

La nuova veste editoriale concede al Direttore Responsabile una sola pagina per il suo intervento. Quanto basta tuttavia per concentrare l'attenzione su due tra i numerosi stimoli che offrono gli articoli presenti in questo primo numero del 2007. Il primo è legato all'intervista al prof. Domenico Ferrari, membro del Consiglio Scientifico dell'ENEA. Il Consiglio Scientifico è una risorsa importante per l'Ente in quanto, tra i diversi compiti che gli competono, ha quello di individuare possibili linee evolutive della ricerca in ENEA, compiendo analisi e confronti sullo stato della ricerca a livello internazionale. Nel passato hanno fatto parte di questo organismo, l'attuale Presidente dell'ENEA, prof. Luigi Paganetto, il prof. Sylos Labini, il prof. Enrico Garaci, ora Presidente dell'Istituto Superiore di Sanità, l'attuale Ministro della Funzione Pubblica, prof. Luigi Nicolais, l'ing. Giancarlo Michellone, già responsabile del Centro Ricerche FIAT. Il prof. Ferrari, uno dei pochi cervelli italiani rientrati e, soprattutto, rimasti nel nostro Paese, ha ricevuto, pochi mesi fa, un prestigioso premio internazionale, equiparabile ad un Nobel (che, per l'informatica come per la matematica, non è previsto) come riconoscimento per i "fondamentali contributi nel campo delle Communication Networks, per aver co-fondato e diretto l'International Computer Science Institute". Più il Consiglio Scientifico è autorevole, migliore è l'apporto che l'esperienza dei suoi membri può portare alle attività dell'Ente. L'ENEA ha bisogno di questo qualificato apporto nel momento in cui è in atto il suo rilancio con la recente nomina del Presidente e del Consiglio di Amministrazione. L'ENEA "deve progettare il futuro sostenibile dell'energia per il nostro Paese", è l'efficace espressione usata da un importante esponente politico per indicare sinteticamente i compiti dell'Ente. Un simile futuro si progetta secondo due varianti: da un lato come una ricombinazione di quanto già disponibile al livello tecnologico raggiunto, intesa come un progressivo miglioramento, più o meno continuativo, dell'esistente e, dall'altro come discontinuità e rottura che ci pongano bruscamente, ma positivamente, di fronte a una diversità del modo del fare e del vivere. Indubbiamente quello che ci si aspetta da un Consiglio Scientifico di un ente come l'ENEA è un grande contributo nel costruire e progettare la seconda variante di una simile progettazione. L'intervista al prof. Ferrari è la più valida testimonianza di questa capacità. Il secondo aspetto che vorrei commentare è relativo all'articolo sulla competizione tecnologica internazionale. Purtroppo emerge ancora un quadro di grande difficoltà del nostro Paese a mantenere posizioni di rilievo nell'esportazioni di prodotti high-tech e comincia a evidenziarsi anche una perdita di competitività nei settori medium-low tech. Si tratta della riconferma di una crisi di lungo periodo nei settori tecnologici alla quale ovviamente non è estraneo l'effetto cumulato dei minori investimenti in R&S rispetto alla media dei paesi UE. L'articolo evidenzia infatti come gli investimenti in ricerca, in contro tendenza con gli andamenti dei maggiori paesi industrializzati, siano stati progressivamente ridotti dalle imprese italiane sia in termini finanziari, sia in termini di addetti. Peralto tende a indebolirsi, vista l'esiguità dei finanziamenti previsti in finanziaria e la stentata immissione di giovani ricercatori, anche l'unica sede di "accumulo delle conoscenze" rappresentata dal sistema pubblico. In questo quadro è fortemente reclamata una più responsabile partecipazione delle strutture scientifiche pubbliche ai processi innovativi, oltre che alla ricerca fondamentale e alla formazione. È questo l'impegno e l'intento dell'ENEA.

Il Direttore Responsabile
Mauro Basili

editoriale

primo piano

4

WORLD ENERGY OUTLOOK 2006

International Energy Agency

16

IL PROGRAMMA DI RICERCA EUROPEO: OBIETTIVI E OPPORTUNITÀ

THE EUROPEAN RESEARCH AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT PROGRAMME: STRATEGIES AND OBJECTIVES

A cura di Anna Pibiri

l'intervista

26

INTERVISTA AL PROF. DOMENICO FERRARI

INTERVIEW WITH PROF. DOMENICO FERRARI

A cura di Osvaldo Aronica

riflettore su

30

L'ITALIA NELLA COMPETIZIONE TECNOLOGICA INTERNAZIONALE

ITALY IN INTERNATIONAL TECHNOLOGICAL COMPETITION

A cura di Daniela Palma

studi e ricerche



46

IMMAGAZZINAMENTO E GENERAZIONE DI IDROGENO DA BOROIDRURI ALCALINI

HYDROGEN STORAGE AND GENERATION BY ALKALINE BORON-HYDRIDES

A. Pozio, M. De Francesco, G. Monteleone, R. Oronzio, S. Galli

60

NANOTECNOLOGIE: INNOVAZIONI NEL SETTORE AGROALIMENTARE

NANOTECHNOLOGY-BASED INNOVATIONS IN THE AGRI-FOOD SECTOR

Vincenzo Capuano



82

IDROGENO COME VETTORE ENERGETICO

HYDROGEN AS ENERGY VECTOR

A cura di Stefano Giammartini

appunti di

84

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

dal Mondo

- Neutroni per trattare i rifiuti nucleari **84**
- Il Rapporto IPCC sullo stato delle conoscenze scientifiche in materia di cambiamenti climatici **84**

dall'Unione Europea

- Una politica energetica per l'Europa **87**

dall'Italia

- Nasce a Portici Tripode **88**
- Un progetto per imprese e ricercatori **88**

dall'ENEA

- Luigi Paganetto nominato Presidente dell'ENEA **89**
- Graduatoria finale della selezione per 114 assegni di ricerca **89**

Incontri

- ENEA organizza il Convegno Italiano sui Sensori **95**

Letture

- La globalizzazione che funziona **96**



cronache

World Energy Outlook 2006

International Energy Agency

L'Agencia Internazionale dell'Energia ha presentato il 14 novembre a Roma il World Energy Outlook 2006, l'annuale rapporto sul sistema energetico mondiale con i nuovi scenari energetici al 2030. In questa analisi, l'AIE giudica più urgente che mai frenare la crescente domanda mondiale di energia fossile al fine di limitare le emissioni di gas serra. Pubblichiamo la sintesi del documento



Il mondo affronta due minacce legate al consumo di energia: da un lato, quella di non poter garantire approvvigionamenti energetici adeguati, sicuri ed economicamente accessibili; dall'altro, quella di provocare danni all'ambiente con uno smisurato consumo di energia. L'aumento dei prezzi energetici ed i recenti eventi geopolitici hanno messo in evidenza il ruolo essenziale che l'accesso all'energia rappresenta per lo sviluppo economico e sociale e la vulnerabilità del sistema energetico mondiale di fronte alle interruzioni degli approvvigionamenti.

Assicurare gli approvvigionamenti energetici è la priorità nell'agenda politica internazionale. Infatti, l'odierno sistema di approvvigionamenti comporta la minaccia di un grave ed irreversibile danno ambientale, fra cui il cambiamento climatico mondiale. Riconciliare gli obiettivi di sicurezza degli approvvigionamenti energetici e di salvaguardia dell'ambiente richiede azioni governative decise e coordinate e il supporto dell'opinione pubblica.

Diventa sempre più pressante la necessità di porre un freno alla domanda di combu-

World Energy Outlook 2006

The International Energy Agency's annual report on the world energy system and new scenarios was presented in Rome on November 14 2006. In this analysis, the IEA finds that the need to curtail the growing demand for fossil fuels in order to limit greenhouses gas emissions is more urgent than ever before. We publish the summary of the IEA report

stibili fossili, di aumentare la diversificazione e la provenienza geografica degli approvvigionamenti e di contenere le emissioni inquinanti. I leader dei G8, riunitisi a Gleneagles nel luglio 2005 e successivamente a San Pietroburgo nel luglio 2006 con i leader di molti dei maggiori paesi emergenti e con i rappresentanti di diverse organizzazioni internazionali, fra cui l'Agenzia Internazionale dell'Energia, hanno incaricato l'AIE di "analizzare scenari e strategie per un futuro energetico pulito, intelligente e competitivo". Il presente *Outlook* risponde a questa richiesta e conferma che, in assenza di nuove politiche, premessa di base del nostro Scenario di Riferimento, la domanda di combustibili fossili, i loro flussi di scambio e le emissioni di gas effetto serra continuerebbero a proseguire sull'attuale percorso non sostenibile fino al 2030. Questo studio dimostra inoltre, in uno Scenario Alternativo, che applicando un ventaglio di politiche e di provvedimenti attualmente allo studio in vari paesi del mondo, si potrebbe ridurre in maniera significativa il tasso di crescita della domanda di energia e limitare drasticamente le emissioni. È importante notare che il costo dell'attuazione di queste politiche sarebbe più che controbilanciato dai vantaggi economici che si otterrebbero producendo ed utilizzando l'energia in maniera più razionale.

Combustibili fossili preponderanti fino al 2030

Nello Scenario di Riferimento, la domanda mondiale di energia primaria aumenta di poco più del 50% tra oggi e il 2030, con un tasso medio annuo dell'1,6%. La domanda cresce di più del 25% nel solo periodo compreso tra oggi e il 2015. Più del 70% dell'aumento della domanda durante l'arco di tempo considerato nelle proiezioni proviene dai paesi emergenti, con la sola Cina che conta per il 30%.

Le economie e la popolazione di questi paesi crescono molto più rapidamente di quelle dei paesi OCSE, spostando il baricentro della domanda mondiale di energia. Quasi la metà dell'aumento del consumo di energia primaria mondiale è impiegato nella generazione di energia elettrica e un quinto viene assorbito dal settore del trasporto quasi interamente sotto forma di combustibili derivati dal petrolio.

Complessivamente, i combustibili fossili continueranno a rimanere la principale fonte di energia fino al 2030 in entrambi gli scenari. Nello Scenario di Riferimento, essi soddisfano l'83% dell'aumento totale della domanda di energia nell'arco di tempo compreso tra il 2004 e il 2030, con un aumento della loro percentuale della domanda mondiale dall'80% all'81%. Nel 2030, la percentuale del petrolio subisce una flessione, ma il petrolio continua comunque a rimanere il combustibile più utilizzato nel mix energetico mondiale. La domanda mondiale di petrolio, dagli 84 milioni di barili al giorno del 2005, raggiunge i 99 milioni di barili al giorno nel 2015, fino a raggiungere 116 milioni di barili al giorno nel 2030. Diversamente dalle proiezioni del *WEO2005*, il carbone registra il più grande incremento della domanda in termini assoluti, principalmente per la produzione di energia elettrica (figura 1).

Cina e India assorbono circa i quattro quinti della domanda aggiuntiva di carbone, che continua a rimanere il secondo combustibile primario più importante con una percentuale che, all'interno della domanda mondiale, aumenta leggermente. Anche il gas naturale aumenta in percentuale, anche se ad un tasso meno rapido di quanto previsto nell'ultimo *Outlook*, a causa dei prezzi più elevati. La percentuale dell'energia idroelettrica aumenta in modo lieve, mentre diminuisce quella dell'energia nucleare. La percentuale della

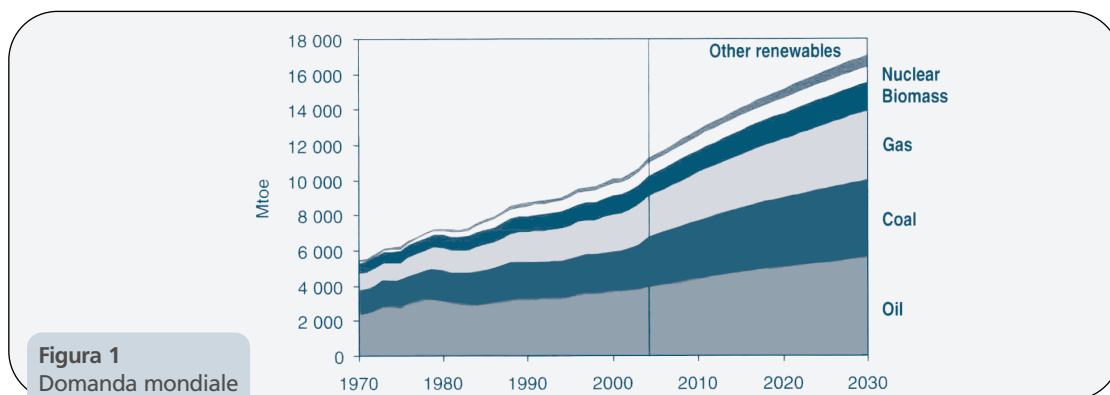


Figura 1
Domanda mondiale
di energia primaria
Fonte: IEA

biomassa cala marginalmente, in quanto i paesi emergenti lo sostituiscono con forme di energia più moderne, bilanciando il crescente utilizzo della biomassa per la produzione di biocombustibili. Le altre fonti rinnovabili di energia, quali l'eolica, la solare e la geotermica, registrano un più rapido aumento, ma partendo da un basso livello.

Le ipotesi di base in questo *Outlook* sono state riviste aumentando i prezzi del petrolio, nell'aspettativa che i margini tra domanda e offerta per il greggio e per i prodotti raffinati rimangano esigui. I principi economici indicano una modesta riduzione dei prezzi, grazie all'introduzione sul mercato di nuova capacità ed al rallentamento dell'aumento della domanda. Tuttavia, la possibilità di nuove tensioni geopolitiche o di gravi interruzioni degli approvvigionamenti, potrebbero portare ad un aumento dei prezzi ancora maggiore. Le nostre ipotesi indicano un deciso calo del prezzo medio dell'import di greggio nei paesi dell'AIE nella prima parte del prossimo decennio fino ad arrivare a 47 dollari per barile in termini reali, per poi aumentare costantemente fino al 2030. Si ipotizza che anche i prezzi del gas naturale seguano, a grandi linee, i prezzi del petrolio e questo, a causa di un vasto e costante utilizzo di indici dipendenti dal prezzo del petrolio nei contratti di fornitura di gas a lungo termine,

e per la competizione tra i combustibili. Ipotizziamo, inoltre, che i prezzi del carbone cambino proporzionalmente in misura minore durante il periodo considerato, ma sempre seguendo il trend dei prezzi di petrolio e gas.

Minaccia alla sicurezza mondiale energetica

La continua crescita della domanda di petrolio e di gas, non controllata, accentuerebbe la vulnerabilità dei paesi consumatori di fronte ad una grave interruzione degli approvvigionamenti e al conseguente shock dei prezzi. I paesi OCSE e quelli asiatici emergenti stanno diventando sempre più dipendenti dalle importazioni poiché la loro produzione interna non riesce a tenere il passo della domanda. La produzione di greggio convenzionale e di frazioni liquide di gas naturale dei paesi non OPEC raggiungerà il suo picco entro un decennio. Nello Scenario di Riferimento, l'insieme dei paesi OCSE importerà nel 2030 i due terzi dei propri fabbisogni petroliferi rispetto al 56% odierno. La gran parte delle importazioni supplementari proviene dal Medio Oriente, attraverso rotte marittime a rischio. La concentrazione della produzione di petrolio in un gruppo ristretto di paesi che dispongono di ampie riserve, in modo particolare i paesi del Medio Oriente facenti

parte dell'OPEC e la Russia, aumenteranno il loro predominio sul mercato e la loro capacità di imporre prezzi più elevati. Si prevede che una quota crescente della domanda di gas venga soddisfatta grazie ad importazioni attraverso gasdotti, o da fornitori sempre più distanti, sotto forma di gas naturale liquefatto.

La crescente mancanza di reattività della domanda di petrolio ai prezzi accentua il potenziale impatto delle interruzioni degli approvvigionamenti sui prezzi internazionali del petrolio. Nello Scenario di Riferimento, si prevede un aumento della percentuale del settore dei trasporti nella domanda mondiale di petrolio, in quanto il consumo in questo settore è anelastico ai prezzi, se confrontato con altri settori energetici. La domanda di petrolio diventa quindi sempre meno reattiva alle variazioni dei prezzi internazionali del greggio. Di conseguenza, i prezzi frutterebbero in maniera maggiore rispetto al passato, in risposta ai cambiamenti a breve termine della domanda e dell'offerta. L'effetto di attenuazione sulla domanda, dovuto ai sussidi erogati ai consumatori di petrolio, contribuisce alla mancanza di reattività della domanda mondiale del petrolio alle variazioni dei prezzi internazionali. I sussidi per i prodotti petroliferi nei paesi non OCSE sono stimati attualmente a più di 90 miliardi di dollari annui; quelli per tutte le forme finali di energia sono circa 250 miliardi annui, cifra corrispondente agli investimenti necessari per la produzione di energia elettrica in media, ogni anno, in questi paesi.

I prezzi del petrolio rimangono fondamentali per il benessere dell'economia mondiale. L'economia dei maggiori paesi importatori mondiali di petrolio è cresciuta vigorosamente e in modo costante dal 2002, ma sarebbe aumentata ancora più rapidamente se il prezzo del petrolio e delle altre fonti di energia non fosse salito. In molti paesi importatori l'incremento del

valore delle esportazioni di beni non energetici, i cui prezzi sono anch'essi aumentati, ha controbilanciato almeno in parte l'impatto dei prezzi più alti dell'energia. L'eventuale impatto di prezzi dell'energia più elevati rimane incerto a livello macroeconomico, anche perché gli effetti del recente aumento dei prezzi non hanno ancora avuto pieno impatto sul sistema economico. Ci sono crescenti segni di pressioni inflazionistiche che potrebbero portare a maggiori tassi d'interesse. La maggior parte dei paesi OCSE, e in maniera più evidente gli Stati Uniti, hanno visto un peggioramento della loro bilancia dei pagamenti. Il riutilizzo dei petrodollari può essere stato utile per mitigare l'aumento dei tassi d'interesse a lungo termine, ritardando l'impatto negativo di prezzi più alti sulle entrate effettive e sulla produzione. Più a lungo i prezzi rimarranno ai livelli attuali o aumenteranno, più difficile sarà la crescita economica per i paesi importatori. Uno shock petrolifero provocato da un'improvvisa e grave interruzione degli approvvigionamenti si rivelerebbe particolarmente dannoso, soprattutto per i paesi più poveri e maggiormente indebitati.

Gli investimenti saranno attuati in tempo?

