertamente in un'intervista. Egli affermò che in generale il Governo italiano si muove soltanto quando ci sono degli impegni internazionali. La cessione del Centro di Ispra all'Euratom aveva proprio l'intenzione di obbligare il Governo a promulgare una legge nucleare, tanto che nello stesso accordo i vertici del CNRN furono abili nel far scrivere nel testo "...che l'Italia doveva provvedere a una legislazione nazionale...".

Per concludere, i vertici del CNRN furono molto abili a trasformare il Comitato da un semplice organo di consulenza nel vero e proprio organismo nazionale responsabile per il settore nucleare italiano. La loro capacità di visione, ma soprattutto la loro capacità di influenzare le scelte del decisore, furono determinanti per sviluppare uno dei programmi più all'avanguardia al mondo nel settore. L'Italia divenne nei primi anni Sessanta il terzo Paese per capacità produttiva nucleare dopo URSS e USA.

Ciò che emerge ancora una volta, è che per svolgere un'attività di comunicazione d'influenza sono soprattutto due le doti da possedere: la capacità di analisi e quindi di delineare lo scenario in tutte le sue articolazioni, ma soprattutto la tempestività nell'agire, nell'anticipare le mosse e le scelte degli attori concorrenti.

Bibliografia

- Carrada Giovanni – “Comunicare la scienza”, Sironi Editore.
- Carrion Giorgio – “Il lobbying democratico come fattore di sicurezza”, Gnosis n. 2/2005.
- Castelfranchi Yuri e Pitrelli Nico – “Come si comunica la scienza”, Laterza 2007.
- Castelfranchi Yuri – “Scienziati in piazza: scienza, politica e pubblico verso nuove osmosi”, documentazione del Master in Comunicazione della Scienza, SISSA, Trieste 2002.
- Fisichella Domenico – “Sistemi elettorali e Gruppi d'interesse e di pressione”, per l'Enciclopedia delle scienze sociali edita dall'Istituto dell'Enciclopedia italiana Treccani, 1993 e 1994.
- Fisichella Domenico – Lineamenti di scienza politica, Nis Bari – 1994.
- Liakopoulos Dimitris – “Attività di lobbismo e la loro influenza nel decision making comunitario” documento 2001 da www.lobbyitalia.info
- McIlwaine Steve e Nguyen An - “Science, journalism, democracy and technology”, referred paper presentato alla Journalism Education Conference, Griffith University, nov-dic. 2005.
- Menni Marcello e Del Boca Lorenzo – “L'intermediazione d'interessi. Lobbying”, Aracne Editrice 2007.
- Mazzei Giuseppe – “Lobby della trasparenza”, Manuale di Relazioni Istituzionali.
- Paoloni Giovanni (a cura di) – “Energia, ambiente, innovazione: dal CNRN all'ENEA”, Editori Laterza 1992.
- Pasquino Gianfranco (a cura di) – “Istituzioni, partiti, lobbies”, Laterza 1988.
- Petrone Leda – “Lobbisti di tutto Europa uniti”, Ideazione settembre-ottobre 2006.

- Salisbury R.H. – “Interest groups”, Handbook of political science, Addison-Wesley, Reading, vol. IV 1975.
- Tocqueville Alexis de – “La democrazia in America”, 1835 – 1840.
- Thurber James A. – “From campaign to lobbying”, sito del Centre for Congressional studies, 2002.
- Thurber James A. – Audizione avanti il Committee on Oversight and Government Reform del Congresso degli Stati Uniti d'America, sull'Executive Branch Reform Act of 13 febbraio 2007.
- Thurber James A. – Audizione avanti il Committee on rules and Administration del Senato degli Stati Uniti d'America sulla riforma della lobbying, 8 febbraio 2006.
- Trupia Piero – “La democrazia degli interessi: lobby e decisione collettiva”, 1989.
- Zandbergen Paul e Petersen Fiona – “The role of scientific information in policy and decision-making”, The Lower Fraser Basin in transition: a symposium and workshop, 4 maggio 1995, BC Canada.

Alcuni siti web di riferimento

- <http://www.influence.biz/>
- <http://www.astrid-online.it/>
- <http://spa.american.edu/ccps/>
- <http://www.conservativeusa.org/lobbykit.htm>
- <http://www.influence.biz/>
- <http://www.democracyctr.org/index.php>
- <http://lobbyingdisclosure.house.gov/index.html>
- <http://www.lobbyingitalia.info/>
- <http://spa.american.edu/>
- http://europa.eu/index_it.htm
- <http://www.miur.it>
- <http://www.ricercaitaliana.it>

Adroterapia

A cura di Emilio Santoro

L'adroterapia rappresenta un'evoluzione della radioterapia convenzionale, quella che si effettua con i raggi X. Essa utilizza fasci di protoni (nella cosiddetta protonterapia) o di ioni carbonio, che sono tutte particelle - chiamate "adroni" - più pesanti degli elettroni. Sia la radioterapia convenzionale che l'adroterapia, fanno uso di radiazioni ionizzanti di elevata energia che vengono indirizzate sul paziente.

Protoni e ioni carbonio, quando accelerati ad energie significative, permettono di irradiare i tumori profondi seguendone il contorno con elevatissima precisione, risparmiando in tal modo i tessuti sani circostanti. Tale tecnica viene comunque utilizzata per trattare un'ampia gamma di patologie, non esclusivamente tumorali. L'adroterapia consente quindi di "colpire" il tumore in modo estremamente selettivo, recando meno danni ai tessuti sani circostanti rispetto alla radioterapia con raggi X. Ed è anche più efficace, in quanto permette in alcuni casi di distruggere le cellule di quei tumori che mostrano una certa resistenza alle radiazioni convenzionali. Questa proprietà è particolarmente importante nei casi in cui il tumore sia localizzato presso organi vitali che non devono essere irradiati. Uno ione carbonio rilascia, in ogni cellula attraversata, un'energia circa ventiquattro volte maggiore di quella rilasciata da un protone. Per tale motivo, gli ioni carbonio presentano, per la maggior parte dei tessuti, una maggiore efficacia biologica relativa (EBR) rispetto ai protoni e ai raggi X nel distruggere le cellule radioresistenti che si trovano alla fine del loro percorso, dove si trova il bersaglio tumorale, in quanto le cellule hanno una minore capacità di riparare le lesioni prodotte dagli ioni. Inoltre, poiché i danni indotti dalle radiazioni densamente ionizzanti sono meno dipendenti dalla presenza di ossigeno, esse possono inattivare con maggiore efficienza le cellule costituenti i tessuti tumorali, di norma scarsamente vascolarizzati.

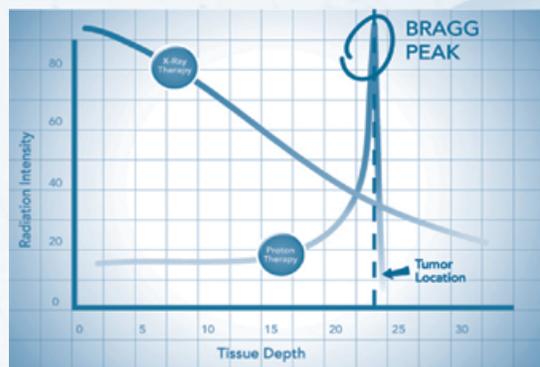


Figura 1 - Distribuzione dell'intensità di radiazione nelle differenti tipologie radioterapiche



Figura 2 - Postazione per protonterapia

Produrre protoni e ioni carbonio ad energie elevate è più difficile e costoso che produrre gli elettroni da 10 o 20 MeV necessari per la terapia convenzionale con raggi X. Soltanto protoni da 200 MeV riescono infatti a penetrare nel corpo fino a 27 cm e a raggiungere così i tumori profondi. Per penetrare fino alla stessa profondità gli ioni carbonio devono essere accelerati a un'energia circa ventiquattro volte maggiore (4.700 MeV), il che implica apparecchiature ancora più grandi.