Soddisfare la crescente sete di energia mondiale richiede massicci investimenti per le infrastrutture di approvvigionamento energetico. Le proiezioni dello Scenario di Riferimento di questo *Outlook* richiedono un investimento cumulativo di poco superiore ai 20 mila miliardi di dollari (in dollari del 2005) per il periodo compreso tra il 2005 e il 2030. Questa cifra supera di circa 3 mila miliardi di dollari quella del *WEO2005*, principalmente a causa del recente notevole aumento dei costi capitali unitari, soprattutto nei settori del petrolio e del gas. Il settore elettrico assorbe il 56% degli investimenti totali, che salgono

al 68% se si considerano quelli necessari per l'intera filiera di approvvigionamento dei combustibili utilizzati nelle centrali. Gli investimenti per il settore petrolifero, tre quarti dei quali vengono richiesti per esplorazione e produzione, ammontano in totale a più di 4 mila miliardi per il periodo compreso tra il 2005 e il 2030. Gli investimenti per l'upstream sono più sensibili ai cambiamenti dei tassi di declino dei campi di produzione che al tasso di aumento della domanda di petrolio. Più della metà degli investimenti energetici mondiali è richiesta dai paesi emergenti, dove domanda e produzione aumentano più rapidamente. La sola Cina deve investire circa 3,7 mila miliardi di dollari, equivalenti al 18% del totale mondiale.

Non c'è alcuna garanzia che gli investimenti necessari saranno finanziati. Nuove politiche energetiche, fattori geopolitici, cambiamenti inattesi di costi e prezzi unitari e nuove tecnologie potrebbero influenzare le possibilità e gli incentivi delle compagnie pubbliche e private ad investire in vari settori delle differenti filiere energetiche. Le decisioni di investimento dei principali paesi produttori di petrolio e di gas sono di fondamentale importanza, in quanto incideranno sempre più sulla quantità ed i costi delle importazioni nei paesi consumatori. Ad esempio, ci sono dubbi sulla capacità del settore del gas russo di assicurare gli investimenti necessari a mantenere gli attuali livelli delle esportazioni verso l'Europa, e di iniziare le esportazioni verso l'Asia. La capacità e la volontà dei maggiori produttori di petrolio e di gas di aumentare gli investimenti per poter soddisfare la crescente domanda mondiale sono particolarmente incerte. La spesa in capitale delle principali compagnie mondiali di petrolio e di gas è aumentata in maniera netta in termini nominali nel corso della prima metà di questo decennio e, in linea con i piani aziendali, continuerà a cresce-

re fino al 2010. L'impatto di maggiori investimenti sulla nuova capacità sarà, però, limitato dall'aumento dei costi. Considerando l'inflazione, l'investimento nel 2005 è stato, in effetti, solo 5% in più che nel 2000. Si prevede che gli investimenti per l'upstream, pianificati fino al 2010, aumenteranno leggermente la capacità di produzione di riserva del greggio. La capacità aggiuntiva, però, potrebbe essere inferiore per mancanza di personale qualificato e materiali, per ritardi legati alle regolamentazioni, inflazione, tassi più alti di declino dei giacimenti esistenti e per fattori geopolitici. Si prevede che l'aumento della spesa capitale per le raffinerie accrescerà la capacità di raffinazione di quasi 8 milioni di barili al giorno entro il 2010. Oltre tale data, saranno necessari maggiori investimenti in termini reali per sostenere l'aumento della capacità di upstream e downstream. In un'ipotesi di Investimenti Differiti, una minor produzione di greggio nei paesi OPEC, parzialmente controbilanciata da un aumento della produzione nei paesi non OPEC, spingerebbe al rialzo i prezzi del petrolio di un terzo, riducendo la domanda mondiale di petrolio, nel 2030, di 7 milioni di barili al giorno, equivalenti al 6% rispetto allo Scenario di Riferimento.

I trend delle emissioni di anidride carbonica

Nello Scenario di Riferimento le emissioni mondiali di anidride carbonica (CO₂) legate al consumo di energia aumentano del 55%, pari all'1,7% annuo, nell'arco di tempo compreso tra il 2004 e il 2030. Le emissioni raggiungono nel 2030 i 40 miliardi di tonnellate, con un incremento di 14 miliardi di tonnellate rispetto al livello del 2004. La metà di questo aumento è dovuta alla produzione di elettricità. Nel 2003, il carbone ha sostituito il petrolio come principale responsabile di emissio-

ni di CO₂ e mantiene questa preminenza fino al 2030. Le emissioni cresceranno poco più rapidamente della domanda di energia primaria, invertendo così l'andamento degli ultimi 25 anni, a causa dell'aumento del contenuto medio di carbonio nel consumo di energia.

In questo scenario, i paesi emergenti sono responsabili per oltre tre quarti dell'aumento delle emissioni mondiali di CO₂ tra il 2004 e il 2030. Le emissioni totali di questi paesi superano quelle dei paesi OCSE poco dopo il 2010. La percentuale dei paesi emergenti sul totale delle emissioni cresce da 39% a poco più della metà entro il 2030. Questo aumento è più rapido di quello della domanda di energia, in quanto il loro consumo energetico incrementale è a più alta intensità di carbonio di quello dei paesi OCSE e delle economie in transizione. In generale, i paesi emergenti usano in proporzione più carbone e meno gas. La sola Cina è responsabile per circa il 39% dell'aumento delle emissioni mondiali. Nel periodo compreso tra il 2004 e il 2030, la forte crescita economica e la marcata dipendenza dal carbone per la produzione di energia elettrica e per il settore industriale, portano le emissioni della Cina ad un livello superiore al doppio di quello odierno. La Cina sostituisce gli Stati Uniti quale più importante responsabile per le emissioni mondiali entro il 2010 (figura 2). Altri paesi asiatici, e l'India in

modo particolare, contribuiscono notevolmente all'aumento delle emissioni mondiali. Le emissioni pro capite dei paesi non OCSE rimangono comunque ben al di sotto di quelle dei paesi OCSE.

Azioni governative

Le tendenze dello Scenario di Riferimento illustrate in precedenza non sono inalterabili. Un'azione più decisa da parte dei governi potrebbe, infatti, indirizzare il mondo verso un percorso energetico più sostenibile. Nello Scenario Alternativo, si è previsto che vengano attuate le politiche e le misure governative, attualmente allo studio, volte a migliorare la sicurezza energetica e a ridurre le emissioni di CO₂. La domanda di combustibili fossili, le importazioni di petrolio e di gas e le emissioni registrerebbero una crescita significativamente più lenta. Questi interventi richiedono sforzi per migliorare l'efficienza della produzione e dell'utilizzo di energia, incrementare la dipendenza da combustibili non fossili e sostenere l'approvvigionamento di petrolio e gas nei paesi importatori.

Nel 2030, la domanda mondiale di energia primaria è, nello Scenario Alternativo, circa il 10% inferiore a quella dello Scenario di Riferimento, e circa equivalente all'odierno consumo complessivo di energia della Cina. La domanda mondiale aumenta del

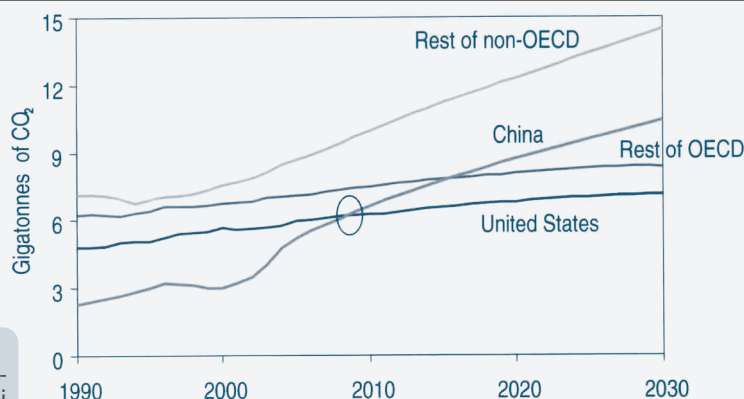


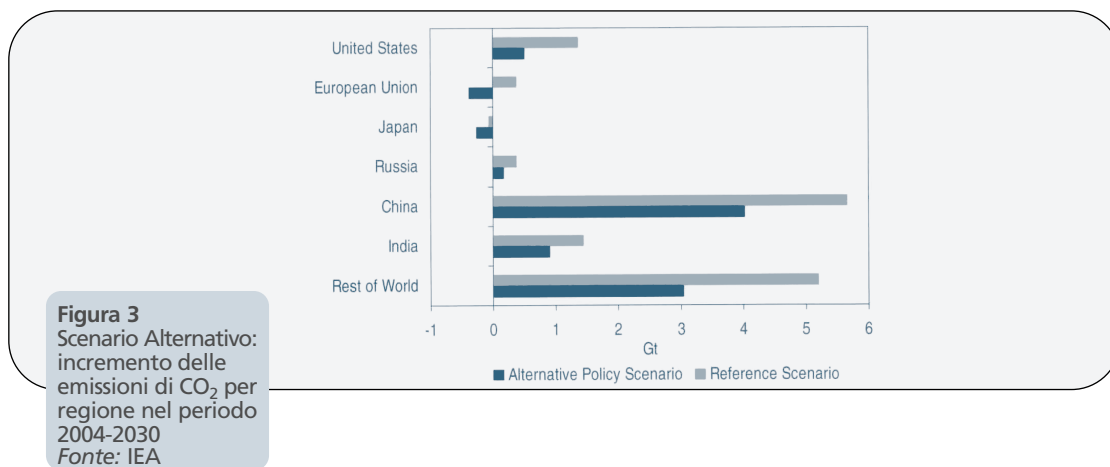
Figura 2
Scenario di Riferimento: emissioni di CO₂ da uso di energia per regione
Fonte: IEA

37% nell'arco di tempo compreso tra il 2004 e il 2030, ma in maniera più lenta: l'1,2% annuo contro l'1,6% dello Scenario di Riferimento. I maggiori risparmi energetici, sia in termini assoluti che in percentuale, sono dati dal carbone. L'impatto delle nuove politiche sulla domanda di energia è meno marcato durante il primo decennio del periodo preso in esame nell'*Outlook*, ma è comunque non trascurabile. La differenza tra i due scenari, per quanto riguarda la domanda mondiale di energia, è, nel 2015, di circa il 4%.

In netto contrasto con lo Scenario di Riferimento, le importazioni di petrolio nei paesi OCSE si assestano intorno al 2015, e dopo tale data cominciano a diminuire. Le tre regioni OCSE ed i paesi asiatici emergenti diventano, tuttavia, sempre più dipendenti dalle importazioni di petrolio durante il periodo preso in esame, sebbene in maniera decisamente inferiore che nello Scenario di Riferimento. Nello Scenario Alternativo, la domanda mondiale di petrolio raggiunge i 103 milioni di barili al giorno nel 2030, con un incremento di 20 milioni rispetto al 2005, ma 13 milioni in meno che nello Scenario di Riferimento. I provvedimenti adottati nel settore dei trasporti sono responsabili di quasi il 60% della riduzione totale del consumo di petrolio nello Scenario Alternativo, più di due terzi dei quali deriva dall'uso di nuovi veicoli più efficienti. Una produzione più elevata ed un maggior utilizzo di biocombu-

stibili, specialmente in Brasile, Europa e Stati Uniti, contribuiscono ugualmente alla diminuzione dei fabbisogni di petrolio. Complessivamente, anche la domanda mondiale di gas e la dipendenza dalle importazioni di questo combustibile risultano fortemente ridotte rispetto allo Scenario di Riferimento.

Le emissioni di anidride carbonica legate al consumo di energia vengono ridotte di 1,7 miliardi di tonnellate, equivalenti al 5%, nel 2015, e di 6,3 miliardi di tonnellate nel 2030, pari al 16%, rispetto allo Scenario di Riferimento. Le misure prese in considerazione nello Scenario Alternativo portano, nei paesi OCSE e nelle economie in transizione, ad una stabilizzazione delle emissioni e ad una loro flessione entro il 2030, raggiungendo un livello leggermente superiore a quello del 2004, ma decisamente al di sotto di quello previsto nello Scenario di Riferimento. Le emissioni dei paesi dell'Unione Europea e del Giappone scendono al di sotto del livello odierno, mentre quelle dei paesi emergenti continuano ad aumentare, ma il tasso di crescita rallenta in maniera evidente rispetto allo Scenario di Riferimento durante il periodo delle proiezioni (figura 3). Politiche indirizzate ad una produzione più efficiente e ad un consumo più razionale dell'energia contribuiscono a circa l'80% della riduzione delle emissioni di CO₂. La rimanente percentuale è dovuta alla sostituzione dei combustibili tradizio-



nali con forme di energia a basse o zero emissioni di carbonio. Un uso più razionale dei combustibili, soprattutto grazie a veicoli più efficienti, contribuisce a quasi il 36% della riduzione delle emissioni. Un altro 30% è dato da un utilizzo più efficiente dell'energia elettrica in un'ampia gamma di applicazioni, quali l'illuminazione, gli impianti di condizionamento, gli elettrodomestici e i motori industriali. Sistemi di produzione più efficienti contribuiscono per un ulteriore 13%, le rinnovabili ed i biocombustibili per un altro 12% e il nucleare per il restante 10%. La messa in opera di una decina di politiche sarebbe sufficiente per ottenere circa il 40% della riduzione delle emissioni di CO₂ entro il 2030 (figura 4). Le misure più efficaci di limitazione delle emissioni portano anche a maggiori riduzioni delle importazioni di petrolio e di gas.

Le nuove politiche da adottare

Uno dei risultati chiave dello Scenario Alternativo è che, nel complesso, le nuove politiche ed i provvedimenti analizzati portano ad un risparmio economico che supera, di gran lunga, i costi di investimento iniziale sostenuti dai consumatori. Nell'arco di tempo compreso tra il 2005 ed il 2030, gli investimenti totali per l'intera filiera energetica, dal produttore all'utente finale, sono di 560 miliardi di dollari inferiori rispetto allo Scenario di Riferimen-

to. Gli investimenti necessari per le apparecchiature, per il consumo finale e per gli edifici sono di 2,4 mila miliardi di dollari più elevati, ma questa cifra è più che controbilanciata dai 3 mila miliardi di investimenti risparmiati sul fronte dell'offerta. Durante lo stesso periodo, il costo del combustibile risparmiato dai consumatori corrisponde a 8,1 mila miliardi di dollari, più che controbilanciando così gli investimenti aggiuntivi necessari sul fronte della domanda per ottenere questi risparmi. Le modifiche introdotte dalle misure politiche prese in esame nello Scenario Alternativo per gli investimenti in apparecchiature elettriche portano ad importanti risparmi. In media, un dollaro investito in apparecchiature elettriche ed edifici più efficienti porta ad un risparmio di più di due dollari di investimenti nel settore elettrico. Questo rapporto è più elevato nei paesi non OCSE. I due terzi del capitale aggiuntivo speso sul fronte della domanda sono a carico dei consumatori dei paesi OCSE. Il periodo di ritorno degli investimenti supplementari sul fronte della domanda è molto breve, da uno a otto anni. Tale periodo è più breve nei paesi emergenti e per le politiche applicate prima del 2015.

Energia nucleare nuovamente presa in considerazione

L'energia nucleare, una tecnologia consolidata per la generazione di base dell'ener-

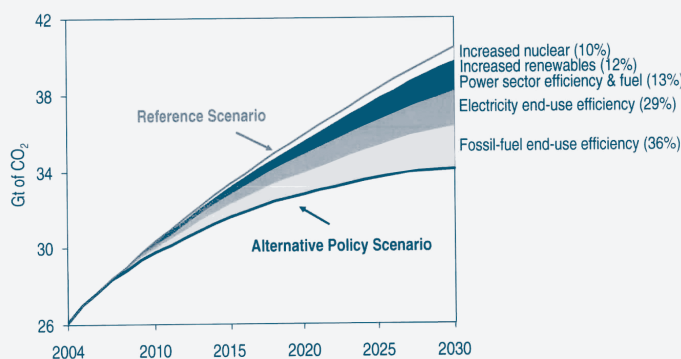


Figura 4
Scenario Alternativo:
le chiavi politiche
per la riduzione
della CO₂
Fonte: IEA

gia elettrica, potrebbe svolgere un ruolo importante per ridurre la dipendenza dalle importazioni di gas e per limitare le emissioni di CO₂. Nello Scenario di Riferimento, la potenza mondiale installata del nucleare aumenta da 368 GW nel 2005 fino ad arrivare a 417 GW nel 2030. Tuttavia, la sua percentuale nel mix energetico diminuisce, nell'ipotesi che siano costruiti pochi nuovi reattori e che vari di quelli esistenti vengano dismessi. Nello Scenario Alternativo, misure politiche volte a favorire l'energia nucleare portano ad un aumento della sua capacità di generazione fino a 519 GW nel 2030, e della sua percentuale nel mix energetico.

L'incremento dei prezzi dei combustibili fossili ha reso l'energia nucleare relativamente più competitiva, accrescendo così l'interesse per la costruzione di nuovi reattori. Nuove centrali nucleari potrebbero produrre energia elettrica ad un costo inferiore a 5 centesimi per kWh, a condizione che i rischi connessi alla costruzione e al funzionamento della centrale siano gestiti correttamente da costruttori e compagnie elettriche. Con questo costo, l'energia elettrica prodotta dal nucleare sarebbe più conveniente di quella prodotta con il gas, se i prezzi di quest'ultimo si mantenessero al di sopra di 4,70 dollari per milioni di Btu. L'energia nucleare rimarrebbe comunque più costosa rispetto alle centrali convenzionali a carbone con prezzi di questo combustibile inferiori a 70 dollari per tonnellata. La soglia di costo dell'energia nucleare risulterebbe inferiore se venissero introdotte sanzioni economiche sulle emissioni di CO₂.

L'energia nucleare svolgerà un ruolo più importante solamente se i governi dei paesi nei quali il nucleare è ritenuto accettabile agiranno in maniera più decisa per facilitare gli investimenti del settore privato, soprattutto nei mercati liberalizzati. Da un lato, le centrali nucleari sono ad alta intensità di capitale, poichè richiedono un

investimento iniziale compreso tra 2 e 3,5 miliardi di dollari per reattore; dall'altro, i costi di produzione sono meno vulnerabili alle variazioni del prezzo del combustibile rispetto al carbone e al gas. Per di più, le riserve di uranio sono abbondanti e ben distribuite nel pianeta. Questi due vantaggi rendono il nucleare un'opzione potenzialmente attrattiva per aumentare la sicurezza degli approvvigionamenti di energia elettrica, a condizione che i problemi posti dalla sicurezza delle centrali, dall'eliminazione delle scorie radioattive e dal rischio di proliferazione siano risolti per convincere l'opinione pubblica.

Biocombustibili e nuove tecnologie

I biocombustibili contribuiscono in maniera decisiva a soddisfare i fabbisogni energetici mondiali del trasporto su gomma, specialmente nello Scenario Alternativo. In questo scenario, tali combustibili coprono il 7% del consumo per il trasporto su gomma nel 2030, salendo dall'1% attuale, mentre nello Scenario di Riferimento la loro percentuale si attesta al 4%. In entrambi gli Scenari, gli Stati Uniti, l'Unione Europea e il Brasile coprono la maggior parte dell'incremento e rimangono i principali produttori e consumatori di biocombustibili. Si prevede che la maggior parte dell'aumento del consumo di biocombustibili nel mondo venga dall'etanolo, poiché ci si aspetta che i suoi costi di produzione scendano più rapidamente di quelli del biodiesel, l'altro principale biocombustibile. La percentuale di biocombustibili utilizzati per il trasporto rimane di gran lunga la più alta in Brasile, il produttore di etanolo con i costi più bassi (figura 5).

L'aumento della domanda di cibo, che è in competizione con i biocombustibili per i terreni destinati alla coltura e all'allevamento, limiterà la potenziale produzio-

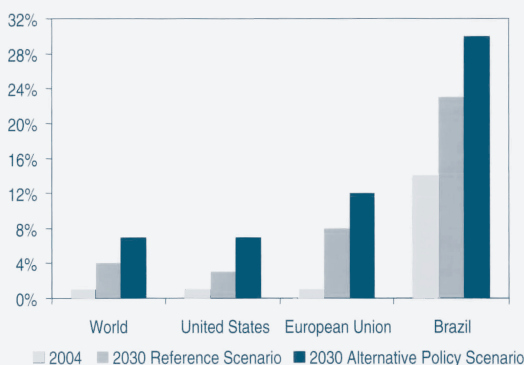


Figura 5

Contributo dei biocombustibili nel consumo di combustibile per il trasporto su strada

Fonte: IEA

ne di biocombustibili, se non saranno introdotte nuove tecnologie. Attualmente circa 14 milioni di ettari di terreno sono utilizzati per la produzione di biocombustibili, cifra equivalente a circa l'1% dei terreni coltivabili nel mondo. Questa percentuale sale al 2% nello Scenario di Riferimento e al 3,5% nello Scenario Alternativo. L'ammontare di terreno necessario per questo scopo nel 2030 è superiore al terreno coltivabile di Francia e Spagna nello Scenario di Riferimento, e corrisponde a quello di tutti i paesi OCSE del Pacifico, Australia inclusa, nello Scenario Alternativo.

Nuove tecnologie attualmente in fase di sviluppo, in modo particolare l'etanolo derivato da materiale vegetale (soprattutto cellulosa), potrebbero permettere ai biocombustibili di svolgere un ruolo ben più importante di quello previsto in entrambi gli scenari. Queste tecnologie di seconda generazione devono, tuttavia, superare ancora importanti sfide per diventare commercialmente competitive. Il commercio ed i sussidi saranno di cruciale importanza per determinare dove e con quali risorse e tecnologie i biocombustibili saranno prodotti nei prossimi decenni, essendo il carico complessivo degli incentivi sui contribuenti e la competitività dei costi dei biocombustibili una maniera per promuovere la diversità ener-

getica e per limitare le emissioni di anidride carbonica.

Come realizzare lo Scenario Alternativo

Ci sono notevoli ostacoli che si frappongono all'adozione ed all'attuazione delle politiche e dei provvedimenti considerati nello Scenario Alternativo. All'atto pratico, sarà necessaria una forte volontà politica per attuare queste misure, molte delle quali incontrano resistenze dovute ad interessi divergenti di consumatori e industrie. I politici devono spiegare chiaramente al mondo economico e alla società civile nel suo insieme i vantaggi che deriverebbero dall'adozione delle misure proposte. In molti paesi, l'opinione pubblica si sta rendendo conto dei vantaggi per l'ambiente e per la sicurezza energetica dati da provvedimenti che incoraggiano un uso più razionale dell'energia e che aumentano il ruolo delle rinnovabili. Per conseguire iniziative politiche più marcate da parte degli enti governativi, sono necessari il supporto del settore privato e la collaborazione internazionale. Mentre la maggior parte degli investimenti sarà a carico del settore privato, i governi hanno un ruolo chiave da giocare per la creazione delle giuste condizioni per gli investimenti. I paesi indu-

rializzati hanno un importante ruolo da svolgere nell'aiutare i paesi emergenti a superare il gap dello sviluppo tecnologico e ad impiegare regole ed apparecchiature efficienti. Questo richiederà piani per promuovere il trasferimento di tecnologie e la creazione di competenze e sforzi collaborativi per mettere in opera programmi di ricerca e sviluppo. Sarà inoltre necessaria una stretta cooperazione tra i paesi e tra il settore industriale e gli enti governativi. I paesi non OCSE possono cercare il sostegno di istituzioni di prestito e di organizzazioni internazionali per ideare ed attuare nuove politiche. Questo potrebbe essere di particolare importanza per i piccoli paesi emergenti che, diversamente da Cina ed India, possono incontrare difficoltà per attrarre gli investimenti. L'analisi dello Scenario Alternativo dimostra l'urgenza dell'intervento politico. Ogni anno di ritardo nell'attuazione delle politiche prese in esame comporterebbe un forte aumento delle emissioni. Ad esempio, se le politiche energetiche subissero un rinvio di dieci anni, cominciando ad essere attuate solamente a partire dal 2015, la riduzione complessiva delle emissioni nel 2030 sarebbe, rispetto allo Scenario di Riferimento, di solo il 2% rispetto all'8% dello Scenario Alternativo. Inoltre, rallentamenti nei programmi di ricerca e sviluppo, specialmente nel settore della cattura e dello stoccaggio del carbonio, potrebbero limitare le prospettive di riduzione delle emissioni dopo il 2030.

Maggiori risparmi energetici richiederebbero un intervento politico ancora più marcato

Anche nel caso che i governi attuino, come ipotizziamo, tutte le politiche energetiche in esame per limitare le importazioni di energia e le emissioni, entrambe continue-

rebbero ad aumentare fino al 2030. Mantenere le emissioni mondiali di CO₂ ai livelli attuali richiederebbe misure politiche molto più drastiche. Saranno inoltre quasi certamente necessarie innovazioni tecnologiche radicali per cambiare profondamente il modo di produrre e consumare energia. La difficoltà di portare a termine questi obiettivi nel periodo considerato dalla nostra analisi non giustifica inazioni o ritardi che aumenterebbero, a lungo termine, i costi per l'economia, per la sicurezza e per l'ambiente. Prima inizia questo processo, più rapidamente sarà realizzata una nuova generazione di sistemi energetici efficienti e a basso o a zero contenuto di carbonio.

Un futuro dell'energia più sostenibile è alla nostra portata, grazie a tecnologie già disponibili o prossime alla commercializzazione. Uno studio pubblicato recentemente dall'AIE, *Energy Technology Perspectives*, dimostra la necessità di utilizzare un ventaglio di programmi tecnologici di sviluppo e diffusione. In questo *Outlook*, un'ipotesi Oltre lo Scenario Alternativo mette in risalto come il difficile obiettivo di mantenere le emissioni di CO₂ nel 2030 ai livelli attuali possa essere raggiunto. Questo richiederebbe una riduzione delle emissioni di 8 miliardi di tonnellate in più rispetto allo Scenario Alternativo. I quattro quinti del risparmio di energia e di riduzione delle emissioni in questa ipotesi sono dati da politiche ancora più decise per aumentare l'efficienza energetica, promuovere il nucleare e le rinnovabili per la generazione di energia elettrica, e favorire l'introduzione della tecnologia di cattura e stoccaggio del carbonio, una delle opzioni più promettenti per limitare le emissioni a lungo termine. D'altronde, i cambiamenti tecnologici evidenziati in questa ipotesi, quantunque tecnicamente realizzabili, sarebbero senza precedenti per scala e velocità di attuazione.

Portare le moderne forme di energia ai meno abbienti è una necessità urgente

Per quanto si registri un costante progresso in entrambi gli scenari nell'uso di moderni servizi energetici nei paesi emergenti, nel 2030 molte persone continueranno a dipendere dalla biomassa per uso domestico. Attualmente, 2,5 miliardi di persone utilizzano combustibile a legna, carbonella, rifiuti vegetali e concime animale per la maggior parte dei loro fabbisogni energetici quotidiani per cucinare e riscaldare. In numerosi paesi, queste forme di energia contano per più del 90% del consumo totale di energia per uso domestico. Un uso inefficiente e non sostenibile della biomassa provoca gravi conseguenze per la salute, per l'ambiente e per lo sviluppo economico. Un dato scioccante è che 1,3 milioni di persone, principalmente donne e bambini, muoiono prematuramente ogni anno a causa dell'inquinamento dell'aria provocato dalla biomassa in ambienti chiusi. In altri paesi dove i prezzi locali si sono aggiustati agli alti prezzi attuali, lo spostamento verso sistemi di cottura più puliti ed efficienti ha registrato un rallentamento, ed ha addirittura subito un'inversione. Nello Scenario di Riferimento, il numero di persone che utilizzano la biomassa aumenta a 2,6 miliardi nel 2015 e a 2,7 miliardi nel 2030, con la crescita della popolazione mondiale. Questo significa che un terzo della popolazione mondiale continuerà ad utilizzare questi combustibili, con una percentuale a malapena inferiore a quella attuale. Ci sono ancora, nel mondo, 1,6 miliardi di persone private di elettricità. Per realizzare i Millennium Development Goals, sarebbe necessario scendere, nel 2015, a meno di un miliardo. È necessaria ed urgente un'azione che incoraggi un uso più efficiente e sostenibile

della biomassa tradizionale, e che aiuti le persone a cambiare ed utilizzare combustibili e tecnologie moderne per cucinare. Le politiche più adatte dipendono dalle circostanze locali, quali i redditi pro capite e la disponibilità di approvvigionamenti sostenibili di biomassa. Sono già disponibili combustibili e tecnologie alternative a costi ragionevoli. Dimezzare il numero di coloro che utilizzano la biomassa per cucinare entro il 2015, un obiettivo del Millennium Project delle Nazioni Unite, comporterebbe che 1,3 miliardi di persone iniziassero ad utilizzare gas di petrolio liquefatti ed altri combustibili commerciali. Questo non avrebbe un impatto rilevante sulla domanda mondiale di petrolio e costerebbe, al massimo, 1,5 miliardi di dollari all'anno. Per raggiungere questo obiettivo sono tuttavia necessarie, insieme al supporto dei paesi industrializzati, misure forti e concertate, e maggiori fondi da parte di investitori pubblici e privati. Le politiche dovrebbero tendere all'eliminazione delle barriere all'accesso, alla convenienza economica e alla disponibilità, e dovrebbero formare la componente centrale di più ampie strategie di sviluppo.

www.iea.org

Errata Corrige

Nel n. 6/2006 della rivista, a pag. 18, strillo laterale, è stato erroneamente riportato "decisivo il prossimo millennio", invece di "decisivo il prossimo decennio", come scritto nel testo.

Il Programma di ricerca europeo: obiettivi e opportunità

A cura di Anna Pibiri

Il 7° Programma Quadro 2007-2013 approvato dal Parlamento Europeo si appoggerà sui risultati del precedente programma in vista della creazione di uno Spazio europeo della ricerca. L'obiettivo a lungo termine è rendere l'UE la principale area per la ricerca nel mondo



Il 18 dicembre 2006, il Consiglio Europeo ha adottato il Settimo Programma Quadro per la Ricerca e lo Sviluppo Tecnologico (7PQ), della durata di sette anni - dal 1° gennaio 2007 al 31 dicembre 2013 - che rappresenta il principale strumento dell'UE per il finanziamento della ricerca in Europa.

La procedura di approvazione aveva avuto inizio il 6 aprile 2005 con l'adozione da parte della Commissione Europea della proposta di decisione del Parlamento Europeo e del Consiglio.

Dopo la prima lettura del Parlamento Europeo la posizione comune del Consiglio aveva accolto una serie di emendamenti di compromesso e, in seconda lettura, il 30 novembre il Parlamento Europeo aveva adottato il 7PQ rendendo possibile l'approvazione del Consiglio, così come previsto ed auspicato, entro la fine del 2006.

In particolare, il dibattito relativo alle questioni etiche si era concluso con una soluzione di compromesso che specificava che, analogamente a quanto accaduto nel 6PQ, certe attività non benefi-

The European Research and Technological Development Programme: strategies and objectives

The 7th Framework Programme (2007-2013) approved by the European Parliament builds on the results of the 6th programme in view of the creation of a European Research Space. The long-term objective is to make the EU the world's major research area

ceranno di alcun sostegno finanziario; in particolare l'attività di ricerca volta alla clonazione umana a fini riproduttivi, l'attività di ricerca intesa a modificare il patrimonio genetico degli esseri umani che potrebbe rendere ereditabili tali modifiche e l'attività di ricerca volta a creare embrioni umani esclusivamente a fini di ricerca o per la produzione di cellule staminali. L'elaborazione del 7PQ si era basata anche sul doc. com(2004) 353 del 16 giugno 2004 "Scienza e Tecnologia chiavi del futuro dell'Europa – orientamenti per la politica di sostegno alla ricerca dell'Unione" che ribadisce come la ricerca scientifica, lo sviluppo tecnologico e l'innovazione costituiscano l'elemento motore dell'economia della conoscenza e un fattore chiave della crescita, della competitività delle imprese e dell'occupazione e individua nel potenziamento delle attività di ricerca europee uno dei principali obiettivi. Nella stesura del testo la Commissione aveva inoltre tenuto conto delle indicazioni scaturite dal Rapporto di medio termine sul Sesto PQ (rapporto Marimon – luglio 2004) che aveva l'obiettivo di valutare l'efficacia dei nuovi strumenti istituiti nel Sesto PQ e che aveva evidenziato la necessità di una maggiore flessibilità, continuità e coerenza nei programmi quadro.

Obiettivi e struttura

Allo scopo di migliorare l'impatto e razionalizzare le risorse, il 7PQ avrà una durata di sette anni: ciò è stato possibile perché l'art. 166 del Trattato, quello relativo alle caratteristiche che deve possedere il programma quadro di ricerca, definisce tale programma semplicemente come pluriennale (con l'eccezione delle attività EURATON previste dal Trattato, in cinque anni).

Il 7PQ è impostato sul principio della sussidiarietà, secondo quanto è previsto dall'art. 164 del Trattato. Si basa cioè, su quattro attività che risultano complementari a quelle svolte dagli Stati membri:

- ricerca, sviluppo tecnologico e dimostrazione in cooperazione tra imprese, centri di ricerca e università;
- cooperazione internazionale;
- diffusione risultati ricerca;
- formazione e mobilità dei ricercatori.

Il 7PQ persegue inoltre gli obiettivi generali descritti nell'art. 163 del Trattato per rafforzare la competitività industriale e andare incontro ai bisogni di ricerca espressi dalle politiche comunitarie.

Promuoverà, perciò, l'eccellenza nella ricerca scientifica e tecnologica, nello sviluppo tecnologico e nella dimostrazione attraverso quattro programmi specifici: Cooperazione, Idee, Persone e Capacità. Infine, il Programma sostiene anche le azioni dirette scientifiche e tecnologiche non nucleari svolte dal Centro Comune di Ricerca (CCR) di Ispra.

Cooperazione

Questo programma sosterrà la ricerca attraverso progetti di cooperazione internazionale anche con paesi fuori dall'UE e promuoverà il progresso della scienza e della tecnologia.

Sono state identificate dieci aree tematiche che corrispondono a settori di grande importanza per la scienza e per la ricerca con i seguenti finanziamenti e obiettivi:

Salute (6.100 M€)

Migliorare la salute dei cittadini europei e rafforzare la competitività e la capacità di innovazione delle industrie e delle aziende europee del settore della salute, affrontando nello stesso tempo que-

stioni sanitarie di livello mondiale come le nuove epidemie.

Si porrà l'accento sulla ricerca traslazionale (trasformazione di scoperte fondamentali in applicazioni cliniche compresa la validazione scientifica dei risultati sperimentali), lo sviluppo e la convalida di nuove terapie, i metodi di promozione della salute e di prevenzione compresa la promozione della salute dei bambini e di un invecchiamento sano, gli strumenti diagnostici e le tecnologie mediche, nonché sistemi sanitari sostenibili ed efficienti.

Prodotti alimentari, agricoltura e biotecnologie (1.935 M€)

Creare una bioeconomia europea basata sulla conoscenza associando scienza, industria ed altre parti interessate, per sfruttare opportunità di ricerca nuove e emergenti che riguardino problematiche sociali, ambientali ed economiche, quali: la crescente richiesta di alimenti più sicuri, più sani e di migliore qualità e di un uso e una produzione sostenibili di risorse biologiche rinnovabili; il rischio in aumento di malattie epizootiche e zoonotiche e di disturbi legati all'alimentazione; le minacce alla sostenibilità e alla sicurezza della produzione agricola, dell'acquacoltura e della pesca; la crescente domanda di prodotti alimentari di elevata qualità, nel rispetto del benessere degli animali e dei contesti rurali e costieri nonché delle esigenze dietetiche specifiche dei consumatori.

TIC: tecnologie dell'informazione e della comunicazione (9.050 M€)

Migliorare la competitività dell'industria europea e consentire all'Europa di dominare e plasmare gli sviluppi futuri delle TIC in modo da soddisfare la domanda della società e dell'economia. Le TIC costituiscono il nucleo della società basata sulla conoscenza e le attività ad esse relati-

ve: rafforzeranno la base scientifica e tecnologica dell'Europa e garantiranno la sua leadership globale nel settore; contribuiranno ad orientare ed incentivare l'innovazione e la creatività nei prodotti, nei servizi e nei processi mediante l'uso di queste tecnologie; e garantiranno che i progressi realizzati nelle TIC vengano rapidamente trasformati in benefici per i cittadini, le imprese, l'industria e le amministrazioni pubbliche europee. Queste attività contribuiranno inoltre a ridurre il divario digitale e l'esclusione sociale.