Per la protonterapia si usano quindi "ciclotroni" di 3-4 metri di diametro, oppure "sincrotroni" di 6-8 metri di diametro. Per la terapia con ioni carbonio si impiegano "sincrotroni" di 20-25 metri di diametro.

Il trattamento viene effettuato per ora solo in poche strutture nel mondo, perché necessita di macchinari tecnologicamente molto sofisticati e costosi. Il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) sarà il primo centro ospedaliero di adroterapia in Italia. Attualmente è in costruzione a Pavia e si prevede che inizierà a funzionare a partire dalla fine di quest'anno.

Per meglio comprendere come l'adroterapia possa essere più precisa ed efficace, consideriamo prima brevemente le caratteristiche degli elettroni e dei fotoni, vale a dire le radiazioni che la radioterapia convenzionale utilizza.

- Gli elettroni non penetrano in profondità nel corpo ma cedono tutta la loro energia nei primi 2 o 3 cm di tessuto al di sotto della superficie cutanea. Gli elettroni sono quindi molto utili per trattare i tumori della cute o comunque i tumori localizzati alla superficie del corpo, ma non possono essere utilizzati per i tumori profondi, che costituiscono la maggioranza dei casi.
- I raggi X penetrano invece in profondità nel corpo del paziente, lo attraversano e fuoriescono dalla parte opposta, cedendo progressivamente la loro energia. Le porzioni del corpo che vengono attraversate per prime ricevono una dose maggiore mentre quelle più lontane ricevono una dose minore.

L'adroterapia non sostituisce la radioterapia convenzionale, che anzi mantiene la sua validità per la maggior parte dei tumori, ma è un'arma in più a disposizione dei pazienti e dei medici in situazioni particolari. Solo la valutazione del singolo caso da parte dei medici specialisti può stabilire l'approccio terapeutico migliore, ed eventualmente l'opportunità di ricorrere all'adroterapia. Questa potrà essere utilizzata in aggiunta od in sostituzione di trattamenti più tradizionali, siano essi radioterapici chirurgici o farmacologici, ma sempre in un contesto multidisciplinare.

Questa particolare tecnica dimostra ancora come anche la ricerca di base, nel caso particolare quella sulle particelle, sia a disposizione dei cittadini e consenta delle "ricadute" applicative in grado di migliorare le terapie per il trattamento di particolari tumori (come quelli del polmone, del fegato, della prostata e del midollo spinale) non curabili con la tradizionale radioterapia. Come si è detto, questa infatti non è in grado di penetrare senza danni fino ad organi che si trovano in zone più interne del corpo umano, mentre con gli ioni carbonio si arriva a colpire, con un fascio estremamente preciso (due millimetri), le cellule cancerose in profondità, in pratica in ogni parte dell'organismo.

Occorre innanzitutto considerare che l'adroterapia è una terapia esclusivamente locale e quindi non è adatta a curare le malattie diffuse o che non siano confinate ad un singolo organo e/o ad i suoi linfonodi tributari.

L'adroterapia non è quindi idonea per i tumori ematologici, come la leucemia ed il mieloma multiplo, così come non è da impiegare nei tumori che hanno già dato metastasi a distanza. *(Potrebbe in teoria essere impiegata per la palliazione dei sintomi delle metastasi, ma dato il limitato numero di centri che la praticano e la conseguente scarsa disponibilità, la si riserva alle situazioni locali dove può essere potenzialmente curativa. Una eccezione è costituita dalle metastasi singole, a livello cerebrale, polmonare od epatico).*

Fonte: CNAO, INFN



cronache

Studi e iniziative AIE in campo energetico e ambientale

Si presentano in sintesi alcuni progetti realizzati e/o in corso all'Agenda Internazionale dell'Energia (AIE) sui temi energetici ed ambientali. Alcuni studi sono già stati presentati a Bali in occasione della tredicesima Conferenza delle Parti della Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (COP 13), altri costituiranno il contributo dell'Agenda per la riunione dei Ministri dell'Energia dei Paesi G8, che avrà luogo

in Giappone a giugno del 2008.

Approcci settoriali per la mitigazione del gas ad effetto serra: il caso dell'industria pesante

Partendo da una disamina della letteratura esistente e sulla base di interviste dirette condotte in alcuni paesi (Australia, Cina, Europa, Giappone e Stati Uniti), lo studio descrive e analizza la validità dell'approccio settoriale, come uno degli strumenti per migliorare l'efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni dei gas serra e potenziare la partecipazione dei Paesi ad economie emergenti (*non-Annex I Countries*).

L'approccio settoriale apparso recentemente nel dibattito internazionale sul cambiamento climatico, è in uso in ambito industriale già da tempo. Tra gli esempi più rilevanti si citano l'iniziativa intrapresa dall'*International Aluminium Institute* (IAI), quella per la produzione sostenibile del cemento (CSI) del *World Business Council on Sustainable Development*, nonché lo sforzo attuato di recente dall'Istituto Internazionale per il ferro e l'acciaio per una produzione con minori emissioni di CO₂. La direttiva europea per il Commercio di permessi di emissione (EU ETS) costituisce un altro esempio, anche se non prescrive ancora un approccio armonizzato per ciascun settore.

In questo contesto, lo studio identifica quattro forme di approccio settoriale (si mantiene la dicitura in inglese):

1. *Country-specific quantitative approach*. Una iniziativa proposta da un paese e limitata a un solo settore, che viene riconosciuta dalla comunità

internazionale (ad es. Parti contraenti alla UNFCCC).

2. *Sustainable development policies and measures (SD-PAMs)*. Un singolo paese si impegna ad adottare politiche per lo sviluppo sostenibile e/o di riduzione di emissioni (ad es. la Conferenza delle Parti contraenti alla UNFCCC).

3. *Transnational quantitative sectoral approach*. L'opzione più attraente che punterebbe a coinvolgere un settore su una base internazionale ampia.

4. *Technology-oriented approaches*. Approccio che va dalla ricerca e sviluppo di tecnologie innovative a basso contenuto di carbonio alla diffusione delle tecnologie esistenti.

La ricerca si focalizza sui settori dell'alluminio, del cemento, del ferro e dell'acciaio, in quanto il loro contributo alle emissioni a livello mondiale è oggi rilevante (10% delle emissioni globali di gas serra) e continuerà a crescere con lo sviluppo continuo delle economie emergenti, in particolare Cina e India.

Un risultato importante emerso dai *case studies* può essere riassunto nel seguente modo: in media l'industria utilizza più efficientemente l'energia nei paesi OCSE ma gli impianti più efficienti si trovano soprattutto nei paesi in via di sviluppo.

La tabella 1 fornisce le statistiche di base sulla produzione, le quote di mercato e di esportazione dei settori oggetto di indagine. Il grado di concentrazione del mercato potrebbe essere un buon indicatore sulla capacità del settore di mobilitare la massa critica necessaria per spingere l'industria a introdurre miglioramenti.

Lo studio si sofferma anche sui principali requisiti che potreb-



dal Mondo

Studi e iniziative AIE in campo energetico e ambientale

2008: anno internazionale della Terra

Boom del fotovoltaico nei paesi OCSE



bero portare ad un uso più diffuso di questo strumento e, soprattutto, incrementare la sua efficacia in termini di riduzione delle emissioni di gas serra a livello globale. Le sfide sono di natura tecnica, istituzionale e politica. Una versione finale dello studio si può trovare sul sito:

www.iea.org/Textbase/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2000

Il finanziamento delle tecnologie a basso contenuto di carbonio nelle economie emergenti

Questo progetto di ricerca ha come scopo finale l'elaborazione di un vero e proprio piano di azione per stimolare e/o meglio indirizzare i flussi di investimenti privati nei paesi emergenti per lo sviluppo di tecnologie a basso impatto ambientale dal lato sia della domanda (tecnologie per l'efficienza energetica) sia dell'offerta (tecnologie delle fonti rinnovabili).

Il campo di indagine riguarderà inizialmente l'India e la Cina e le tecnologie più in uso in questi paesi, per poi estendersi ad altre economie emergenti (Brasile, Messico, Sud-Africa ecc.) e ad altre tecnologie.

In particolare, lo studio fornirà: 1) un quadro conoscitivo sugli investimenti in tecnologie per

Carbon Capture and Storage e tecnologie per l'efficienza energetica negli edifici realizzati in Cina e India nonché sulle condizioni di mercato che hanno consentito l'erogazione dei relativi finanziamenti; 2) una stima degli investimenti complessivi necessari per consentire lo sviluppo di ciascuna tecnologia;

3) una valutazione dei casi di successo e insuccesso per identificare le politiche e gli strumenti finanziari (*partnership* pubblico-privata, micro-credito, *bond* o fondi speciali, assicurazione e riassicurazione ecc.) e le condizioni di mercato più favorevoli per incentivare gli investimenti privati in tecnologie a basso impatto ambientale. In tale ambito saranno avviati dei contatti con la Banca Mondiale e con la *Renewable Energy & Energy Efficiency Partnership* (REEEP) e altri *stakeholders* in grado di fornire informazioni utili allo studio.

La versione finale dello studio è prevista per la metà dell'anno 2009.

Sicurezza nelle forniture di gas naturale

In occasione della riunione dei ministri dell'Energia dei Paesi membri dell'AIE, svoltasi nel maggio del 2007, è stato chie-

sto all'Agenzia di fornire consulenza sui meccanismi e sulle politiche di emergenza per i mercati del gas.

Il programma di lavoro, che dovrà realizzarsi entro la metà dell'anno 2008, ha l'obiettivo di identificare e analizzare i meccanismi e le politiche messe in atto dai paesi membri e fornire alle autorità competenti un chiaro *set* di raccomandazioni e proposte di intervento in tale settore.

A tal fine, è prevista una raccolta di informazioni/dati molto dettagliati che verrà effettuata attraverso un apposito questionario che i paesi membri dovranno compilare entro marzo 2008. Gli argomenti oggetto di indagine riguardano: le statistiche del settore gas e i problemi connessi alla reperibilità dei dati, le politiche nazionali, gli accordi internazionali e le misure legate alla sicurezza del gas, le previsioni sulla domanda e l'offerta del gas e il loro bilanciamento, le risposte del mercato nei casi di emergenza e gli investimenti in nuove infrastrutture.

La raccolta di dati in questo settore, attualmente carente, consentirà di capire le difficoltà nel funzionamento del

Tabella 1 - Statistiche per settore (2004 dove non indicato)

Production	Alluminium Mt/y		Cement Mt/y	Steel Mt/y
	Primary	Secondary		
Total production	33.2 (in 2006)	14.3	2.284 (in 2005)	1.129,6 (in 2005)
% traded	75%		6%	32%(in 2005)
Share of larges firms	54%		<25%	26.4% (in 2005)
Emission	MtCo ₂ eq.		MtCo ₂ eq.	MtCo ₂ eq.
Total emission	360		1930	2165
% total GHG emission	0.9%		4.6%	5.2%

Fonte: IISI, 2006; Waston et al., 2005, Viellefosse, 2006

mercato in caso di emergenza e di fornire in tempo reale valide risposte, garantendo nel contempo maggiore trasparenza all'intero sistema.

Efficienza energetica

La promozione dell'efficienza energetica costituisce una priorità a livello nazionale ed internazionale. L'AIE è stata chiamata e dai Capi di Stato del G8 (2005 Gleeneagles, 2006 San Pietroburgo) a sviluppare analisi strategiche e fornire *policy advice* in materia di efficienza energetica, in particolare nei settori industria, trasporti, apparecchiature elettroniche, illuminazione ed edilizia.

In questo contesto, l'AIE ha elaborato 16 raccomandazioni, le prime quattro delle quali, presentate a San Pietroburgo nel mese di aprile 2006, sono reperibili sul sito <http://www.iea.org/textbase/papers/2006/g8brochureStPet.pdf> e le altre dodici, approvate in Germania nel giugno 2007, sono disponibili sul sito http://www.iea.org/G8/docs/recommendations_heiligen-damm.pdf.

Se il set completo delle politiche proposte venisse adottato globalmente, si otterrebbero significativi risparmi energetici. L'Agenzia stima un risparmio al 2030 compreso tra 1.225 e 1.970 Mtoe/anno e una riduzione delle emissioni compresa tra 4.458 - 6.279 Mt CO₂/anno. Questi risparmi sono equivalenti al 10% del consumo di energia previsto dallo scenario di riferimento del *World Energy Outlook al 2030 (WEO, 2006, p. 492)*.

L'AIE intende seguire lo stato di avanzamento sull'implementazione delle raccomandazioni presso i paesi che si renderanno disponibili a tale scopo.

giuffrida@sede.enea.it
a.mignone@governo.it

2008: anno internazionale della Terra

Il 2008 è stato ufficialmente proclamato dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite come Anno Internazionale del Pianeta Terra (IYPE), con l'obiettivo principale di costruire una società più sicura, più sana e più ricca se le conoscenze e l'esperienza di scienziati mondiali verrà utilizzata più efficacemente. Le iniziative vogliono contribuire a raggiungere gli obiettivi programmati per lo sviluppo sostenibile, verso un uso più consapevole dei materiali e le risorse della terra e per sviluppare migliori progetti e una più efficace amministrazione, per ridurre i rischi per tutto il mondo.

Attraverso numerosi eventi programmati nel corso del 2008, si cercherà di attrarre giovani studenti verso le varie facoltà e indirizzi delle geoscienze, ed evidenziare al grande pubblico l'importanza delle scienze della Terra per il nostro futuro. Si cercherà di incoraggiare i leader politici ad utilizzare le conoscenze già disponibili ed applicarle nelle loro politiche nazionali.

Inoltre, l'Anno Internazionale intende richiamare gli scienziati ad approfondire e continuare i loro studi e le loro ricerche su dieci grandi temi particolarmente attuali per la società, come la salute, il clima, gli oceani, il terreno, il sottosuolo, le megacittà, i rischi ambientali, le risorse naturali e la vita.