Nanoscienze, nanotecnologie, materiali e nuove tecnologie di produzione (3.475 M€)

Rafforzare la competitività dell'industria europea e generare conoscenze per garantire la sua trasformazione da un'industria ad alta intensità di risorse in un'industria ad alto coefficiente di conoscenze, innescando cambiamenti graduali nelle conoscenze e l'attuazione di conoscenze decisive per nuove applicazioni all'intersezione tra tecnologie e discipline diverse.

Questo apporterà benefici sia alle nuove industrie ad alta tecnologia sia alle industrie tradizionali di valore superiore fondate sulla conoscenza, con particolare attenzione per la diffusione appropriata dei risultati di Ricerca e Sviluppo Tecnologico tra le PMI.

Queste attività sono principalmente destinate a rendere possibili tecnologie che hanno un impatto su tutti i settori industriali e su molti altri temi del Programma Quadro.

Energia (2.350 M€)

Adeguare l'attuale sistema energetico rendendolo maggiormente sostenibile, meno dipendente da combustibili importati, fondato su una gamma diversificata di fonti di energia, in particolare fonti rinnovabili, vettori energetici e fonti non

inquinanti; rafforzare l'efficienza energetica, anche razionalizzando l'utilizzo e l'immagazzinamento dell'energia; far fronte alle sfide, sempre più pressanti, della sicurezza dell'approvvigionamento e dei cambiamenti climatici, rafforzando nel contempo la competitività delle industrie europee.

Ambiente - inclusi i cambiamenti climatici - (1.890 M€)

Attuare la gestione sostenibile dell'ambiente e delle sue risorse mediante l'approfondimento delle conoscenze sulle interazioni tra clima, biosfera, ecosistemi e attività umane e lo sviluppo di nuove tecnologie, strumenti e servizi al fine di affrontare in modo integrato le questioni ambientali a livello mondiale.

L'attenzione si incentrerà sulla previsione dei cambiamenti del clima e dei sistemi ecologici, terrestri e oceanici; su strumenti e tecnologie per il monitoraggio, la prevenzione, l'attenuazione e l'adeguamento delle pressioni ambientali e dei rischi, anche sulla salute, nonché per la sostenibilità dell'ambiente naturale e antropizzato.

Trasporti - inclusa l'aeronautica - (4.160 M€)

Sviluppare sistemi paneuropei di trasporto integrati, più sicuri, più ecologici e «intelligenti» a vantaggio di tutti i cittadini, della società e della politica in materia di clima, nel rispetto dell'ambiente e delle risorse naturali sulla base dei progressi tecnologici ed operativi e della politica dei trasporti europea; consolidare e approfondire la competitività che le industrie europee hanno raggiunto nel mercato mondiale.

Scienze socioeconomiche e umanistiche (623 M€)

Generare una comprensione approfondita e condivisa delle sfide socioeco-

niche, complesse e interconnesse, che l'Europa deve affrontare, ad esempio la crescita, l'occupazione e la competitività, la coesione sociale, le sfide in campo sociale, culturale e nel settore dell'istruzione in una UE allargata nonché la sostenibilità, le sfide ambientali, il cambiamento demografico, la migrazione e l'integrazione, la qualità della vita e l'interdipendenza globale, in particolare nell'intento di istituire una base di conoscenze più adeguata per le politiche nei settori interessati.

Spazio (1.430 M€)

Sostenere un programma spaziale europeo incentrato su applicazioni quali il Sistema globale di osservazione per l'ambiente e la sicurezza (GMES), a beneficio dei cittadini e della competitività dell'industria spaziale europea.

Si contribuirà in tal modo allo sviluppo di una politica spaziale europea, ad integrazione delle attività condotte dagli Stati membri e da altri organismi importanti quali l'Agenzia Spaziale Europea (ESA).

Sicurezza (1.400 M€)

Sviluppare le tecnologie e le conoscenze che permetteranno di costruire le capacità necessarie al fine di assicurare la sicurezza dei cittadini da minacce, quali il terrorismo, le calamità naturali e la criminalità, pur nel rispetto dei diritti fondamentali dell'uomo inclusa la vita privata; consentire un utilizzo ottimale e concertato delle tecnologie disponibili a beneficio della sicurezza civile europea, incentivare la cooperazione tra fornitori e utenti al fine di trovare soluzioni in materia di sicurezza civile, migliorando la competitività dell'industria europea della sicurezza e producendo i risultati di ricerche mirate al fine di ridurre le lacune in materia di sicurezza.

Ripartizione finanziamenti del 7° Programma Quadro Ricerca e Sviluppo Tecnologico

Programmi	milioni di euro
Cooperazione	32.413
Salute	6.100
Prodotti alimentari, agricoltura e biotecnologie	1.935
Tecnologie dell'informazione e della comunicazione	9.050
Nanoscienze, nanotecnologie, materiali e nuove tecnologie di produzione	3.475
Energia	2.350
Ambiente (ivi compresi i cambiamenti climatici)	1.890
Trasporti (ivi compresa l'aeronautica)	4.160
Scienze socioeconomiche e umanistiche	623
Spazio	1.430
Sicurezza	1.400
Idee	7.510
Persone	4.750
Capacità	4.097
Infrastrutture di ricerca	1.715
Ricerca a favore delle PMI	1.336
Regioni della conoscenza	126
Potenziale di ricerca	340
Scienza nella società	330
Sviluppo coerente di politiche di ricerca	70
Attività di cooperazione internazionale	180
Azioni non nucleari del Centro Comune di Ricerca	1.751
TOTALE	50.521

Idee

Questo programma finanzierà la ricerca di frontiera promossa dai ricercatori in tutti i campi della ricerca sulla base dell'eccellenza e sarà attuata attraverso il Consiglio Europeo della Ricerca (CER). I progetti saranno presentati da singoli ricercatori e verranno valutati in base all'unico criterio dell'eccellenza secondo la valutazione tra pari.

Persone

Questo programma mira alla formazione e mobilità dei ricercatori allo scopo di incrementare la quantità e la qualità dei ricercatori in Europa. I ricercatori europei saranno incoraggiati a rimanere in Europa mentre i migliori ricercatori del mondo dovrebbero essere attratti dall'eccellenza e dalle infrastrutture della ricerca europea.

Capacità

Questo programma ha come obiettivo l'ottimizzazione dell'uso e dello sviluppo di infrastrutture di ricerca e il rafforzamento delle capacità innovative delle PMI per un migliore utilizzo della ricerca.

Saranno finanziate anche attività di cooperazione internazionale e progetti che avvicinino la società e la scienza europea.

Questa parte del Programma Quadro migliorerà le capacità di ricerca e di innovazione in tutta Europa e ne garantirà un utilizzo ottimale.

Tale finalità sarà conseguita tramite le sette azioni che hanno i seguenti finanziamenti e obiettivi:

Infrastrutture di ricerca. (1.715 M€)

Ottimizzare l'uso e lo sviluppo delle migliori infrastrutture di ricerca esistenti in Europa; contribuire alla creazione in tutti i campi della scienza e della tecnologia di nuove infrastrutture di ricerca di interesse paneuropeo, necessarie alla comunità scientifica europea per rimanere all'avanguardia nella ricerca e tali da aiutare le imprese a rafforzare la loro base di conoscenze e il loro know-how tecnologico.

Potenziare le capacità di innovazione delle PMI e la loro capacità di trarre benefici dalle attività di ricerca (1.336 M€)

Rafforzare le capacità di innovazione delle PMI europee per il loro contribu-

to allo sviluppo di prodotti e mercati basati sulle nuove tecnologie, aiutandole ad esternalizzare le attività di ricerca, incrementare le proprie attività in questo settore, ampliare le loro reti, sfruttare meglio i risultati della ricerca, acquisire un know-how tecnologico e colmare il divario esistente tra ricerca e innovazione.

Sostenere lo sviluppo di raggruppamenti regionali orientati alla ricerca (126 M€)

Rafforzare il potenziale di ricerca delle regioni europee, in particolare promuovendo e sostenendo lo sviluppo, in tutta Europa, dei "raggruppamenti regionali orientati alla ricerca", che associano università, istituti di ricerca, imprese e autorità regionali.

Esprimere il potenziale di ricerca esistente nelle regioni di convergenza e nelle regioni ultraperiferiche dell'UE (340 M€)

Incentivare la realizzazione del pieno potenziale di ricerca dell'Unione allargata esprimendo e sviluppando l'eccellenza esistente o emergente nelle regioni di convergenza e ultraperiferiche dell'UE e aiutando a rafforzare le capacità dei loro ricercatori in modo che possano partecipare con successo alle attività di ricerca a livello comunitario.

Avvicinare la scienza e la società in vista di un'armoniosa integrazione della scienza e della tecnologia nella società europea (330 M€)

Incentivare l'integrazione armoniosa nella ricerca scientifica e tecnologica e le relative politiche in materia di ricerca nel tessuto sociale europeo, incoraggiando la riflessione e il dibattito su scala europea sul tema della scienza

Sostenere lo sviluppo coerente delle politiche in materia di ricerca (70 M€)

Accrescere l'efficacia e la coerenza delle politiche nazionali e comunitarie in materia di ricerca e la loro articolazione con altre politiche, migliorando l'impatto della ricerca pubblica e i suoi collegamenti con l'industria e rafforzando il sostegno pubblico e il suo effetto leva sugli investimenti da parte del settore privato.

Attuare azioni orizzontali e misure a favore della cooperazione internazionale (180 M€)

Sostenere la competitività europea mediante partenariati strategici con paesi terzi in settori scientifici selezionati e invitando i migliori scienziati dei paesi terzi a lavorare in e con l'Europa. Agevolare i contatti con i partner dei paesi terzi per favorire un migliore accesso alle ricerche condotte nel mondo. Affrontare problemi specifici che colpiscono i paesi terzi o problemi di portata mondiale sulla base dell'interesse e dei vantaggi reciproci.

Azioni non nucleari del Centro Comune di Ricerca (CCR)

Fornire un supporto scientifico e tecnico orientato alle esigenze dei clienti nel processo di elaborazione delle politiche comunitarie, facilitando l'attuazione e il controllo delle politiche esistenti e rispondendo alle nuove esigenze strategiche.

Bilancio

Il bilancio approvato è di 50,5 miliardi di euro a cui si aggiungono i 2,751 miliardi per il programma quadro EURATOM per le attività di ricerca e formazione nucleare per il periodo 2007-2011 (vedi riquadro). Lo stanziamento definitivo è inferiore a quello inizialmente proposto dalla Commissione (72 miliardi di euro) e tale riduzione è stata determinata dall'accordo sulle prospettive finanziarie dell'UE per il 2007-2013.

EURATOM (CEEA)

La Comunità Europea dell'Energia Atomica (CEEA) adotta un programma quadro separato per la ricerca nucleare e le attività di formazione. L'iniziale periodo quinquennale 2007-2011 può essere prolungato a sette anni arrivando al 2013.

Il programma quadro per le attività di ricerca e formazione nel settore nucleare comprende la ricerca comunitaria, lo sviluppo tecnologico, la cooperazione internazionale, la diffusione di informazioni tecniche e attività di valorizzazione, nonché la formazione.

Sono previsti due programmi specifici:

- **Ricerca sull'energia di fusione**, che mira allo sviluppo della tecnologia al fine di ottenere una risorsa energetica sicura e sostenibile, che sia responsabile dal punto di vista ambientale e attuabile dal punto di vista economico. Tra le attività figurano la realizzazione di ITER (quale infrastruttura internazionale di ricerca), la ricerca e lo sviluppo del funzionamento dell'ITER, attività tecnologiche preparatorie di DEMO, la preparazione di un Impianto internazionale di irraggiamento di materiali di fusione (IFMIF). Sono anche progettate attività di ricerca e di sviluppo a lungo termine, così come il potenziamento di risorse umane, iniziative di istruzione e di formazione.

- **Fissione nucleare e protezione da radiazione** con l'obiettivo di incrementare in particolare la sicurezza e il rendimento delle risorse nonché migliorare il rapporto costi-benefici della fissione nucleare e di altri usi delle radiazioni nel settore industriale e medico. Tali attività comprenderanno:

- la gestione di rifiuti radioattivi;
- sistemi di reazione;
- protezione da radiazioni;
- infrastrutture;
- risorse umane, mobilità e formazione;

Il secondo programma coprirà le Attività del Centro Comune di Ricerca (CCR) in materia di energia nucleare, comprese le attività di:

- gestione di rifiuti nucleari e impatto ambientale;
- antinfortunistica nel settore del nucleare;
- sicurezza nucleare.

Bilancio (2,751 miliardi di euro per il periodo 2007-2011)

<i>Ricerca sull'energia di fusione*</i>	<i>1.947 milioni di euro</i>
<i>Fissione nucleare e protezione da radiazione</i>	<i>287 milioni di euro</i>
<i>Attività nucleari del Centro Comune di Ricerca</i>	<i>517 milioni di euro</i>

*Della somma prevista per la ricerca sull'energia di fusione almeno 900 milioni di euro saranno riservati ad attività diverse dalla costruzione dell'impianto di energia di fusione ITER.

La dotazione media annuale è di 7 miliardi di euro ma è stato previsto il raddoppio della dotazione annuale disponibile per i bandi dal primo all'ultimo anno del programma; infatti, l'importo disponibile nel 2007 per il finanziamento delle attività è di circa 5

miliardi di euro che saranno incrementati negli anni seguenti fino a raggiungere quasi i 10 miliardi nel 2013.

Il 64% del bilancio sarà assorbito dal programma Cooperazione (aree tematiche) e il 15% circa dal programma Idee (ricerca di frontiera).

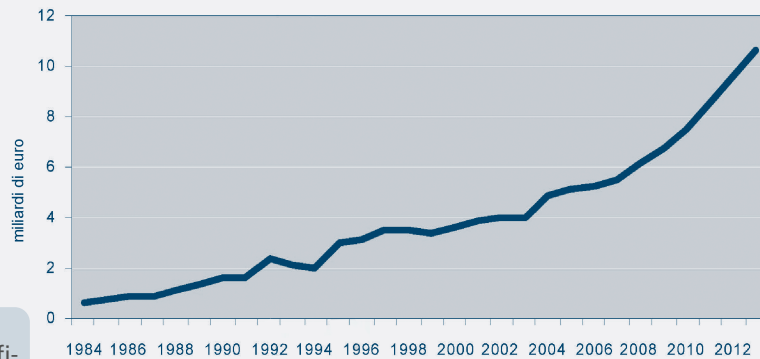


Figura 1
Andamento dei finanziamenti annuali tra il 1984 e il 2013 dei Programmi Quadro di ricerca EU
Fonte: Commissione Europea

Attuazione del 7PQ

La attività previste saranno attuate attraverso il finanziamento di diverse tipologie di progetti ed attività.

Per quanto riguarda il programma Cooperazione sono previste azioni finanziate principalmente attraverso *inviti a presentare proposte* e un processo di valutazione e selezione.

I *progetti di ricerca* saranno sviluppati dai partecipanti di diversi paesi con l'obiettivo di sviluppare nuova conoscenza, nuova tecnologia, prodotti, attività di dimostrazione o risorse comuni per la ricerca. La taglia, lo scopo e l'organizzazione interna dei progetti varierà secondo il tema e il settore. La taglia dei progetti potrà essere piccola o media fino a grandi progetti integrati per il raggiungimento di obiettivi specifici.

Le *reti di eccellenza* attueranno un programma congiunto di attività e saranno costituite da organizzazioni di ricerca che integreranno i loro gruppi di ricercatori nel quadro di una collaborazione a lungo termine.

Le *azioni di coordinamento e supporto* prevedono il coordinamento e il supporto di attività di ricerca e di politiche (reti, scambi, accesso transnazionale a infrastrutture di ricerca, studi, conferenze).

Le dieci aree tematiche saranno inoltre aperte al finanziamento di progetti di *cooperazione internazionale* attraverso:

- l'apertura di tutte le attività del PQ (con restrizioni solo per il tema "sicurezza") ai ricercatori e organismi di ricerca di tutti i paesi terzi, con un forte incoraggiamento alla partecipazione;
- azioni specifiche di cooperazione in ogni area tematica dedicata a paesi terzi in caso di mutuo interesse a cooperare su particolari temi (strettamente associata ad accordi di cooperazione bilaterale o multilaterale).

Sono previste inoltre attività di coordinamento di programmi di ricerca non comunitari relativi alla partecipazione della Comunità all'implementazione di programmi congiunti di ricerca nazionale (art. 169 del Trattato) e allo sviluppo e il rafforzamento del coordinamento delle attività di ricerca nazionali e regionali secondo lo schema ERA NET.

Altre attività saranno invece finanziate attraverso una decisione del Consiglio sulla base di una proposta della Commissione e riguarderanno le iniziative tecnologiche congiunte (Joint Technology Initiatives) previste dall'art.

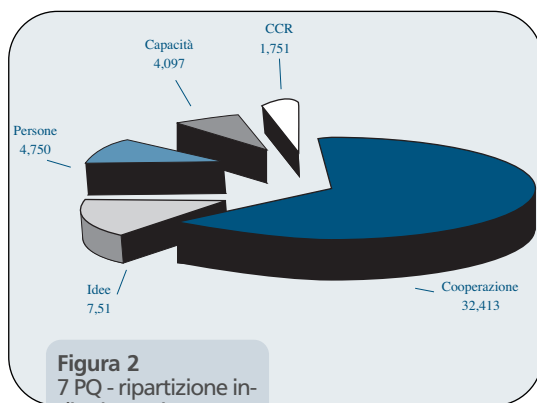


Figura 2
7 PQ - ripartizione indicativa tra i programmi (miliardi di euro)
Fonte: elaborazione ENEA su dati CE

171 del Trattato che scaturiscono dalla necessità di stabilire la collaborazione pubblica e privata a lungo termine su uno o pochi selezionati aspetti di un tema di ricerca che richiede grandi risorse.

Queste iniziative risulteranno dall'unione di investimenti privati, pubblici nazionali ed europei incluso il finanziamento del 7PQ e prestiti della Banca Europea degli Investimenti.

Potenziali iniziative congiunte saranno identificate sulla base di una serie di criteri che includono:

- incapacità degli strumenti esistenti di conseguire l'obiettivo;
- entità dell'impatto sulla competitività e la crescita industriali;
- valore aggiunto dell'intervento a livello europeo;
- grado di definizione e chiarezza dell'obiettivo e dei risultati tangibili da perseguire;
- portata dell'impegno finanziario e in termini di risorse dell'industria;
- importanza del contributo a favore di obiettivi strategici più ampi, incluso il vantaggio per la società;
- capacità di attirare aiuti nazionali supplementari e incentivare finanziamenti industriali, subito e in futuro.

Si tratta di uno strumento nuovo per il PQ, risultante principalmente dalle attività delle Piattaforme Tecnologiche Europee (PTE) che mettono insieme le parti interessate (imprese, istituzioni di ricerca, mondo finanziario e autorità nazionali a livello europeo) guidate dall'industria per definire un'agenda comune su un tema di ricerca che dovrebbe mobilitare una massa critica di risorse pubbliche e private, nazionali ed europee. Sono state varate oltre trenta Piattaforme Tecnologiche ma pochissime di queste diventeranno iniziative tecnologiche congiunte; la loro attività ha, tra l'altro fornito un importante contributo all'elaborazione dei contenuti dei programmi di lavoro del 7PQ.

Regole di partecipazione

Le regole per la partecipazione di imprese, centri di ricerca e università alle azioni nell'ambito del 7PQ e per la diffusione dei risultati della ricerca sono state pubblicate sulla GU CE L391 del 30 dicembre 2006 e stabiliscono le condizioni di partecipazione, le procedure di presentazione e di valutazione dei progetti, i diritti e gli obblighi dei partecipanti, le norme finanziarie e le norme relative alla tutela della proprietà intellettuale.

Le nuove regole di partecipazione perseguono l'obiettivo della semplificazione delle procedure e della riduzione dei ritardi nel passaggio dalla fase di presentazione del progetto alla firma del contratto. Resta confermata la condizione minima di partecipazione di tre soggetti giuridici stabiliti ognuno in uno Stato membro o paese associato al 7PQ, con eccezioni per azioni particolari come quelle di cooperazioni specifiche incentrate su paesi partner (quattro soggetti) o per le azioni di formazione e sviluppo dei ricercatori e i progetti di ricerca "di frontiera" (un solo soggetto giuridico).

Le principali novità rispetto al precedente PQ riguardano anche l'eliminazione della responsabilità finanziaria collettiva tra i partecipanti allo stesso progetto. Per cautelarsi la Commissione ha introdotto un apposito Fondo di garanzia alimentato da una trattenuta del 5% sul primo anticipo che sarà riversato ai partner a fine progetto. Gli interessi maturati sul fondo costituiscono per la Commissione la garanzia bancaria e copriranno eventuali fallimenti dei partner.

L'accordo consortile (*consortium agreement*) diventa, nel 7PQ, obbligatorio se non diversamente specificato nell'invito a presentare proposte e la Commissione, a differenza di quanto avveniva nel sesto PQ, fissa nelle regole di partecipazione i punti essenziali dell'accordo (art. 24).

Sarà inoltre più semplice modificare la composizione dei partecipanti secondo le procedure indicate nell'accordo consortile senza ricorrere ad accordi aggiuntivi notificando le modifiche alla Commissione.

Con il 7PQ cambia anche il sistema di rimborso dei costi: sparisce la definizione di "modello di costo" e tutti i partecipanti renderanno i costi eleggibili direttamente imputabili al progetto e le spese generali calcolate secondo una percentuale.

È stata inoltre incrementata la percentuale di cofinanziamento della Commissione per organismi pubblici senza scopo di lucro, istituti di istruzione secondaria e superiore, organismi di ricerca e PMI.

Per le attività di ricerca e sviluppo tecnologico, il contributo finanziario della Commissione arriverà fino al 75% (anziché il 50%). La stessa percentuale di cofinanziamento sarà attribuita a progetti di ricerca e sviluppo tecnologico nel campo della sicurezza.

Per le attività di dimostrazione il contributo finanziario della Commissione arri-

verà al 50% (anziché il 35%).

Il finanziamento potrà arrivare, per tutti i partecipanti, al 100% per le azioni di ricerca di frontiera, azioni di coordinamento e sostegno e azioni per la formazione e sviluppo della carriera dei ricercatori nonché per le attività di gestione (inclusi i certificati relativi agli stati finanziari).

È stato inoltre ridotto, rispetto a quanto richiesto nel Sesto PQ, il numero dei certificati relativo agli stati finanziari che saranno necessari solo al raggiungimento del limite di 375.000 euro di contributo finanziario e, comunque, alla fine del progetto. Per quanto riguarda infine i diritti di proprietà intellettuale, la Commissione ha ridotto la necessità di approvazione preventiva da parte della Commissione e quella preventiva tra i partner stessi modificando, rispetto al Sesto PQ, anche le definizioni di conoscenze preesistenti e conoscenze acquisite nel progetto.

Primi inviti a presentare proposte

Il 22 dicembre 2006 sono stati pubblicati sulla GU CE C316 i primi inviti a presentare proposte con scadenze diverse nel corso del 2007.

La presentazione sarà esclusivamente elettronica (CORDIS: <http://cordis.europa.eu/7calls/>) e la procedura di valutazione sarà principalmente in due fasi secondo quanto specificato nei relativi inviti a presentare proposte.

Per informazioni

ENEA - Ufficio di Presidenza/Relazioni Internazionali

pibiri@sede.enea.it

Il Prof. Ferrari è il fondatore e il Direttore del Centro di Ricerca sulle Applicazioni della Telematica alle Organizzazioni e alla Società (CRATOS) presso la Facoltà di Economia dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, Sede di Piacenza. È Professore ordinario di Informatica generale presso la stessa Facoltà, e Professor Emeritus of Computer Science all'Università della California a Berkeley. È membro del Consiglio Scientifico dell'ENEA, è Fellow dell'Institute of Electrical and Electronic Engineers dal 1987, e ha ricevuto nello stesso anno l'A.A. Michelson Award del Computer Measurement Group. Nel 2001 è diventato Fellow dell'Association for Computing Machinery (ACM). Quest'anno ha ricevuto l' ACM SIGCOMM (Special Interest Group on Data Communications) Award come riconoscimento per i fondamentali contributi resi nel campo delle "communication networks", per aver co-fondato e diretto l'ICSI International Computer Science Institute), Istituto di fama internazionale, e per la sua dedizione nella formazione di una nuova generazione di ricercatori. Domenico Ferrari si è laureato in ingegneria elettronica al Politecnico di Milano nel 1963. Nel 1970, è stato nominato Assistant Professor of Computer Science all'Università della California a Berkeley e, nel 1979, Full Professor. Nel 1976 è stato



Intervista al Prof. Domenico Ferrari

A cura di Osvaldo Aronica

chiamato al Politecnico di Milano come Professore Straordinario di Impianti per l'Elaborazione dell'Informazione. Nel 1977-79 è stato Vice-Chairman for Graduate Matters del Dipartimento di Electrical Engineering and Computer Sciences a Berkeley e, dal 1983 al 1987, Chairman della Computer Science Division della stessa Università. Le sue ricerche dal 1970 a oggi si sono concentrate prima sui proble-

mi della valutazione delle prestazioni dei sistemi informatici, poi sui sistemi distribuiti, e infine sulle reti informatiche ad alta velocità per la trasmissione di traffico contenente immagini, suoni e sequenze video nonché dati e informazioni testuali. Con i suoi studenti di dottorato di Berkeley, ha progettato e costruito uno dei primissimi insiemi di protocolli di comunicazione in grado di garantire la qualità delle trasmissioni digitali multimediali su reti informatiche a pacchetti. Attualmente, si occupa anche di applicazioni industriali, commerciali e sociali delle reti informatiche. Coordina un grande progetto sulla "e-logistics" co-finanziato dalla Regione Emilia-Romagna, e, sempre per la Regione, dirige l'Innovation Lab, una struttura che fa parte dell'Innovation Center di Piacenza e che promuove il trasferimento alle piccole imprese e agli enti pubblici locali dell'innovazione organizzativa basata sull'uso dell'ICT.

Prof. Ferrari, lei si è laureato e ha insegnato per alcuni anni in Italia per poi trasferirsi negli Stati Uniti, presso l'Università di Berkeley in California. Quanto e come hanno influito le due diverse esperienze nella sua formazione?

La mia formazione scolastica e accademica è stata tutta italiana. Anche i primi anni della mia attività di ricercatore si sono svolti in Italia, al Politecnico di Milano. Quando mi trasferii (solo per restarvi un anno!) negli Stati Uniti, avevo già 29 anni compiuti. Questo, naturalmente, non vuol dire che negli Stati Uniti io non abbia imparato nulla: al contrario, vi ho imparato moltissimo, così come ora, che vivo in Italia dal 1995, continuo a imparare nuove cose e nuovi approcci ogni giorno. È difficile per me dire quali esperienze hanno contato di più: direi tutte, in misure non molto diverse tra loro.

Per anni lei ha insegnato Computer Science all'Università di Berkeley e da una decina d'anni insegna presso l'Università Cattolica di Piacenza, conosce dunque bene entrambe le realtà formative. Quali sono le differenze principali, quali i punti di forza e di debolezza?

I due sistemi universitari sono, visti da vicino, molto diversi. Le mentalità dei docenti e degli studenti sono soltanto simili in superficie, ma ci sono veri abissi nei particolari che contano. La differenza forse più profonda è questa: il sistema statunitense ha un senso compiuto, è un sistema ragionevole, le sue parti "tengono" e si possono giustificare con gli obiettivi generali del sistema stesso; quello italiano no. Forse, un tempo anche il sistema italiano era coerente; la sua centralizzazione esasperata era inescusabile e soffocante ma almeno ne giustificava la struttura e le regole. Negli ultimi due decenni, è stata introdotta una autonomia a metà, con risultati veramente risibili (per esempio, le università dovrebbero competere tra loro, il che significa disputarsi i docenti e gli studenti migliori, ma i loro docenti sono nominati da comitati nazionali in cui i docenti delle università "avversarie" sono in maggioranza).

Lei è uno dei pochi "cervelli" rientrati in Italia, a fronte di tanti "cervelli" che continuano ad emigrare oltreoceano o in altri paesi europei. Dopo un decennio, come valuta la sua scelta di tornare?

Buona dal punto di vista affettivo (sono tornato nella mia città, vivo nella casa di campagna in cui sono nato). Molto meno buona dal punto di vista del lavoro (ma, alla mia età,).

I finanziamenti per le attività di ricerca nelle Università degli Stati Uniti, anche nel campo dell'informatica, provengono sia dal settore pubblico sia da quello privato. Ritiene che questo modello di collaborazione possa trovare applicazione nel nostro Paese?

Non so se il settore privato italiano sia culturalmente preparato ad agire come il suo corrispondente americano in questo campo. Temo che non lo sia, con la sola eccezione delle grandi imprese, che peraltro sono quasi scomparse. Toccherebbe al settore pubblico incentivare adeguatamente i comportamenti virtuosi di quello privato, almeno inizialmente. Una volta innescato il fenomeno (ammesso che esso si inneschi), gli incentivi potrebbero essere gradualmente rimossi, in modo che i contributi privati fossero genuinamente e totalmente privati.

Qual è lo stato della ricerca nel campo dell'informatica in Italia e in Europa? L'informatica è ormai appannaggio degli Usa, del Giappone e fra non molto anche dei paesi emergenti dell'Asia (Cina in primis). Quali possibilità in termini di mercati e di percorsi, se ce ne sono, sono ancora possibili per l'Europa e l'Italia?

La domanda è assolutamente corretta: Usa e Giappone sono nettamente più forti dell'Europa, e i paesi emergenti dell'Asia stanno dimostrando che chi non vuole perdere un treno lo può sempre prendere, purché seriamente lo voglia. È ormai dagli anni Sessanta che si sente dire che l'Europa (e, con essa, l'Italia; in certi casi, solo l'Italia) ha ormai perso il treno dello hardware, il treno del software, il treno dei servizi telematici, il treno di Internet ecc. La Cina ci dimostra che nessun treno è mai definitivamente perso, se non da chi si rassegna ad averlo perso. D'altro canto, è possibile che l'Europa e l'Italia si mettano seriamente a rincorrere uno dei treni dell'informatica? Io credo di sì, ma, conoscendole, credo anche che sia estremamente difficile.

L'informatica, la Computer Science e più in generale l'ICT (Information and Communications Technology) ormai, oltre a investire pressoché ogni nostra attività lavorativa e il nostro vivere di tutti i giorni, sembrano rappresentare quasi la piattaforma comune, " il catalizzatore " per altre discipline scientifiche anche molto distanti fra loro. Basti pensare, uno per tutti, al progetto Genoma. È corretto pensare a un ritorno a una cultura che non faccia più distinzione fra quella umanistica e quella scientifica? Cosa ci riserva il futuro?

Credo che sia certamente possibile, e molto stimolante, pensarci; questo riavvicinamento tra le "due culture" potrebbe effettivamente continuare fino a portare, se non ad una fusione, almeno ad una vicinanza ora impensabile. Forse, questo potrebbe avvenire anche senza richiedere l'ormai impossibile regresso della sempre più spinta specializzazione. Quanto tempo potrebbe volerci per raggiungere questo ipotetico traguardo? Se si dovesse rispondere alla domanda dal punto di osservazione offerto da una città di provincia italiana d'oggi, si sarebbe tentati di dire che questo tempo risulterà quasi infinito.

Lei è stato recentemente insignito dell'ACM SIGCOMM Award 2006, che premia i ricercatori delle reti. Può farci capire meglio gli studi che sta sviluppando e cosa le ha valso il premio? Cosa può dirci sul futuro di Internet? Cosa dobbiamo aspettarci?

Il premio mi è stato dato principalmente per il lavoro da me svolto a Berkeley tra il 1987 e il 1995 (vi sono anche altri argomenti nella motivazione del premio, ma qui mi sto riferendo al primo, che è anche quello che ha più direttamente a che fare con la ricerca fatta da me e dal mio gruppo). L'obiettivo della ricerca era determinare l'ottenibilità di un'elevata qualità per il trasporto di audio e video su reti a pacchetto come quelle che costituiscono Internet; queste reti sono governate da protocolli (quelli classici di Internet) intrinsecamente incapaci di fornire garanzie sui ritardi con cui i vari pacchetti che contengono i brani vocali o i fotogrammi vengono consegnati alla destinazione. Io sono stato uno dei primi ricercatori a proporre e studiare protocolli capaci di garantire valori massimi per i ritardi; con i miei studenti, ho anche costruito alcuni prototipi di tali protocolli. Il nostro lavoro ha avuto grande risonanza ed è stato seguito, nello stesso periodo, da quello di numerosi altri gruppi operanti in tutto il mondo. Dalla metà degli anni Novanta, l'inte-

resse si è molto ridotto, e io stesso non ho più lavorato su quel tema. Ora, si sta aspettando che i protocolli già pronti per Internet vengano "varati" su di essa, ma per il momento nessuno è in grado di prevedere se ciò avverrà o no, e quando. Cos'altro dobbiamo aspettarci? L'avvento di svolte imprevedibili è sempre possibile, anzi, piuttosto probabile, ma non ne posso dire nulla proprio a causa dell'imprevedibilità di questi sviluppi. Posso solo accennare al continuo espandersi dell'uso di Internet e del Web in vecchi e nuovi settori di applicazione. Io, ad esempio, sto lavorando anche, e soprattutto, nel settore della e-logistics, dove Internet può essere usata non solo per ridurre i costi della logistica aziendale, ma anche per ridurre i negativi effetti ambientali.

Dal febbraio del 2005, lei fa parte del Consiglio Scientifico dell'ENEA. Un Ente caratterizzato da una profonda interdisciplinarietà sia nei programmi di ricerca sia nella struttura. Qual è il suo giudizio di esperto di fama mondiale nel campo della Computer Science sulle attività connesse con l'innovazione tecnologica dell'Ente e sulle loro possibili linee di sviluppo?

All'ENEA nascono continuamente idee innovative, alcune delle quali, ma troppo poche rispetto al dovuto, trovano modo di raggiungere la luce, cioè, in ultima analisi, il mercato. Le condizioni perché l'ENEA diventi veramente una delle due o tre "fabbriche pubbliche di innovazioni" d'Italia ci sono tutte. Bisognerebbe aumentare gli incentivi per i ricercatori alle visite sabbatiche presso università e centri di ricerca italiani e stranieri, all'ospitalità nei confronti di scienziati di tutto il mondo, e soprattutto alla brevettazione e alla creazione di spin-off. Tutte le attività in grado di stimolare la creazione di idee nuove e la loro realizzazione e sperimentazione dovrebbero essere premiate come meritorie, sia con onori che in modi più concreti e tangibili, così che nascano nobili gare tra innovatori riconosciuti o aspiranti innovatori. In altri termini, occorre spingere e promuovere con tutti i mezzi la cultura dell'innovazione, che in Italia è molto poco diffusa.

Per informazioni

ENEA - Dipartimento Tecnologie Fisiche e Nuovi Materiali
aronica@casaccia.enea.it

L'Italia nella competizione tecnologica internazionale

A cura di Daniela Palma

Il Quinto Rapporto 2006 dell'Osservatorio ENEA riprende l'analisi degli andamenti della competitività tecnologica internazionale e italiana, aggiornando dati e riflessioni agli ultimi anni. La disponibilità di serie storiche ha consentito di ampliare la conoscenza dei vari modelli e dei vari sistemi innovativi adottati nei diversi paesi con risvolti interpretativi di possibile interesse per le policy



Lo scenario mondiale

Terminata nel 2001 la fase recessiva, l'economia mondiale ha ripreso ad espandersi e ad essa si è accompagnato un andamento sostanzialmente coerente del commercio internazionale. In tale contesto si conferma lo sviluppo degli scambi di prodotti manifatturieri ad alto contenuto tecnologico, che continuano a registrare ritmi di crescita mediamente maggiori di quelli relativi agli scambi di prodotti a tecnologia medio-bassa (figura 1).

Al vertice delle più recenti dinamiche degli scambi di prodotti high tech si pongono in particolare i settori degli Strumenti e materiali ottici, degli Elettromedicali e della Farmaceutica, con tassi di crescita che nell'ultimo quinquennio hanno largamente superato quello medio degli scambi di prodotti high-tech – pari al 39% – con incrementi rispettivamente dell'81%, del 72% e del 59%. Dinamiche inferiori alla media sono invece presenti nei settori dell'Automazione, dell'Aerospazio e delle Macchine per ufficio.