La cerimonia di inaugurazione ufficiale dell'IYPE, si è svolta a Parigi il 12-13 febbraio, alla presenza del presidente Sarkozy e

numerose autorità provenienti da tutto il mondo; il Presidente dell'APAT, Giorgio Viglione, guidava la delegazione italiana del Comitato tecnico-scientifico della Commissione IYPE composta da rappresentanti ENEA, CNR, INGV, IGCP, Commissione Italiana UNESCO e Comitato Stato-Regioni.

Boom del fotovoltaico nei paesi OCSE

La task IEA Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PV-PS) ha pubblicato un rapporto con dal titolo *Trends in photovoltaic applications. Survey report of selected IEA countries*, che fornisce una panoramica delle applicazioni fotovoltaiche e dei mercati dei paesi industrializzati, analizzando le tendenze nelle installazioni e nei mercati nazionali nel quinquennio 1992-2006. Obiettivo del lavoro è stato quello di fornire uno strumento informativo per le aziende e una guida per i responsabili dei governi nazionali e locali, per la definizione di misure di politica energetica e per la preparazione dei piani energetici.

Alcuni dati che emergono dal rapporto confermano quelli rilevati in altri documenti internazionali. Ad esempio, si stima che la potenza installata nei paesi valutati nel rapporto (19 paesi OCSE) sia cresciuta del 36% nel biennio 2005-2006, raggiungendo una potenza cumulata di 5,7 GW, con circa 1,5 GW di potenza installata nel solo 2006. Va però notato che circa l'82% di questa capacità è stata realizzata in due Stati: Germania e Giappone.



In crescita il mercato degli inverter solari

Il boom delle energie rinnovabili in Europa sta creando nuove opportunità per gli inverter solari. Gli inverter servono a convertire la corrente elettrica continua generata dalla luce solare tramite i moduli fotovoltaici in corrente alternata per la connessione alla rete elettrica. Sono spesso usati anche su barche, caravan, apparecchi elettrici e attrezzi da lavoro elettrici.

Un recente studio della Frost & Sullivan ha formulato le previsioni sul futuro. La Germania, paese che produce e compra la maggior parte degli inverter so-

lari riafferma la *leadership* in virtù di una legge sulle fonti rinnovabili del 2000 che offre quattro volte il prezzo di mercato per l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili per 20 anni grazie ai generosi incentivi del governo.

Sebbene meno sviluppati, ma in crescita i mercati in Italia, Regno Unito, Austria, Svizzera, Danimarca e Olanda, mentre promettono bene Grecia e Portogallo. In generale il mercato degli inverter europeo risulta fortemente competitivo visto il numero di operatori, di nuovi entranti e il livello di innovazione.

Il premio Cartesio 2007 ad "Epica"

La Commissione Europea ha assegnato il prestigioso premio Cartesio 2007 per l'eccellenza scientifica al Progetto Europeo "EPICA" (*European Project for Ice Coring in Antarctica*) che prevedeva la perforazione profonda del ghiaccio della calotta orientale dell'Antartide per studi sull'evoluzione del clima degli ultimi 820 mila anni. Il Premio Cartesio (*European Science Awards, Descartes Prize for Collaborative, Transnational Research*), varato nel 2000, è un riconoscimento per importanti ricerche svolte in campo scientifico e tecnologico grazie a collaborazioni e partnership in tutta Europa.

I ghiacci polari costituiscono l'archivio naturale più dettagliato e completo della storia del clima e dell'atmosfera terrestre, e rappresentano una risorsa di fondamentale importanza per gli studi sul

"Global Change". In particolare, le bolle d'aria racchiuse negli strati di ghiaccio dell'Antartide rappresentano l'unica testimonianza disponibile della concentrazione dei gas serra nei periodi precedenti alla metà del XX secolo, e permettono di individuare il brusco aumento di gas ad "effetto serra" nell'atmosfera associato alle attività umane (utilizzo di combustibili fossili, variazioni dell'uso del suolo ecc.).

A partire dagli anni 90, la comunità scientifica europea si è raccolta intorno all'ambizioso progetto tecnologico di perforazione e di ricerche paleoclimatiche EPICA con lo scopo di recuperare e studiare due carote di ghiaccio profonde nella calotta antartica orientale: la prima perforazione, nel settore della calotta rivolto verso l'Oceano Pacifico presso la Stazione italo-francese di Concordia a Dome C, è terminata nel dicembre 2004; la seconda, nel settore prospiciente l'Oceano Atlantico, presso la Stazione tedesca di Kohnen a Dronning Maud Land, è terminata nel 2006.

Ad EPICA partecipano 10 nazioni europee; per l'Italia, coordinati dall'Università degli Studi di Milano-Bicocca, partecipano ricercatori delle Università di Firenze, Venezia, Trieste, Parma, Milano, Bologna e Modena, dell'ENEA, del CNR di Pisa e dell'INGV.

L'ENEA ha assicurato il coordinamento logistico e tecnologico alle attività di perforazione. Le ricerche italiane sono gestite dal Consorzio per l'attuazione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA S.C.r.l.) costituito da ENEA, CNR, INGV e OGS.

dall'Unione
Europea

In crescita il mercato
degli inverter solari

Il premio
Cartesio 2007
ad "Epica"

cronache

IMPLART: protoni per la lotta ai tumori

IMPLART è un progetto altamente innovativo per la cura dei tumori tramite un *acceleratore lineare per protonterapia*, che verrà installato presso l'IFO-Istituto Tumori Regina Elena di Roma e sarà l'unico nel centro-sud Italia. La protonterapia offre importanti vantaggi rispetto alla radioterapia tradizionale basata su fasci di fotoni o elettroni soprattutto per la minore invasività nei confronti dei tessuti sani circostanti il tumore.

L'acceleratore, basato su un brevetto ENEA e sviluppato in collaborazione tra ENEA, Istituto Superiore di Sanità e IFO, è composto da due sottoinsiemi, montati in sequenza che forniscono il fascio adatto a due prestazioni mediche indipendenti, in un *range* di energia compreso tra i 140 MeV e i 230 MeV. È prevista anche l'uscita di fasci dedicati ad esperimenti di biologia cellulare e molecolare.

Il macchinario, che sarà fruibile per la sua prima fase dopo 3 anni dall'inizio dei lavori, sarà completato in 5 anni per un costo di 30 milioni di euro, che la Regione pagherà con fondi propri e utilizzando i finanziamenti europei per la ricerca, presenta diversi aspetti innovativi e di unicità, in quanto i Centri di protonterapia esistenti o in costruzione a livello mondiale prevedono tutti l'impiego di ciclotroni o sincrotroni, commerciali o non, molto costosi e invasivi anche dal punto di vista edile.

La presenza nella Regione Lazio di un Centro di protonterapia in grado di trattare circa 900 casi per anno favorirebbe anche la ricerca clinica sull'applicabilità della protonterapia ad una sempre più vasta gamma di tumori.

Lo sviluppo del Centro offre, inoltre, la possibilità di coinvolgere, sin dall'inizio, PMI che si occupano di meccanica di precisione, impianti di radiofrequenza e microonde, impiantistica, sistemi da vuoto, elettronica, sistemi di diagnostica, sistemi di controllo e sicurezza, in un settore in cui si aprono interessanti possibilità di mercato. L'ini-

ziativa potrebbe così servire da volano per la realizzazione di una realtà industriale italiana nel settore degli acceleratori medicali e più in generale delle apparecchiature elettro-medicali.

Il progetto IMPLART si colloca all'interno del Protocollo d'intesa tra Regione Lazio ed ENEA, firmato il 18 febbraio dal Presidente del Lazio Piero Marrazzo e dal Presidente ENEA Luigi Paganetto, che prevede cooperazione per l'attuazione di progetti, programmi di ricerca, sviluppo e innovazione finalizzati ai bisogni economici e sociali della Regione Lazio; sostegno alle attività svolte da imprese finalizzate allo sviluppo del sistema produttivo in diversi settori ritenuti strategici; trasferimento del sistema di conoscenze verso il sistema delle piccole e medie imprese.

Il Protocollo, di durata triennale e rinnovabile per altri 3 anni, prevede che la collaborazione tra Regione ed ENEA si realizzi in diversi ambiti, come l'ambiente, lo sviluppo sostenibile, le biotecnologie, le tecnologie nucleari, fisiche e per l'energia, le fonti rinnovabili ed il risparmio energetico.





Valutazione di impatto ambientale nella Valle di Bamiyan

L'insediamento rupestre nella Valle di Bamiyan, a nord ovest di Kabul, in Afghanistan, è stato dichiarato patrimonio dell'Umanità dall'UNESCO, l'agenzia delle Nazioni Unite. L'elemento più spettacolare dell'insediamento dove si era sviluppato il più importante centro di culto buddista lungo la Via della Seta erano due statue di Buddha scolpite tra il VI e il VII secolo d.C., la più grande sfiorava i 53 metri di altezza,



Grande statua del Buddha di Bamiyan (a sinistra, le persone alla base rendono chiare le dimensioni) e sua distruzione (a destra)

l'altra 38 metri. Fino al marzo 2001, quando i talebani del mullah Omar, in un impeto iconoclasta, sbriciolarono con dinamite e cannoni le due statue, come mostrato in figura 1. Quelle cannonate fecero conoscere il volto talebano al mondo, forse più che le donne imprigionate nel burka o le prediche di Bin Laden.

Autorevoli restauratori e archeologi si sono dichiarati molto scettici a proposito dei tempi e del risultato di una ricostruzione delle due statue per anastilosi, cioè a partire dalle decine di migliaia di frammenti originali delle statue. In questo contesto, il governo afgano ha accettato la proposta dell'artista giapponese Hiro Yamagata di ricreare l'immagine dei Buddha di Bamiyan usando 14 raggi laser di vari colori che disegnano le immagini delle statue all'interno delle enormi nicchie in cui erano stati scolpiti. I sistemi laser possono essere alimentati tramite energia solare. Se approvato dall'UNESCO, il progetto, del costo di 9 milioni di dollari e finanziato da sponsor, richiederebbe meno di due anni per essere completato. L'UNESCO, nella persona del

Direttore del World Heritage Centre, ha chiesto a Claudio Margottini, dell'ENEA, responsabile dei lavori di consolidamento della rupe, una valutazione tecnica della documentazione di accompagnamento presentata dall'artista giapponese. Margottini con l'assistenza di Guido Martini (anch'egli dell'ENEA) ha richiesto al Laboratorio Eccimeri del CR di Frascati una perizia tecnica per valutare l'impatto della radiazione laser sulle rocce dell'insediamento rupestre. Il Laboratorio Eccimeri sin dal 1992 ha acquisito competenze e notorietà internazionale per importanti lavori sperimentali sia sui processi fisici dominanti nell'interazione tra radiazione laser e materiali di varia natura, sia per la generazione di plasmii ottenuti focalizzando impulsi di luce Laser su bersagli solidi. Dopo aver considerato e combinato i principali parametri fisici a disposizione (lunghezze d'onda emesse dai diversi sistemi laser, durata temporale di ciascun impulso laser, divergenza dei fasci laser, intensità di luce incidente sulla roccia, coefficiente di assorbimento della roccia alle varie lun-

dall'ENEA

Valutazione di impatto ambientale nella Valle di Bamiyan

Progetto "Duplicazione e Rinascita"

La ricerca sul nucleare

cronache



ghezze d'onda, periodo di tempo medio giornaliero di funzionamento dei laser, calcolo di intensità di irraggiamento secondario da plasma) si è giunti alla conclusione che l'unico dei 14 sistemi laser potenzialmente in grado di provocare problemi è il Nd-YAG con generazione di seconda armonica a 532 nm. Tra l'altro, questo laser genera un irraggiamento fotonico superiore alla intensità di irraggiamento solare alla latitudine della Valle di Bamiyan (media a gennaio: circa 90 W/m², media a luglio circa 250 W/m²). Tuttavia, considerando il principale parametro critico di impatto sulla roccia dato dall'integrale nelle 24 ore dell'energia luminosa incidente, risulta che l'energia laser è confrontabile con quella solare. Inoltre, la massima intensità laser incidente sulle rocce (pari a 800 W/m²) è circa un milione di volte inferiore alla intensità necessaria a generare un sia pur debole plasma da ablazione delle rocce del Bamiyan, e questo esclude la possibilità di effetti causati da un irraggiamento secondario da elettroni generati dal processo ablativo che porta alla formazione del plasma. In definitiva, la relazione consegnata al Direttore del World Heritage Centre dell'UNESCO ha concluso che, dati i parametri fisici di irraggiamento e le caratteristiche chimiche e geologiche delle rocce della Valle di Bamiyan, si può dedurre che i sistemi laser proposti per ricreare un disegno delle statue di Buddha nelle loro nicchie originali non possano arrecare alcun danno macroscopico alla struttura dell'insediamento rupestre.

Le medesime conclusioni sono state raggiunte in modo indipendente e tramite considerazioni diverse da una seconda relazione di esperti del Laser Research Institute, Università di Stellenbosch e del National Laser Centre CSIR.

dilazzaro@frascati.enea.it

mura@frascati.enea.it

Progetto "Duplicazione e Rinascita"

Un convegno sulle tecnologie di recupero e salvaguardia dei reperti archeologici iracheni è stato organizzato da ENEA e Università di Pisa, in collaborazione con l'Associazione Geoarcheologica Italiana, il 14 marzo presso la sede ENEA di Roma.

Obiettivo dell'appuntamento è stata la presentazione del Progetto "Duplicazione e Rinascita", finanziato dal Ministero degli Esteri, avente come scopo la catalogazione dei reperti e dei testi dello "Iraq Museum of Baghdad", recentemente devastato dai noti eventi bellici, con la messa a disposizione dello stesso Museo delle tecnologie innovative messe a punto durante gli studi. Il Progetto prevede la riproduzione virtuale di tavolette d'argilla e di reperti archeologici riportanti iscrizioni in cuneiforme, nonché la creazione di veri e propri modelli per scopi scientifici e didattici. Sebbene il complicarsi della crisi irachena non abbia permesso di avviare il Progetto nella città di Baghdad, gli studi sono stati ef-

fettuati direttamente sul materiale già trattato nelle pubblicazioni scientifiche.

La prima azione è stata la catalogazione del materiale filologico del Museo (testi), senza trascurare anche altri tipi di reperti archeologici.

Le fasi salienti dell'attività sono state:

- ricerca di notizie sui testi del museo pubblicati;
- catalogazione informatica dei reperti, in particolare le tavolette;
- utilizzazione del Progetto ENEA "kima labirisu" ("come il suo originale") per la scansione e la duplicazione di tavolette cuneiformi mediante tecnologie altamente innovative e strettamente connesse l'una all'altra, quali l'Ingegneria inversa (Reverse Engineering), la Prototipazione rapida (Rapid Prototyping) e Rapid Tooling.