Italy in international technological competition

The Fifth report of ENEA Observatory resumes ENEA's analysis of the trends in international and Italian technological competitiveness, updating data and reflections on the past few years. The availability of longer historical series broadens our knowledge of the models and innovative systems used in different countries, with interpretive implications that should interest policymakers

Il consolidamento di trasformazioni strutturali dell'economia mondiale di natura tecnologica che l'evoluzione degli scambi commerciali consente di rilevare, non è tuttavia pienamente compreso se non si tiene conto dell'intenso processo di internazionalizzazione produttiva che ha caratterizzato l'ultimo decennio. In questo senso si profila uno scenario competitivo che è non solo più ampio, ma anche più complesso e che per questo impone una lettura qualitativamente diversa del-

la leadership economica dei maggiori paesi industriali.

Relativamente alle grandi aree geo-economiche, l'andamento delle quote di esportazioni mondiali dell'insieme dei prodotti manifatturieri [1] conferma il peso crescente dei paesi in via di sviluppo e, in particolare, dell'area asiatica, a scapito dei paesi industrializzati che perdono oltre 6 punti percentuali nel corso degli ultimi sei anni. Il significativo peso acquisito dai paesi dell'Asia nell'economia mondiale, anche

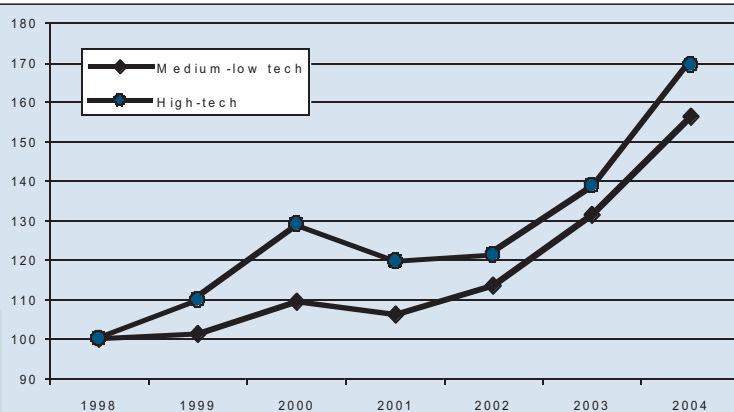


Figura 1
Andamento delle esportazioni mondiali (1998=100)
Fonte: elaborazione ENEA su dati ONU

Osservatorio su "L'Italia nella competizione tecnologica internazionale"

L'Osservatorio, costituito dall'ENEA nel 1993, nasce in risposta all'esigenza di valutare le performance e le potenzialità innovative del sistema industriale italiano, tenuto conto dei contesti internazionali entro i quali hanno significato gli andamenti nazionali e dei contesti regionali che danno luogo a tali andamenti, e al fine di fornire un supporto conoscitivo a istituzioni pubbliche centrali e regionali coinvolte in responsabilità di indirizzo e/o controllo e/o attuazione di interventi in materia di innovazione tecnologica. L'attività dell'Osservatorio ENEA è strutturata sulla definizione di una classificazione di produzioni ad alta tecnologia e, con riferimento a questa, sull'elaborazione e analisi di indicatori basati sulle statistiche del commercio estero, dei brevetti e degli investimenti diretti esteri. L'apparato statistico ed analitico così delineato consente, da un lato di cogliere un aggregato di produzioni high tech non convenzionale, ma centrato sull'indicazione diretta del contenuto tecnologico dei prodotti da parte di tecnologi ed esperti di settore e in questo senso indicativo della "dinamica tecnologica globale", dall'altro, mediante il sopraccitato insieme di indicatori, di cogliere la complessità dell'attività innovativa del sistema paese e degli importanti nessi che legano questa ai processi di globalizzazione delle economie. L'Osservatorio pubblica con cadenza biennale il Rapporto su "L'Italia nella competizione tecnologica internazionale".

nel campo delle produzioni tecnologicamente avanzate, deve comunque essere ricondotto alla crescente dinamica dei flussi di Investimenti Diretti Esteri (Ide) e, in particolare, alla forte concentrazione che proprio in quest'area essi hanno raggiunto, pari a circa il 40% dei flussi totali.

La redistribuzione delle quote di commercio manifatturiero a vantaggio delle aree emergenti risulta più accentuata nell'ambito dei settori dell'alta tecnologia, con una forte concentrazione nei settori delle Macchine per ufficio, delle Telecomunicazioni e della Componentistica elettronica. Nell'ambito della Triade (UE, USA, Giappone), a fronte di una relativa stabilità della quota mondiale di export high-tech dell'UE(15), che registra fluttuazioni intorno al 38%, assai significative sono le perdite riportate dagli Stati Uniti, che da una quota del 23,6% nel 1998, passano nel 2004 al 16% con una perdita di oltre il 30%, e del Giappone, con una contrazione di più del 23% della propria quota, scesa sotto il 10%, alla quale si accompagna anche una flessione dei *Nic's* asiatici [2] (*New Industrialized Countries*), collegati ad esso sotto il profilo produttivo e commerciale. Il nuovo scenario appare in effetti sorprendente rispetto al carattere del confronto competitivo caratterizzato per lungo tempo dalle leadership tecnologiche di Stati Uniti e Giappone, con una storia, iniziata negli anni 60, in cui ha prevalso una dinamica di sostanziale alternanza tra i due paesi. Conquistano, invece, quote di mercato nelle esportazioni di prodotti high-tech i *Nec's* [3] asiatici (*New Exporting Countries*) e, soprattutto, la Cina la cui quota raddoppia tra il 2000 e il 2003 attestandosi quasi sul 9%. Significativo è tuttavia l'emergere di segnali che inducono a rilevare lo stabilirsi di condizioni che potranno operare – e in alcune situazioni già operano – per allentare la sostanziale dipendenza tecnologica dei paesi emergenti dai leader tecnologici: la Corea, ad esempio, ha

raggiunto una quota dei brevetti mondiali nei settori high-tech di quasi il 2%, confrontabile con quella di paesi industrializzati, mentre in Cina, negli ultimi sei-sette anni la spesa in ricerca è pressoché raddoppiata e il numero di ricercatori è aumentato del 60%.

La posizione competitiva dell'Unione Europea

L'evoluzione generale

Nel corso dell'ultimo decennio i paesi dell'UE(15) sono riusciti ad arginare un preoccupante processo di declino tecnologico, superando sui mercati internazionali una gravosa situazione deficitaria. Rispetto a tale positivo risultato, la posizione dei singoli paesi appare, tuttavia, assai differenziata. Lo scenario dell'UE(15) si presenta tuttora come una sommatoria di singoli sistemi-paese, ognuno ancora molto peculiare dal punto di vista dei percorsi innovativi intrapresi e riconducibili a scelte essenzialmente nazionali, ancorché, nei casi positivi, attente alle dinamiche degli scambi e della competitività tecnologica internazionale.

In linea generale si conferma, e per certi versi si accentua una tripartizione geo-economica tra un'Europa del Nord e scandinava, con forte sviluppo della spesa in R&S e di alcune specializzazioni tecnologiche, un'Europa Centrale con i tradizionali "grandi" paesi industrializzati, apprezzabilmente competitivi ma più equilibrati nella distribuzione delle specializzazioni tecnologiche, e un'Europa del Sud – Spagna, Italia, Portogallo e Grecia – debole sotto il profilo tecnologico e caratterizzata da crescenti deficit dei saldi commerciali.

Andando ad approfondire le caratteristiche della struttura tecnologica dei paesi più competitivi, è importante sottolineare come in essi sia presente una percentuale mediamente più elevata di addetti alla ricerca nelle imprese, con il conseguente

incremento della spesa totale in R&S. Si tratta di una condizione che esprime capacità di interiorizzare lo sviluppo tecnologico da parte delle stesse imprese e che quindi rappresenta un connotato strutturale di particolare rilievo. Anche in questo campo si distinguono i paesi di minori dimensioni come Finlandia, Svezia, Danimarca e Belgio che hanno superato i valori non solo di Francia e Germania ma anche di paesi leader come il Giappone e gli Stati Uniti.

L'analisi dell'indicatore dei brevetti, espresso come rapporto tra le quota di brevetti mondiali nei settori ad alta tecnologia e la quota di Pil mondiale, e assunto come *proxy* della propensione all'innovazione di ciascun paese, conferma e rafforza le considerazioni precedenti circa le varietà dei sistemi innovativi dei singoli paesi europei, da un lato, e le posizioni da questi occupate nello scenario internazionale della competitività tecnologica, dall'altro. In questa classifica occupano infatti i primi posti la Finlandia, la Svezia, la Germania, mentre sono presenti in coda la Spagna e l'Italia (oltre a Grecia e Portogallo) con l'aggiunta, in questo specifico caso, dell'Irlanda, in relazione alle origini esogene della propria specializzazione produttiva.

Non meno rilevante sotto il profilo economico e tecnologico espresso negli anni più recenti dai diversi paesi europei risulta, infine, il mutamento che ha interessato la destinazione economica dei beni manifatturieri scambiati sul mercato internazionale. La preminenza dei beni capitali, inizialmente centrale nel tradurre il ruolo del cambiamento tecnologico, si è infatti ridimensionata lasciando spazi crescenti ai beni di consumo, sempre più innovativi e decisivi nel contribuire all'attuale variegata evoluzione dello scenario tecnologico mondiale [4]. Di particolare interesse è in questo senso l'incremento pari a circa il 15% registrato nel periodo 2000-2004 dai beni di consumo nella composizione dell'export manifatturiero dell'UE(15), a fronte di una flessione

di circa l'8% dei beni capitali. Parallelamente si è consolidato, infatti, l'aumento dell'incidenza di beni high-tech sulle esportazioni totali di beni di consumo, attualmente circa il 15%, pari ad un incremento di più del 20% in un decennio, alla quale hanno contribuito molti tra i più significativi interpreti del recupero della competitività tecnologica europea, come Svezia, Danimarca, Irlanda e Paesi Bassi in ambito nord europeo, e Francia e Germania per quanto riguarda le maggiori economie. La significatività di queste dinamiche, unitamente alla non banale quota di high-tech che nelle esportazioni di beni di consumo di questi paesi si attesta su valori intorno al 20%, esprime naturalmente lo straordinario sviluppo delle particolari specializzazioni produttive che hanno avuto impulso in queste aree, ma sottolinea anche con forza il ruolo trainante che le nuove produzioni orientate al consumo stanno assumendo nello sviluppo tecnologico dei paesi industriali e nel ridisegnare la nuova mappa della divisione internazionale del lavoro.

Le policy per l'innovazione

La positiva collocazione competitiva acquisita da molti paesi europei negli scambi di prodotti ad alta tecnologia appare certamente l'esito di scelte compiute in tempi e modi diversi, ma è innegabile l'emergere di una tendenza prevalente determinata dal progressivo miglioramento dei saldi commerciali nei comparti dei beni d'investimento e dei beni intermedi. Questa tendenza deve essere letta come una logica conseguenza dei processi innovativi reali che si presentano con probabilità maggiori in questi due comparti. Rispetto all'evoluzione della "divisione internazionale del lavoro", una competitività da costo dei fattori si presenta, invece, in termini accentuati in molti prodotti appartenenti ai settori dei beni di consumo finali, sospingendo la presenza competitiva dei Paesi emergen-

ti e in via di sviluppo. Negli ultimi venti anni, tuttavia, lo spazio che la quota di prodotti high-tech è andata ad occupare anche nei beni di consumo è cresciuta sempre più. In qualche misura un'analoga puntualizzazione deve essere svolta nei confronti dell'altro fattore considerato in via generale come negativo agli effetti di uno sviluppo della competitività tecnologica. In particolare se è fuori discussione la maggiore potenzialità della grande impresa nello sviluppare attività di ricerca e sviluppo, tuttavia questa considerazione non può essere estesa automaticamente a tutte le grandi imprese e, analogamente non può essere applicata l'osservazione contraria al caso delle piccole imprese.

In definitiva l'analisi dei diversi sistemi innovativi offerti dal panorama dei paesi europei tende a rilevare come, in sistemi sufficientemente spostati sulle frontiere tecnologiche avanzate, esistono spazi anche per le Pmi [5] analogamente specializzate, mentre anche grandi imprese collocate sui binari di produzioni in cui prevalgono i tradizionali fattori competitivi possono rappresentare elementi di freno, o persino di ritardo, diffuso sull'intero sistema produttivo.

Un ulteriore elemento generale che sembra qualificare i sistemi innovativi dei paesi leader in campo tecnologico è rappresentato dalla "ridondanza" della spesa in R&S nel senso di una presenza di attività di ricerca non solo nei settori in cui si manifesta la specializzazione tecnologico-produttiva, ma allargata a variegati comparti della conoscenza scientifico-tecnologica. Si tratta di una condizione strategica sia ai fini degli obiettivi economici di breve-medio termine, sia con riferimento alle dinamiche dei processi innovativi, entrambi vincolati dalla convergenza di diversi settori conoscitivi sia, in ultima analisi, ai fini di assicurare nel tempo la tenuta delle capacità economiche in relazione alle evoluzioni delle basi conoscitive necessarie.

Un fattore non meno importante che inci-

de sull'efficacia della spesa pubblica e privata in R&S è rappresentato inoltre dalle condizioni gestionali e dalla azione di coordinamento tra i diversi attori. In questi ruoli una funzione centrale viene svolta da istituzioni non solo dotate di competenze e capacità dirette in materia di R&S tali da assicurare le necessarie conoscenze, ma anche in qualche misura garanti del mandato pubblico. L'emergere di singole competitività settoriali appare il frutto, infatti, di un sistema di "decisioni" condivise, coordinate e, come già accennato, dall'esistenza di una condizione di programmabilità dell'innovazione, cui ha fatto ricorso sino dagli anni 60 il Giappone. I denominatori comuni generali delle policy di tutti i paesi che si sono posti il problema della sfida tecnologico-competitiva e quindi delle condizioni per l'esistenza di sistemi d'innovazione efficaci possono essere in qualche misura riassunti nei seguenti punti [6]:

- a) dimensioni sostenute delle risorse finanziarie, e particolarmente degli addetti dedicati alla ricerca e all'innovazione tecnologica, accompagnate da criteri di ridondanza nelle spese in ricerca e da sistemi di valutazione delle diverse strutture articolate nei criteri e nei parametri assunti a riferimento;
- b) sistemi di coordinamento dei diversi attori nelle fasi di selezione e gestione dei progetti d'interesse generale;
- c) capacità di investimenti a redditività differita e alle volte anche fortemente differita;
- d) permanenza nel tempo delle scelte strategiche e della criticità relativa all'entità delle risorse in uomini e mezzi;
- e) sistemi articolati di integrazione tra strutture pubbliche di ricerca e imprese, con attenzione ai vincoli relativi ai limiti comunitari in materia di aiuti alle imprese ma flessibili in materia di trasferimenti di conoscenze e tecnologie;

f) accompagnamento degli investimenti a livello micro e macro da capacità di analisi, di valutazione degli scenari tecnologici, di intervento sulle capacità operative delle imprese con agevolazioni anche per l'elaborazione di analisi di mercato, di studi tecnologici-economici di fattibilità.

Si tratta di componenti di "sistema", che possono essere presenti in misura variabile, coniugandosi con fattori specifici di ordine storico e culturale nazionale, ma che difficilmente possono essere considerati eliminabili ai fini di una presenza sullo scenario tecnologico internazionale.

La posizione competitiva dell'Italia

Il quadro generale

Nel periodo 2003-2004 di consolidamento della ripresa economica mondiale avviata nel 2002 e di forte ripresa del commercio internazionale, la perdita di competitività dell'Italia nell'industria manifatturiera non ha accennato a ridursi. Le quote di mercato sulle esportazioni mondiali di prodotti manifatturieri sono infatti passate dal 4,8% del 2001 al 4,6% del 2004, registrando complessivamente nel periodo 2001-2004 una contrazione del 3% in controtendenza con la sostanziale tenuta della quota di mercato dell'UE(15).

Assai accentuata è risultata, in particolare, la riduzione della quota di mercato relativa alle esportazioni di prodotti high-tech, passata da un valore del 2,1% nel 2001 ad un valore dell'1,9% nel 2004, che ha così riportato una contrazione dell'8,5% contro un 6% circa dell'UE(15). Lo squilibrio appare tanto più rilevante quanto più si considerano le perdite accumulate nei confronti dei partner europei che a partire dal 2002 si traducono in un passivo crescente, pari nel 2004 a più di 800 milioni di euro. L'andamento negativo dei nostri saldi commerciali manifattu-

rieri con l'UE(15) deriva da un deficit di lungo periodo e crescente dei settori high-tech, ma recentemente anche da una perdita di competitività nei settori medium low-tech (figura 2). È tuttavia innegabile come, nell'ultimo quinquennio, un importante contributo al peggioramento dei saldi manifatturieri sia derivato anche dalle crescenti perdite nel commercio di prodotti high-tech con tutte le maggiori aree geo-economiche esterne all'UE (15), compresa l'area asiatica e la stessa Cina.

Importanti conferme sull'andamento della nostra competitività tecnologica provengono dagli esiti dell'attività innovativa rilevata attraverso i brevetti sulla quale incide in particolare l'effetto cumulato delle minori spese in R&S rispetto alla media dei paesi dell'UE (15). La minore entità relativa dei nostri dati di brevetto, se commisurata alla spesa e al numero di addetti alla ricerca, indica, comunque, come l'elemento di debolezza del nostro sistema innovativo non debba essere ricercato nella scarsa produttività del nostro sistema di ricerca. Questa produttività, misurata in termini di brevetti per ricercatore non appare, infatti, dissimile da quella di altri paesi industrializzati. Riemerge, invece, la differenza del sistema innovativo italiano quando questa produttività è valutata con riferimento al rapporto brevetti high-tech per ricercatore che traduce la diversa specializzazione del nostro sistema produttivo.