L'Ingegneria inversa, e la scansione laser in particolare, hanno consentito la duplicazione virtuale in 3D dei testi, quasi sempre incisi su tavolette bombate e iscritte sia su entrambi i lati sia sui margini, e per questo di difficile lettura attraverso la fotografia bidimensionale.

La Prototipazione rapida ha poi permesso di costruire delle repliche (calchi) delle tavolette; operazione resa attualmente quasi impossibile dall'orientamento delle Autorità dei Musei di non consentire l'esecuzione di calchi con metodi tradizionali, potenzialmente distruttivi. Grazie alla duplicazione virtuale è stato possibile con-



sultare e leggere tutti i lati della tavoletta che, ruotando sullo schermo, può essere facilmente studiata al computer senza che sia necessario toccarla direttamente.

Altra possibilità è quella dell'esame virtuale degli oggetti partendo da frammenti dei reperti, provenienti anche da musei diversi, prima della ricostruzione finale.

La tecnologia consente inoltre la creazione di un vero e proprio archivio virtuale. Il Progetto infine è applicabile ad altri reperti archeologici, la cui catalogazione e restauro possono essere complicati, come ad esempio ritenuti troppo delicati per essere spostati dalla loro sede naturale.

In occasione del convegno, sono state messe in mostra 7 tavole originali, già studiate e tradotte, con accanto altrettante copie realizzate con la nuova procedura. Si è trattato di sette casi di contratti di vendita per terreni, con elenco di testimoni e importanti sigilli risalenti al periodo paleo-babilonese, tra il 18° e il 19° secolo a C., provenienti dal Regno di Larsa.

La ricerca sul nucleare

Il potenziale utilizzo nei prossimi anni dell'energia nucleare sta assumendo una valenza sempre più strategica, coinvolgendo trasversalmente non solo il mondo produttivo, ma in ugual modo, anche quello della ricerca ed istituzionale.

Il Workshop "ENEA e la ricerca sul nucleare", organizzato il 10 aprile a Roma dall'ENEA, ha inteso essere un'occasione di riflessione sui programmi di ricerca in corso ed i relativi obiettivi, sia nel campo della fusione che nel campo della fissione, ponendo l'accento sulla cooperazione tra enti di ricerca ed università e sullo sviluppo di ulteriori sinergie, in relazione ai nuovi programmi comunitari ed internazionali.

Nel nostro Paese - ha ricordato il Presidente ENEA Luigi Paganetto - il mantenimento della cultura e delle competenze nel settore nucleare è affidato all'ENEA, responsabile del presidio scientifico e tecnologico nazionale in tema di energia nucleare, che promuove e svolge attività di ricerca nucleare di base e applicata, per le quali esplica il ruolo di advisor tecnico-scientifico per il Governo centrale.

A tale proposito, il dossier presentato dall'ENEA sulle attuali attività di ricerca nel settore del nucleare da fusione e da fissione ha costituito lo spunto per discutere gli obiettivi della ricerca di settore di medio-lungo termine, definendo le conseguenti eventuali necessità organizzative, di competenze, di laboratori, di impianti ed infrastrutture.

Ma è servito anche a evidenziare e discutere eventuali nuove proposte di ricerca, mirate alla risoluzione delle problematiche ancora aperte. Si è perciò posto l'accento sull'efficienza dei sistemi e l'uso razionale delle materie

prime, sugli obiettivi di non proliferazione, sulla minimizzazione dei rifiuti radioattivi e il loro smaltimento.

Si è infine cercato di valutare i nuovi potenziali impieghi della fonte nucleare e quindi le conseguenti necessità di sistema e di ricerca e sviluppo.

Il futuro a lungo termine sta nel programma di ricerca sulla fusione, che sin dalle sue origini ha avuto una dimensione europea per poi arrivare all'attuale scala mondiale, diventando una delle sfide tecnologiche del nostro tempo per rendere disponibile una fonte di energia sostenibile, di larga scala, sicura e praticamente inesauribile. Nell'attesa del primo reattore a fusione dimostrativo DEMO nel 2036, previsto dopo la sperimentazione con il reattore ITER a partire dal 2017, si potrebbe sfruttare la fissione nucleare. Magari quella dei reattori di IV generazione, più sicuri e con meno scorie, sui quali sta ora partendo l'attività di ricerca a livello mondiale.

Ma su questo tema il nodo cruciale è nella creazione di un sistema nazionale che tenga conto dei problemi dello smaltimento delle scorie e della sicurezza dei relativi depositi di stoccaggio, che abbia un corpo di norme per la regolamentazione del settore e un'industria disposta a fare investimenti. Per questo è necessario aprire un dibattito al quale l'ENEA ha il compito di fornire tutti gli elementi necessari per affrontare consapevolmente il processo decisionale.

Bionergy World Europe 2008

Dal 7 al 10 febbraio si è tenuta a Verona la manifestazione "Bioenergy World Europe 2008", dedicata alle tecnologie ed ai sistemi più innovativi relativi alle diverse filiere bioenergetiche nell'ambito della 108ª edizione della Fieragricola, punto di riferimento a livello nazionale e internazionale per il settore agricolo e la zootecnia. Bioenergy World ha offerto la possibilità ai visitatori di approfondire le conoscenze sullo stato dell'arte, le opportunità di mercato, gli aspetti economici,

tecniche e pratici utili a sviluppare un'attività inerente la bioenergia.

A tal fine la manifestazione è stata strutturata attraverso:

- incontri di business con professionisti ed esperti del settore;
- mostra di aziende e istituzioni di ricerca nell'area espositiva;
- dibattito attraverso le presentazioni a carattere internazionale nell'area Forum.

L'ENEA, ha partecipato all'evento organizzando, insieme ad altri partner, uno spazio dedicato alle agroenergie, specificamente indirizzato alla realtà agricola italiana.

Lo stand, denominato Spazio-Bioenergie, è stato organizzato insieme all'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel Settore Agro Forestale della Toscana, al Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura e Legambiente e suddiviso in spazi informativi dedicati ad esperienze su tre principali filiere agroenergetiche: olio/biodiesel, legno e biogas.

Per le esperienze e la fattibilità della filiera biogas ha collaborato anche il Centro Ricerche Produzioni Animali (CRPA) di Reggio Emilia.

Presso lo stand, allestito con diversi pannelli a cura dell'ENEA, erano in distribuzione pubblicazioni ed opuscoli utili ad illustrare le attività dell'Ente sul tema oggetto della manifestazione. All'interno dello Spazio Bioenergie si sono tenuti, in un'apposita sala conferenze, numerosi seminari di approfondimento organizzati con la formula del *question time*, ovvero con brevi esposizioni da parte di esperti ed interazione con il pubblico. Tra i molteplici incontri quattro han-

no visto la partecipazione di ricercatori ENEA impegnati ad illustrare il ruolo dell'innovazione tecnologica e di sistema per l'affermazione delle agroenergie nel contesto italiano. In particolare, Vito Pignatelli ed Ilario Piscioneri hanno discusso delle colture innovative per il Mediterraneo, da anni oggetto di ricerca presso il CR ENEA della Trisaia, evidenziandone le potenzialità ma anche gli ostacoli per il passaggio dalla fase sperimentale al campo. Giovanni Giuliano, ha presentato le prospettive dell'impiego di microalghe per la produzione di biodiesel e bioidrogeno ed il ruolo delle biotecnologie per il miglioramento dell'efficienza dei processi.

Nicola Colonna ha condotto un incontro sulle prime esperienze italiane di distretti agroenergetici finalizzati a promuovere le produzioni di energia da biomasse in territori specifici, a partire dalle risorse che l'agricoltura locale mette a disposizione. Infine Giacobbe Braccio ha discusso dello stato dell'arte della gassificazione di biomasse evidenziando le potenzialità, gli aspetti critici e le prospettive per l'affermazione di tale tecnologia.

colonna@casaccia.enea.it

Futuro in miniatura

Con la creazione nel 2003 di un organismo di promozione delle nanotecnologie denominato MNT (Micro and Nanotechnology Network), il governo britannico si è fortemente impegnato in una strategia di lungo termine finalizzata a potenziare gli investimenti in questo settore. MNT ha negli anni consolidato una struttu-





ra tale da garantire il pieno perseguimento dello sviluppo delle nanotecnologie, dalla fase di ricerca e progettazione sino al lancio finale del prodotto nel mercato.

A fine novembre 2007 si è tenuta a Londra la Seconda Edizione di UK Nanoforum, un evento che ha cercato di mettere in luce l'eccellenza dell'industria britannica nel settore delle nanotecnologie, concentrando l'attenzione su: bionanotecnologia, nanomedicina e salute; nanomateriali, compresi rivestimenti e nanoparticelle; nano-progettazione e integrazione; metrologia e standard.

Di particolare interesse per le aziende che sono orientate verso le soluzioni nanotecnologiche sviluppate in modo innovativo, in termini di tecnologia, prodotto, assistenza e servizi. L'evento ha voluto essere un'importante opportunità per le imprese che intendono trovare partner affidabili oltre che una solida piattaforma per quelle interessate ad investire nell'area della Ricerca & Sviluppo nel Regno Unito.

Per proseguire l'opera di divulgazione sul tema, il 14 e 15 gennaio presso l'Ambasciata britannica di Roma a Villa Wolkonsky, la nanotecnologia e le sue numerose applicazioni sono state al centro del Workshop "Nanosciences, nanotechnologies, Materials and new Production technologies", organizzato in collaborazione con il London Centre for Nanotechnology (LCN), il Centro interdipartimentale NAST dell'Università di Roma Tor Vergata e il Centro interuniversitario L-NESS di Como. Nel corso dell'incontro sono stati discussi gli sviluppi delle nanotecnologie in vari campi della ricerca, oltre alle tecniche dell'ultra-miniaturizzazione e della produzione molecolare, grazie

alle quali è possibile creare prodotti intelligenti ed eco-efficienti. La possibilità di svolgere una grande varietà di compiti grazie a dispositivi estremamente piccoli, che richiedono quantità di materiali ed energia minime, rende infatti possibile contribuire in modo decisivo allo sviluppo sostenibile.

Nuove frontiere del Bio

L'agricoltura, come gli altri settori, deve inevitabilmente affrontare la sfida di nuovi modelli di produzione in chiave ambientalmente e socialmente sostenibile e, nello stesso tempo, favorire nei consumatori una maggiore consapevolezza sull'importanza del valore della provenienza, dell'origine e della qualità dei suoi prodotti. È stato questo lo scopo del Convegno "Avanzamento delle conoscenze e agricoltura biologica: le nuove frontiere per il Bio", organizzato il 16 aprile a Roma presso il CNR dal Dipartimento Agroalimentare del CNR, in collaborazione con il Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura (CRA) e l'Associazione italiana per l'agricoltura biologica (AIAB). Nel Convegno, in accordo alle priorità tematiche del VII PQ, sono stati esplorati da parte di esperti del CNR, del CRA e dell'ENEA (Nicola Colonna e Massimo Iannetta) vari campi di ricerca per la protezione delle piante che spaziano dalle applicazioni di modellistica, alla microbiologia, dall'ecologia del terreno, della pianta e della rizosfera, all'applicazione delle tecnologie dell'informazione. In particolare per quanto riguarda il campo

fitosanitario, sono stati presentati studi sulla resistenza delle colture agli attacchi di patogeni e parassiti, evitando l'impiego di sostanze nocive per l'ambiente e per l'uomo. Sono stati, inoltre, affrontate le problematiche legate alla produzione di seme biologico che comportano, tra l'altro, la selezione di nuove varietà più rustiche, la messa a punto di nuovi metodi/trattamenti di conservazione della semente, l'individuazione di geni di resistenza e la diagnosi sanitaria.

In considerazione della particolare attenzione rivolta alla prevenzione del danno ambientale, alla tutela igienico-sanitaria ed al *welfare* animale sono state anche esaminate le ricadute rilevanti che potranno avere le ricerche più avanzate nel campo della proteomica, della citogenetica, della genetica e della fisiologia animale.

E non vanno dimenticati gli incoraggianti risultati raggiunti dalla ricerca nel vasto campo della gestione sostenibile dell'agro-ecosistema, con particolare attenzione all'agricoltura di precisione ed alle problematiche connesse alla risorsa acqua, la cui criticità legata alle variazioni climatiche.

E proprio il crescente e rinnovato interesse verso le agrienergie è stata occasione di un'analisi critica sulla reale sostenibilità ambientale, economica e sociale di alcune filiere agrienergetiche attualmente proposte: il mondo della ricerca dovrà impegnarsi a dare risposte concrete nell'immediato e a prospettare nuove soluzioni per domani capaci di fornire un contributo significativo su temi ineludibili della diversificazione delle fonti di energia e della mitigazione dei cambiamenti climatici.



cronache

**State
of the World 2008**
Innovazioni per una
economia sostenibile

WorldWatch Institute

Edizioni Ambiente, 2008,
pagine 496, euro 20,00.

Quest'anno il Worldwatch Institute focalizza il proprio Rapporto (il 25° della serie e il 21° pubblicato in Italia) su alcuni temi legati alla gestione locale delle risorse e alle strategie di coinvolgimento dei cittadini e delle comunità, nell'ottica di una transizione verso un'econo-

mia più attenta agli effettivi bisogni delle popolazioni.

Ripensare i nostri modi di produrre e di consumare, costruire un'economia a basso contenuto di CO₂, proteggere le risorse idriche e quelle alimentari, rafforzare le comunità anche attraverso una più attenta gestione di tutto ciò che è 'bene comune': molte sono le esperienze e le soluzioni descritte nel volume. Un processo già in corso che conduce alla riformulazione degli stessi parametri con cui misuriamo i concetti di sviluppo, progresso e benessere.