Nello scenario tracciato un ulteriore fattore di debolezza è peraltro segnalato dalla perdurante marginalità del Paese nell'ambito dei processi di internazionalizzazione produttiva, divenuti sempre più centrali nei meccanismi di diffusione dell'innovazione tecnologica a livello globale. Commisurati al Pil, i flussi di investimenti diretti esteri (Ide) dell'Italia sono, infatti, tra i più bassi tra i paesi membri dell'UE (15). L'ulteriore arretramento della competitività tecnologica dell'Italia negli ultimi anni si conferma dunque come l'effetto, ormai

accentuato, di un ritardo che il sistema produttivo ha accumulato con particolare intensità lungo il corso degli anni 90 proprio nei confronti dei maggiori partner europei. Relativamente a questi ultimi il periodo intorno al nuovo decennio fa emergere, in particolare, la sostanziale indifferenza delle performance commerciali del Paese sia a fattori di natura valutaria, sia a variazioni del ciclo economico internazionale, mentre progredisce, accelerando, una divergenza della qualificazione tecnologica del sistema produttivo dal contesto economico europeo. Tale perdita di competitività è presente peraltro diffusamente in tutte le ripartizioni territoriali del Paese, anche se con accentuazioni diverse determinate dalle specifiche specializzazioni produttive. In questo senso negli ultimi anni (2002-2004) sembra consolidarsi la tendenza verso un nuovo divario di competitività tecnologica tra il Nord e il Sud del Paese, comparso proprio all'inizio del decennio e a cui si era accennato nel Quarto Rapporto dell'Osservatorio. Nel nuovo scenario, tuttavia, la crisi del Mezzogiorno si confronta con una assai più precaria posizione del Centro e con un'area settentrionale in cui pesa l'arretramento del Nord Ovest, mentre il Nord Est, essenzialmente specializzato in produzioni a medio contenuto tecnologico, stabilizza appena il positivo percorso di crescita della competitività tecnologica avviato negli anni 90.

L'analisi strutturale

Andando al cuore della valutazione della crisi di competitività tecnologica che ha investito l'Italia e partendo per questo dall'analisi del "sistema di accumulo delle conoscenze" occorre ricordare come la ben nota ridotta entità della spesa in R&S da parte del sistema delle imprese italiano non derivi da una minore propensione delle nostre imprese negli investimenti in R&S, quanto piuttosto da una struttura e da una specializzazione produttiva il cui modello di innovazione tecnologica si basa essenzialmente sull'acquisto all'estero di prodotti e di macchine ad alta tecnologia e da una bassa necessità/possibilità di sviluppare autonomi processi di ricerca e innovazione tecnologica (figura 3). Da questo punto di vista l'analisi di un fattore rilevante del sistema innovativo nazionale, quale quello rappresentato dalla dinamica della composizione professionale in termini di addetti alla ricerca nel sistema delle imprese, conferma non solo il divario complessivo, ma anche un ritardo crescente e non facilmente superabile. La composizione professionale degli addetti traduce in linea generale due condizioni specifiche di ogni sistema produttivo: la dimensione media delle imprese e le caratteristiche tecnologiche che ne definiscono la specializzazione produttiva [7]. Come peraltro è intuitivo, la domanda e le potenzialità economiche dell'investimento in R&S sono determinate in tutti i paesi svi-

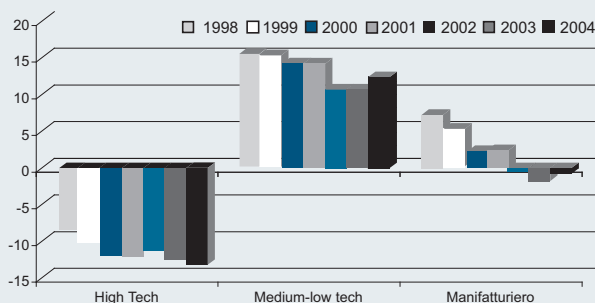


Figura 2
Saldi commerciali dell'Italia verso l'UE (15) (miliardi di €)
Fonte: elaborazione Osservatorio ENEA su dati ISTAT

luppata essenzialmente da queste due condizioni. Tuttavia occorre rilevare come, a fronte di queste condizioni che collocano le nostre imprese in una situazione di minore domanda relativa di R&S, esista anche un andamento nel tempo della spesa e degli addetti in ricerca nelle imprese italiane che sembra non indurre a modificarne le condizioni strutturali e tecnologiche.

Il fatto, evidenziato già in precedenza (*cf.* Quarto Rapporto dell'Osservatorio) e confermato dalle indagini condotte in sede comunitaria, che la situazione di minore investimento in R&S da parte del sistema produttivo italiano non sia modificata dai pur maggiori trasferimenti pubblici operati sotto questa voce, da un lato appare come una logica conseguenza delle caratteristiche strutturali di questo sistema sopra esaminate, dall'altra pone problemi di policy in termini di efficacia di tali trasferimenti e, con ancora maggiore rilievo, in termini di strategie d'intervento.

In un contesto di elevata e dinamica competitività tecnologica internazionale un sistema produttivo quale quello italiano si pone automaticamente in condizione di dover ricorrere alle importazioni per sod-

disfare quella parte della domanda interna che, per livello di reddito e condizioni socio-economiche generali, da un lato, e per natura del livello tecnologico dei prodotti richiesti, dall'altro, intende collocarsi su livelli di sviluppo e di consumo non dissimili da quelle dei paesi avanzati. Di conseguenza l'andamento del nostro deficit commerciale tecnologico tende ad aumentare proprio con la crescita degli investimenti fissi e, in generale, con la crescita della domanda interna, inducendo una situazione di perdita di risorse interne, sino all'emergere concreto di un vincolo estero alla crescita. L'entità di questo deficit, avendo raggiunto valori intorno all'1% del Pil ed essendo tendenzialmente crescente, rappresenta in termini evidenti l'importanza di questo vincolo. Deficit e conseguente vincolo potrebbero, tuttavia, essere compensati da una migliore competitività nei settori a minore contenuto tecnologico, considerato che in questi settori, nel caso italiano, anche la produttività del sistema innovativo misurata in termini di brevetti non appare inferiore a quella dei paesi avanzati e che in questi settori si manifesta anche una nostra tradizionale capacità pro-

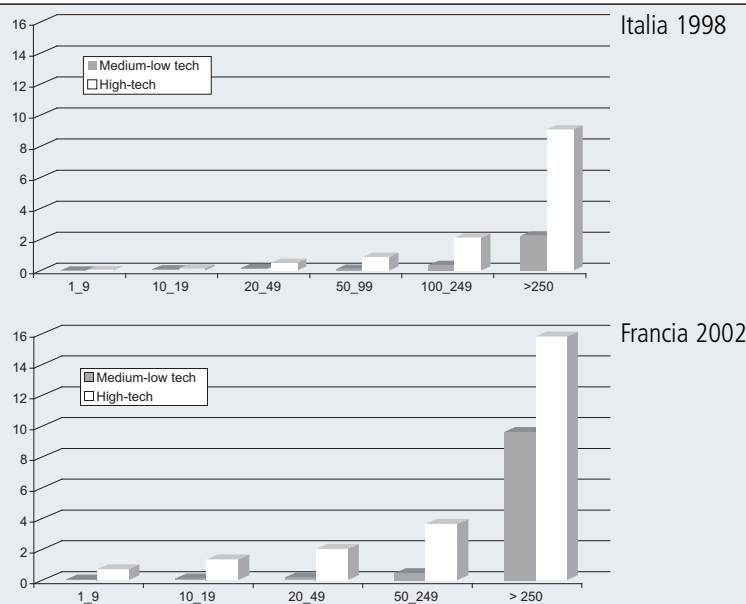


Figura 3
Spesa in R&S per addetto nelle imprese high-tech e nelle imprese medium-low tech in funzione del numero di addetti (migliaia di €): in Italia 1998 e Francia 2002
Fonte: elaborazione ENEA su dati Eurostat

duttiva. Ma perché questa ipotesi "compensativa" possa realizzarsi occorrono una serie di altre condizioni tali, non solo da correggere gli effetti sul disavanzo commerciale nei prodotti high-tech, ma anche quelli derivanti dal fatto che l'intero sistema produttivo è centrato su settori a medio-bassa tecnologia.

In primo luogo è necessario osservare come differenze nel valore aggiunto maggiori dell'ordine del 25% a favore delle imprese ad alta tecnologia, e con tendenza ad un aumento nel tempo, rappresentino ormai un dato strutturale. Il sistema economico italiano, con un apparato produttivo fortemente sbilanciato verso le strutture d'impresa con piccole dimensioni e verso produzioni a minor contenuto tecnologico, deve quindi scontare, a parità di occupazione, un minore contributo alla variazione del Pil rispetto a quanto si verifica nei paesi maggiormente avanzati, compresi i nostri partner dell'Unione Europea, aggiuntivo rispetto al vincolo dell'equilibrio degli scambi commerciali.

Il minore valore aggiunto prodotto dalle imprese a medio-basso livello tecnologico traina a sua volta un'altra variabile, e cioè il livello retributivo per dipendente che presenta un valore inferiore dello stesso ordine di grandezza. Questo ulteriore elemento a sua volta si riflette sulla dinamica della domanda interna che appare, infatti, mediamente inferiore a quella dei paesi dell'UE (15). Sembra determinarsi così un circolo vizioso tale da determinare una progressiva diminuzione della produzione industriale e quindi degli investimenti, che si segnalano recentemente come un ulteriore elemento di divergenza dall'UE (15). L'ipotesi di un modello di sviluppo le cui fonti di progresso tecnologico siano affidate solo alle innovazioni di tipo incrementale, quali quelle che si realizzano attraverso i meccanismi dell'apprendimento pratico o alle modalità dell'inseguimento attraverso l'importazione di prodotti e/o processi ad

alta tecnologia, appare difficilmente realizzabile in un paese avanzato, almeno in una fase storica come quella attuale caratterizzata, oltre che dalla apertura dei mercati, da un intenso e diffuso processo di innovazione tecnologica.

Questo meccanismo consente certamente di favorire l'aumento della produttività del lavoro a livello di impresa, ma deve scontare una serie di effetti negativi ai quali si è accennato. Lungo questa linea d'analisi occorre sviluppare un ulteriore approfondimento connesso alle logiche interne espresse dalle interdipendenze settoriali e tecnologiche. Il rinnovamento anche di settori tradizionali, superate le potenzialità innovative derivanti dalle conoscenze e dai paradigmi tecnologici già acquisiti, viene infatti essenzialmente determinato dall'emergere di nuovi paradigmi e dalle corrispondenti potenzialità applicative di tali innovazioni anche in settori tradizionali.

Emblematici sono in questo senso i casi del settore della Automazione industriale e delle ICT (*Information and communication technology*) che rappresentano in qualche misura i due estremi del sistema competitivo-tecnologico del nostro Paese.

Nel caso dell'Automazione, dove il nostro Paese ha da tempo sviluppato una notevole capacità produttiva e competitiva, il livello tecnologico è stato rivoluzionato dalla riprogettazione dei corrispondenti prodotti attraverso l'inserimento e l'utilizzo di sistemi e componenti ad alta tecnologia provenienti da altri settori produttivi (nuovi materiali, strumenti di misura e di precisione, componenti elettronici ecc.). È allora significativo osservare come le maggiori difficoltà di tenuta competitiva si verificano proprio per quei prodotti del settore dell'Automazione che sono stati maggiormente investiti da queste trasformazioni tecnologiche le cui origini e i cui prodotti si ritrovano in

settori deficitari dei nostri scambi commerciali (figura 4).

Diverso appare il caso delle ICT che hanno contribuito sostanzialmente al necessario processo di ammodernamento del nostro sistema produttivo senza tuttavia assicurare un mutamento nella competitività tecnologica sul piano internazionale. A differenza del caso dell'Automazione, infatti, non si assiste in Italia al consolidamento o alla nascita di un settore ad alta tecnologia, essendo state abbandonate le potenzialità espresse a suo tempo in alcuni comparti avanzati delle ICT. Attualmente i saldi commerciali che attengono al sistema delle ICT accumulano nel nostro Paese valori negativi crescenti e superiori a quelle di tutti gli altri settori ad alta tecnologia, confrontabili solo con quelli energetici che, tuttavia, presentano scarse relazioni con le questioni della competitività tecnologica.

Gli esiti del modello di innovazione italiano: una valutazione comparativa

Il minore ricorso all'utilizzo delle conoscenze scientifico-tecnologiche da parte del nostro sistema produttivo come fattore di sviluppo rappresenta una caratteristica storica. In particolare, dal secondo dopoguerra, nella trasformazione da economia agricola a economia industrializzata il Paese si è giovato delle favorevoli condizioni di costo del lavoro e di un processo di inseguimento caratteristico di tali situazioni, mentre la spesa in ricerca e sviluppo rimaneva significativamente inferiore a quella di molti altri paesi europei (figura 5). L'affermarsi in Italia di un modello economico-produttivo fortemente caratterizzato dalla presenza di una dinamica imprenditoriale fatta di piccole imprese e di produzioni di beni di consumo finali è stato oggetto di numerose analisi. La ripresa di tale tema in questa occasione intende tuttavia approfondire i motivi

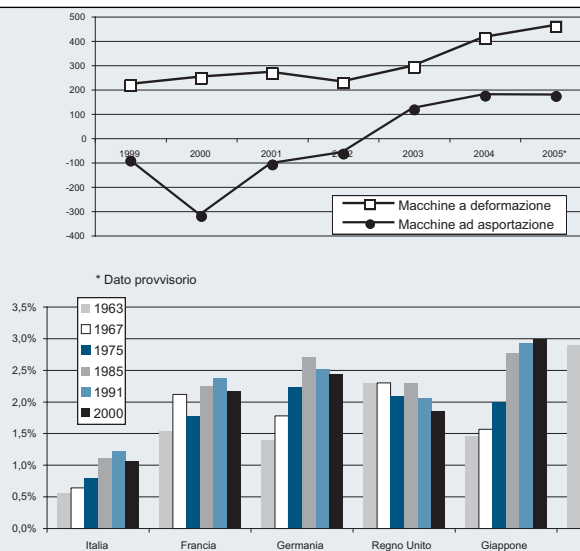
che hanno permesso l'operare di questo modello oltre le condizioni che ne avevano consentito un indubbio successo e, dall'altro, verificare come le istituzioni abbiano partecipato a questo processo.

La crisi della grande impresa, avviata già nella seconda metà degli anni 60 e accompagnata anche dalla progressiva perdita di progettualità dell'impresa pubblica, aveva certamente consentito una sollecitazione per ripiegare su una imprenditorialità di piccola-media impresa che rappresentava insieme una antica vocazione locale e una dimensione sociale politicamente assecondata. Ma queste scelte implicavano, tuttavia, anche logiche socio-culturali da capitalismo familiare, da relazioni condiscendenti con le istituzioni, da forme amministrativo-gestionali e da relazioni industriali a loro volta altrettanto flessibili.

Negli anni 80 il successo di questo sistema trova una apparente conferma nella capacità del Paese di essere concorrenziale su mercati e prodotti di paesi come quelli europei, trovando nei distretti industriali la forma più compiuta attraverso la valorizzazione delle economie esterne all'impresa ma locali, e le forme di flessibilità organizzative tipiche di questo livello d'impresa.

L'apparenza di questo successo derivava, almeno in parte, anche dal fatto che nei paesi avanzati si avviava in quegli stessi anni un processo di innovazione tecnologica e di spostamento su produzioni diverse, abbandonando o trasformando almeno in parte quelle produzioni presenti in comparti produttivi nei quali è attivo proprio quel nostro sistema di piccole e medie imprese. In tal modo il nostro apparato industriale apparve non solo un sistema di successo ma per certi versi un modello vincente. Il fatto che tutto questo si accompagnasse a periodiche svalutazioni della lira e ad un progressivo forte deterioramento della finanza pubblica che non riusciva a sopprimere con le nuove entrate ai paralleli proces-

Figure 4 e 5
 Sopra: Italia - saldi commerciali nell'automazione industriale (milioni di €)
 Fonte: elaborazione Osservatorio ENEA su dati ISTAT
 Sotto: spesa nazionale in R&S in percentuale del Pil
 Fonte: OCSE



si di ammodernamento e di assistenza sociale, era il prezzo che la politica economica pagava alla stabilità politica generale. Si realizza in quegli anni quello che C. Triglia [8] chiama "il rapporto tra dinamismo privato e disordine pubblico". Si tratta, tuttavia, di un dinamismo privato che si circoscrive a livelli dimensionali e di specializzazione coerenti più con l'evoluzione di una base produttiva artigianale che con lo sviluppo di un vero e proprio humus imprenditoriale. Non a caso questo dinamismo aveva alle sue spalle anche vicende come quelle in campo informatico, dove condizioni di partenza tutt'altro che di retroguardia erano state cancellate proprio dall'inadeguatezza del sistema finanziario-imprenditoriale [9]. Occorre aggiungere che ai fini della nostra analisi non è affatto influente la permanente marginalità del nostro Mezzogiorno che proprio sugli indicatori della ricerca e sviluppo conserva differenziali maggiori di quelli socio-economici.

Negli anni 80, dunque, mentre si avvia una "nuova" stagione di apertura dei mercati internazionali e si acuiscono le debolezze dei sistemi produttivi colpiti dalle crisi ener-

getiche di varia origine, che inducono i maggiori paesi industrializzati a correggere i propri assetti competitivi per recuperare l'equilibrio della bilancia commerciale, l'Italia intraprende un percorso di sviluppo in forte contro tendenza. Il Paese sembra infatti aver trovato soluzioni alternative, basate essenzialmente sull'ipotesi di quello che sarà chiamato "il miracolo economico senza R&S", un modello di sviluppo giocato sulla applicazione e diffusione delle innovazioni generate all'esterno del sistema, ma le cui possibilità di equilibrio economico richiedono condizioni del tutto particolari. A nulla peraltro sembrano valere i caveat che vengono espressi verso questo modello e le analisi che già da allora ne sottolineano la debolezza [10].

Quando in anni più recenti è apparsa evidente la precarietà di tale modello, ma insostenibili sono al contempo divenute le condizioni della finanza pubblica, l'intervento pubblico si è concentrato su queste ultime, affidando la correzione del modello di sviluppo a quella logica "culturale" e strutturale su cui fino ad allora si era forgiato il sistema produttivo. Così facendo si

è però perpetuata un'ottica di breve periodo, contraddittoria con i "processi di accumulo delle conoscenze", del cambiamento tecnologico, degli investimenti in ricerca. Questi ultimi, in contro tendenza con gli andamenti dei maggiori paesi industrializzati, sono infatti progressivamente ridotti dalle imprese italiane sia in termini finanziari, sia in termini di addetti, accrescendo l'entità relativa degli investimenti fissi lordi in tecnologie estere.