Tutti i dati scientifici a disposizione indicano che è ormai necessario voltare pagina e trovare strade alternative che non perseguano più la crescita materiale e quantitativa quale obiettivo finale. Come ricorda Gianfranco Bologna, che ha curato l'edizione italiana, il concetto di 'crescita sostenibile' non è altro che un aggiustamento alla visione tradizionale, mentre lo 'sviluppo sostenibile', costituisce un'alternativa all'ideologia della crescita. Uno sviluppo sostenibile si basa su una economia del mantenimento, del miglioramento qualitativo, della condivisione, della frugalità, e dell'adattamento ai limiti naturali: è una economia del 'meglio', non del 'più grande'. Al pari delle altre grandi rivoluzioni, ci vorranno secoli prima che si dispieghi pienamente la rivoluzione della sostenibilità, benché già in atto. Non obbedirà a questo o a quel programma di governo ma sarà or-

ganica e scaturirà dall'immaginazione, dall'intuizione, dagli esperienze e dalle azioni di miliardi di individui: nessuno ne avrà il merito, ma a tutti è dato contribuire. E gli strumenti che il volume concretamente indica per cercare le soluzioni sono cinque: l'immaginazione, le reti sociali, l'onestà intellettuale, l'apprendimento, l'amore. Nell'Introduzione, il presidente del Worldwatch Institute Christopher Flavin ribadisce che, in un mondo i cui limiti fisici sono sempre più evidenti, la crescita materiale non potrà continuare all'infinito; anche perché si tratta di una crescita esponenziale che investe paesi immensi e popolosi come la Cina e l'India. I limiti saranno raggiunti, e presto, in modo più rapido e catastrofico di quanto persino i più lungimiranti tra gli scienziati siano stati in grado di prevedere. Dalla scarsità inarrestabile dell'acqua alle impennate nei prezzi del greggio, fino alla pressoché totale sparizione dei banchi di pesca, i sistemi ecologici che sostengono l'economia globale sono sottoposti a un logorio sempre più pesante. Qualsiasi economista sia convinto di poter condurre un'analisi del mondo economico come se questo fosse separato dal mondo fisico avrà grossi problemi a trovare lavoro nei prossimi anni.

L'incessante progresso umano, sia materiale sia spirituale, prosegue Flavin, dipende oggi da una trasformazione economica più profonda di quanto non si sia visto nel secolo scorso: e





un mondo costituito da limiti richiederà un cambiamento. Le teorie economiche convenzionali che, senza tenere conto di questo aspetto, hanno finora prevalso, dovranno lasciare il passo alla realtà delle economie sostenibili, che non ripudiano i principi dell'economia di mercato, a cominciare dalla capacità di ricorrere con oculatezza a risorse sempre più scarse, ma che allo stesso tempo riconoscono esplicitamente che l'economia umana non è che una parte dell'ecosistema globale che la racchiude. È questo il concetto di sostenibilità che, partendo dall'analisi dei limiti economici imposti dal mondo fisico, propone un'ampia gamma di idee innovative per ristabilire un equilibrio tra economia ed ecosistema globale.

Lo *State of the World 2008* è dedicato appunto a queste innovazioni, necessarie a rendere possibile l'avvento dell'economia sostenibile: dal nuovo approccio alla produzione industriale ai nuovi indici di progresso economico, dalla microfinanza allo sviluppo dei mercati per le emissioni di gas serra fino alla protezione della biodiversità.

Una economia basata sull'ecologia o sulla sostenibilità richiederà cambiamenti di lunga durata e a tutti i livelli: accademici, pratici e politici. Stabilire prezzi per beni e servizi che tengano conto dei costi e dei benefici ambientali è uno di questi; facile in linea di principio, meno facile da far accettare ai singoli individui e alla classe politica.

L'economia sostenibile, se vorrà prevalere, dovrà anda-

re incontro ai bisogni delle persone non meno che a quelli del pianeta. Le popolazioni dei paesi in via di sviluppo, che non hanno tratto alcun beneficio dall'immensa crescita dell'economia globale nell'ultimo secolo, hanno tutte le intenzioni di recuperare terreno nei prossimi anni. Sarà allora ancor più gratificante constatare come lo stesso tipo di innovazioni (dai computer portatili da 100 dollari all'irrigazione a goccia) che potranno contribuire a migliorare la qualità dell'ambiente, generino a loro volta un nuovo modo di pensare e praticare l'agricoltura, la salute e l'istruzione nelle comunità rurali più povere.

"Non possiamo risolvere i problemi se non abbandoniamo il modo di pensare che li ha creati": è una frase di Albert Einstein che andrebbe incorciata bene in vista nelle classi dove si studia economia, nelle sale riunioni delle imprese e nelle aule in cui i legislatori decidono le direttive politiche di questo mondo.

Oltre Kyoto - Cambiamenti climatici e nuovi modelli energetici

Aldo Iacomelli

Muzzio, 2007, pagine 361,
euro 24

Lo spunto del libro è contenuto nella prefazione, una sorta di lunga lettera

a due bambini (presumibilmente i figli), che l'autore invita ad osservare la natura, cogliendo i segnali minimi del cambiamento. "Basta poco per avere grandissime differenze. Ad esempio, l'uomo condivide il 98,5% del patrimonio genetico con lo scimpanzè bonobo; tale piccola differenza, pari al solo 1,5% nella composizione dei geni, è però responsabile di due risultati piuttosto diversi: in un caso il simpatico e intelligente scimpanzè e nell'altro l'Homo sapiens sapiens." Sono le piccole cose a produrre grandi differenze: allo stesso modo, qualche grado nella temperatura o pochi millimetri di pioggia possono causare grandi mutamenti.

Il libro parte dall'analisi del "Quarto Rapporto sullo Stato del Clima" dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) delle Nazioni Unite, pubblicato nel 2007, dal momento che il problema del surriscaldamento globale e del correlato rischio di trasformazione del clima è, per ormai quasi unanime parere del mondo scientifico - e dell'autore di questo libro nello specifico - da attribuirsi all'attività antropica. Il rapido sviluppo industriale del XX secolo ha determinato la comparsa di elevati livelli di contaminazione dell'ambiente, e successivamente l'utilizzo su larga scala dei combustibili fossili ha contribuito ad alterare ulteriormente il delicatissimo equilibrio naturale. Tutto ciò serve a rappresentare quanto la crisi climatica in atto sia significativa.



cronache

L'autore (ingegnere chimico, Segretario Generale di ISES Italia e membro dal 2006 della Commissione IPCC per il rilascio delle autorizzazioni integrate ambientali) passa poi ad analizzare tutte le tappe che hanno portato all'attuale quadro internazionale in tema di sviluppo sostenibile che a suo vedere, e prendendo in prestito la definizione che ne aveva data nel 1991 l'economista Daly, ovvero "lo sviluppo che si mantiene entro la capacità di carico degli ecosistemi", si articola nelle quattro dimensioni della sostenibilità economica, sociale, ambientale e istituzionale.

L'autore offre quindi una disamina esaustiva del Protocollo di Kyoto, dei mercati dell'energia, della modernizzazione tecnologica nel settore energetico, dei costi ambientali, con dei focus approfonditi sull'Italia.

Per tornare allo spunto iniziale del libro, Iacomelli sottolinea come anche la tutela dell'ambiente si muova compiendo piccoli passi e come lo stesso Protocollo di Kyoto, dunque, sia piccola cosa. Ma Kyoto ha rappresentato l'inizio di un processo che deve necessariamente continuare, con il coinvolgimento di Stati Uniti, Cina, Brasile, India ad assumere impegni vincolanti di riduzione delle emissioni di gas serra. E andare poi oltre Kyoto diventa necessario, utilizzando tutti gli strumenti tecnologici ed economici utili a cambiare i modelli energetici e a sviluppare nuovi mercati, creando occupazione e benessere, nel rispetto dell'ambiente.

L'autore sottolinea la necessità di una modernizzazione tecnologica del settore energetico in un nuovo contesto ecologico, di strumenti che diffondano l'utilizzo delle fonti rinnovabili, oltre a nuove politiche economiche.

E la partita non va giocata solo a livello "macro", ma anche su quello locale, dove ad esempio nel nostro Paese i singoli Comuni dovrebbero incentivare la costruzione e la riqualificazione di edifici più sostenibili.