Ma anche l'intervento pubblico manifesta in materia gli stessi limiti, aggravati dalla sopravvalutazione delle autonome capacità del nostro sistema produttivo nell'affrontare le nuove sfide competitive internazionali. Sono significativi la constatazione e l'interrogativo espressi da parte degli stessi attori di quelle riforme secondo cui: "Le principali istituzioni e le principali analisi concordano sulla diagnosi della stagnazione dell'economia italiana che è caratterizzata da scarsa innovazione, scarsa crescita della produttività, scarsa crescita della dimensione aziendale e un peggioramento della qualità dei servizi collettivi." "È allora doveroso chiedersi come sia possibile che essendo state ridisegnate, quasi per intero, le istituzioni del mercato e dello Stato... tale crisi persista" [11]. Premesso che la distinzione tra scarsa innovazione e scarsa crescita della produttività, dimensioni aziendali e peggioramento dei servizi collettivi, rappresentano degli anelli logici connessi e non aspetti separati, l'interrogativo traduce compiutamente i limiti di quella politica.

Le modificazioni dei mercati e delle istituzioni che si realizzano nel nostro Paese negli anni 90 risentono di questa storia, oltre che dell'urgenza di intervenire su una condizione di finanza pubblica non più sostenibile. Secondo quelle riforme i processi innovativi dovrebbero funzionare in base alla corretta allocazione degli investimenti regolati dal mercato in considerazione delle diverse redditività. È vero che in materia di libera-

lizzazioni si è avviato un piano di dismissioni delle imprese pubbliche tra i maggiori a livello mondiale, ma tra gli esiti molto discussi appare non marginale proprio la sottovalutazione del ruolo che avrebbero dovuto avere gli asset scientifico-tecnologici anche nel guidare quelle stesse operazioni. Non si è percepito che altre erano le novità strutturali alle quali prepararsi e che queste novità mettevano in gioco, oltre alla competitività dei tradizionali fattori della produzione, la dimensione dei mercati, l'ottica strategica degli investimenti e, in particolare, la dimensione della competitività tecnologica misurata ben al di là dei confini nazionali e che coglieva in contro tendenza il nostro sistema produttivo [12].

Per converso appare sostenibile l'ipotesi che, paradossalmente, lo stesso successo del "modello" italiano abbia costituito nel nostro Paese, insieme certamente ad altre vicende, una barriera alla comprensione e alla partecipazione alle nuove dinamiche tecnologiche in atto. Se quel modello aveva esaltato alcune peculiarità, rappresentate emblematicamente dai "distretti industriali" – che la crisi dell'organizzazione fordista delle grandi fabbriche aveva, tra l'altro, sollecitato anche al di fuori di situazioni distrettuali storiche – la scelta complessiva che ne derivava sul piano della specializzazione produttiva diveniva anche un condizionamento potente a fronte dei cambiamenti che andavano maturando sul piano internazionale. Questa specializzazione si orientava infatti verso i prodotti di consumo finale e, soprattutto, si realizzava nel contesto di una base manageriale ispirata da una cultura di tipo meccanico-artigianale, con un ruolo preminente delle piccole e micro imprese, a sua volta sostenuta da un consenso politico-sociale molto ampio. E se a questo quadro si aggiunge l'agire di una politica che faceva leva su aspettative di allocazione ottimale del capitale in funzione dei vantaggi derivanti dalla gestione delle strutture privatizzate piuttosto che da

quelli della competizione tecnologica, si può forse tentare di chiudere il cerchio del percorso economico di questi anni nel nostro Paese.

È con riferimento alla situazione della finanza pubblica e all'ipotesi di funzionamento del mercato di cui si è appena detto che, in definitiva, le risorse dedicate alla ricerca pubblica vengono significativamente ridotte; un percorso che altri paesi nelle medesime condizioni, come ad esempio il Belgio, si guarderanno bene dal seguire, pur essendo dotati di una dinamica tecnologica da parte delle imprese nettamente superiore.

Questa politica di contenimento della spesa in R&S si è riversata prevalentemente sulla componente pubblica, salvaguardando almeno per alcuni anni i trasferimenti al sistema delle imprese nella convinzione che la difesa della competitività tecnologica sarebbe stata attuata attraverso l'operare incentivato di tale sistema. Questa ipotesi, tuttavia, non si è verificata, né sarebbe potuto essere altrimenti, ed è così emerso un risultato del tutto contrario alle aspettative formulate. Mentre non si è corretta la debolezza tecnologica dell'apparato economico, si è infatti fortemente indebolita l'unica sede di "accumulo delle conoscenze" tuttavia disponibile, rappresentato dal sistema pubblico di R&S.

In definitiva le "ipotesi di lavoro" adottate in Italia e il modello sotteso implicano una sottovalutazione se non una assenza del ruolo di un "sistema innovativo nazionale" non essendo così possibile cogliere pienamente le complessità delle relazioni tra i soggetti, il nuovo ruolo delle istituzioni, il contesto socio-economico preesistente, le logiche delle aperture crescenti degli scambi internazionali, le differenze tra benefici di singoli privati e benefici generali.

L'esistenza di una anomalia italiana appare per certi versi tanto più singolare in quanto i percorsi di modificazione tecnologica nelle specializzazioni produttive sono

stati in varia misura attuati da tutti i paesi europei, nonostante le differenze dimensionali delle rispettive economie, le differenze nella struttura e nella specializzazioni produttive preesistenti, in alcuni casi partendo da forti presenze ancora del settore agricolo, con livelli economici di partenza sostanzialmente deboli e con altrettanto deboli culture tecnologiche e industriali. In sostanza s'intende porre in evidenza come percorsi di trasformazione tecnologica si siano verificati non solo in paesi con una forte e tradizionale cultura industriale quali Germania, Regno Unito, Francia ecc., ma anche in paesi come la Finlandia, la Danimarca, l'Irlanda. Appare quindi complesso e problematico ricavare da questo quadro una regola o un'indicazione relativamente unitaria circa le precondizioni necessarie, i punti di leva e le politiche messe in opera nei singoli paesi per partecipare alle dinamiche tecnologiche internazionali. I tre fattori che – oltre a quelli istituzionali – compongono un sistema nazionale dell'innovazione e cioè l'accumulo della conoscenza, la dimensione imprenditoriale, la finanza di rischio, nella situazione italiana risultano certamente, in un confronto internazionale e come è emerso dalle analisi precedenti, fortemente insufficienti. Una insufficienza di ordine strutturale e non congiunturale.

Attualmente l'intervento istituzionale pubblico nel sistema italiano d'innovazione sembra basarsi su alcuni elementi centrali: un ruolo delle Regioni per quanto riguarda gli aspetti territoriali e delle Pmi, con prevalenti distribuzioni finanziarie scarsamente valutate sul piano dell'efficacia [13]; il trasferimento in forme ed entità varie, di risorse finanziarie direttamente a singole imprese a livello centrale con effetti sostituivi piuttosto che aggiuntivi non trascurabili; la definizioni di bandi o accordi su tematiche ricerca-innovazione di entità temporale e finanziaria in genere relativamente modeste e occasionali, tali comunque da non con-

sentire un consolidamento tecnologico, avendo carattere aleatorio e orizzonti temporali di tipo amministrativo del tutto impropri rispetto ai tempi richiesti per il raggiungimento di effettivi risultati di valenza tecnologico-economica.

Tutte e tre queste tipologie d'intervento appaiono difficilmente coerenti con un disegno di cambiamento tecnologico e della specializzazione produttiva del sistema industriale e, dall'altro, con le dimensioni temporali, di scala e di ordine interdisciplinare che caratterizzano in termini strutturali i processi dell'innovazione tecnologica in questa fase storica. Inoltre la mancata distinzione e separazione tra organismi politici di indirizzo e controllo e organismi tecnici di gestione rappresenta in effetti una soluzione che, mentre non assicura una allocazione ottimale delle risorse, risente degli effetti dei conseguenti eccessi di normative, attente agli aspetti formali, spesso anche onerosi, ma prive di riscontri in termini di efficacia, poco compatibili con le flessibilità, le tempistiche e le articolazioni degli interventi in un sistema complesso come quello dell'innovazione tecnologica.

Dal confronto con gli altri paesi avanzati emerge come le strade per una partecipazione a questi percorsi competitivi siano varie, differenziate e funzionali al contesto in cui si opera e alle normative possibili. Occorre tuttavia sottolineare come per molti paesi all'avanguardia la funzione della domanda pubblica – in settori particolari o meno quali il militare, lo spazio, ma anche altri, come in Francia – abbia giocato e continui a giocare una parte importante; in altri sembra prevalere l'effetto della struttura culturale e sociale coniugata con una azione di forte concertazione (paesi scandinavi); in altri emergono forme di coordinamento pubblico centrale e orizzontali molto forti (Giappone e la stessa Francia e Olanda) o forme di "direzione" guidate da un sistema di grandi imprese già collocate sulle frontiere tecnologiche (Germania); in altri

ancora si distinguono le particolari politiche pubbliche messe in campo in termini di condizioni fiscali o di costo dei fattori come attrattiva per gli Ide, (Irlanda e più recentemente Cina, India, Ungheria ecc.).

Si tratta nel complesso di condizioni non alternative quanto piuttosto complementari, variamente presenti e calibrate.

Conclusioni ed elementi di policy

Lo scenario e le analisi che si è cercato di illustrare nei paragrafi precedenti sollecitano una riflessione in termini di policy, ancorché queste indicazioni non rappresentino l'oggetto specifico del Quinto Rapporto dell'Osservatorio. Le indicazioni generali rilevate dai sistemi d'innovazione dei diversi paesi intorno ai quali si è avuto occasione di approfondirne la competitività tecnologica possono costituire un utile riferimento in questa direzione e una guida all'operare. Tuttavia occorre considerare i limiti di ipotesi di interventi basati su percorsi essenzialmente imitativi e come tali potenzialmente privi di coerenza rispetto agli specifici contesti. Se è già improprio, in linea di principio, copiare acriticamente ricette prelevate dall'esperienza degli altri paesi, nel caso della partecipazione alle dinamiche tecnologiche questi fattori di contesto, che hanno alla base elementi di ordine storico e sociale, hanno posto in discussione la validità stessa del concetto di "best practice" [14]. Peraltro una tale possibilità, come si è visto, non riceve nemmeno il supporto dall'esistenza di un modello unitario. Possono invece essere utili alcune riflessioni offerte dall'esistenza di alcune costanti presenti nei pur differenti "sistemi d'innovazione" che attualmente si offrono all'analisi. Le considerazioni che in questi anni si sono andate accumulando consentono di proporre alcune indicazioni circa queste "costanti" o comunque circa aspetti che sembrano condizionare una presenza sul-

la scena internazionale di questi "sistemi" [15]. Questi elementi ricorrenti possono essere sinteticamente indicati nei punti che seguono.

- Livelli di spesa in R&S tali da affrontare anche le necessità derivanti dalle dimensioni critiche specifiche delle diverse scelte, e comunque con una articolazione settoriale di tale spesa ridondante rispetto alle specializzazioni produttive. Alle volte la debolezza delle conoscenze in campi apparentemente marginali o di natura eterogenea può costituire una barriera o una difficoltà che si rivela proprio nella fase più propriamente tecnologica del processo, impedendo di poterne cogliere le opportunità tecnologico-economiche. La non erraticità nei livelli di spesa, con andamenti tendenzialmente crescenti, ancorché con possibili flessioni congiunturali, rappresenta una ulteriore costante.
- Sistemi di finanziamento della R&S tali da assicurare il metabolismo di base e la selezione delle qualità insieme ad erogazioni verso specifici progetti in forme flessibili ma certe e non vincolate a tempistiche amministrative o a scadenze non coerenti con i fini progettuali. Si tratta di due "linee" di spesa tra loro complementari e aventi diversi criteri di gestione e verifica.
- Assenza di processi esclusivamente imitativi e di diffusione, ma presenza di forti scambi tecnologici intersettoriali, di interdipendenze tecnologiche, sinergiche con la citata ridondanza delle attività di ricerca anche in relazione ai possibili vincoli di conoscenze rilevabili da percorsi innovativi non pre-determinabili.
- Forte presenza di capacità scientifico-tecnologiche e di accumulo delle stesse sulla base di istituzioni di ricerca pubbliche o private strutturalmente consistenti.
- Crescita sostenuta dei processi di interiorizzazione delle conoscenze all'interno delle imprese con valori della spesa e degli addetti in R&S crescenti, pur partendo da livelli tre-quattro volte superiori a quelli attuali italiani.
- Partecipazione responsabile di strutture pubbliche ai processi innovativi, oltre che di ricerca avanzata, fondamentale e di formazione, con ruoli alle volte centrali nelle diverse forme del processo di sviluppo tecnologico: dalla attuazione di grandi progetti nazionali, agli incentivi mirati ai diversi attori, dai processi di creazione di nuove imprese high-tech, ai sistemi di diffusione e trasferimento, agli strumenti della valutazione e della certificazione.
- Elaborazione di uno spettro di possibili impegni progettuali e a diversi livelli di definizione, validi per un arco di opportunità e per un arco temporale diversificato. Presenza anche di articolazioni territoriali di ricerca, particolarmente nei medio-grandi paesi e di organizzazioni di strutture ad hoc ma collegate alle strutture di ricerca, per lo sviluppo e la diffusione dell'innovazione tecnologica sviluppata complessivamente dal sistema d'innovazione nazionale. Buoni livelli di istruzione generale di base con oltre il 20% della popolazione in età lavorativa con istruzione secondaria, nonché di ricercatori sul totale della popolazione pari a due-tre volte, e oltre, quello italiano. Naturalmente un tale livello di ricercatori – così come il livello scolastico medio – si deve combinare con l'esistenza di una domanda di lavoro qualificato.
- Capacità di interagire con i potenziali investitori esteri nei comparti high-tech a sua volta connessa con la capacità di fornire elementi positivi per l'attrattività di investimenti esteri qualificati.
- Utilizzo della committenza pubblica che, pur all'interno dei vincoli comunitari, consente margini operativi rilevanti sul piano tecnologico.

• Sistemi di indirizzo e di coordinamento politico del "sistema" basato sull'acquisizione e valutazione di elementi affidabili relativi al quadro e agli scenari tecnologici ed economici nazionali ed internazionali, affidati in genere ad istituzioni intermedie con un forte profilo di qualificazione e potenzialità scientifico-tecnologico ed economico.

Come si vede si tratta di una serie di condizioni, alcune di contesto ed altre specifiche, la cui presenza e il cui rilievo possono avere pesi relativi diversi nei diversi paesi, ma che in varia misura sembrano essere disponibili e presenti nei sistemi innovativi efficaci [16]. La questione delle "best practices" si presenta allora nella veste complessa di un processo attraverso il quale realizzare, in dosi opportune e specifiche, tali costanti. In questo senso le nostre condizioni di partenza suggeriscono un intervento pubblico accentuato, certamente per mettere a frutto un sistema della ricerca pubblica maggiormente qualificato ai fini indicati, una fase temporale di sostituzione di asset finanziari altrimenti inesistenti.

Per informazioni
ENEA - Ufficio di Presidenza
daniela.palma@sede.enea.it

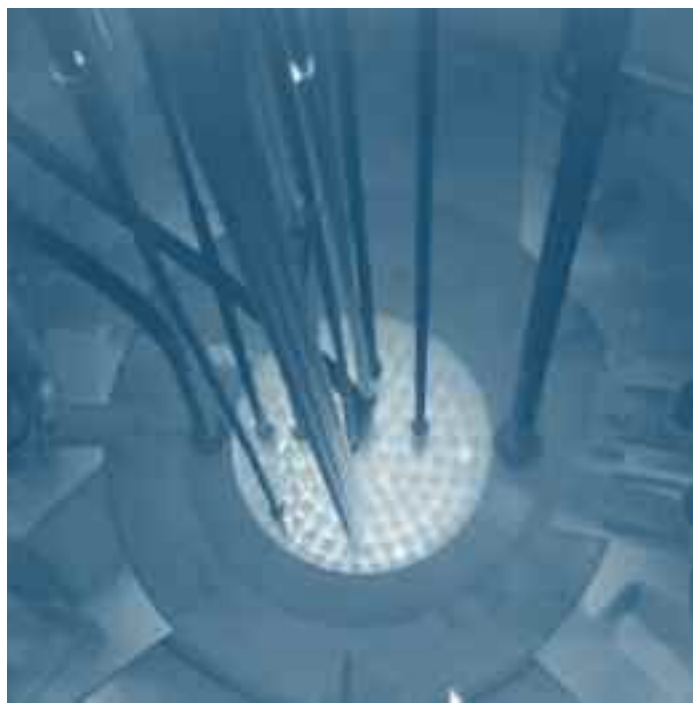
Bibliografia

- [1] Si ricorda che, tranne diversa indicazione, l'insieme dei prodotti manifatturieri considerati non contiene i prodotti energetici.
- [2] Comprendono: Corea, Hong Kong, Singapore e Taiwan.
- [3] Comprendono: Filippine, Indonesia, Malaysia, Thailandia.
- [4] Palma D., Prezioso S., *Progresso tecnico e dinamica del prodotto in una economia in ritardo*, ENEA-Svimez, 2006.
- [5] Piccole e medie imprese.
- [6] Queste prime considerazioni in materia di policy si avvalgono anche di uno studio, tuttora in corso, recentemente avviato dall'Osservatorio dell'ENEA.
- [7] Evidenziare i dati relativi al fattore professionale consente di correggere alcune approssimazioni che derivano, in genere, dalla lettura del dato della spesa in R&S espresso in termini di quota del Pil. Assumendo ad esempio un valore dell'1% all'anno e una quota del 40% da parte del sistema delle imprese nel caso italiano, e del 2% all'anno con una quota del 60% da parte delle imprese per un altro paese (o gruppo di paesi), si afferma spesso che la dimensione della spesa pubblica italiana è in linea se non superiore a quella del paese di riferimento, mentre la spesa delle imprese è inferiore di un 20%. In realtà in questo esempio la spesa totale italiana è la metà e quella delle imprese è un terzo. Valori che sono non a caso prossimi a quelli rilevati dal numero di addetti alla ricerca.
- [8] Triglia C., "Dinamismo privato e disordine pubblico", in *Storia dell'Italia repubblicana*, vol. 2, pp. 713-770, Einaudi, Torino, 1995.
- [9] AA.VV., *50 anni di informatica in Italia*, Pristem/Storia, Centro Eleusi, Università "Bocconi", Milano, 2005.
- [10] Onida F. (a cura di), *Vincolo estero, struttura industriale e credito all'esportazione*, Il Mulino, Bologna, 1986.
- [11] Barca F., *Italia frenata*, Donzelli, Roma, 2006.
- [12] Un tentativo di esplorare modelli interpretativi alternativi per l'analisi delle difficoltà di sviluppo dell'Italia è stato intrapreso, nell'ambito dell'attività dell'Osservatorio ENEA, riprendendo il tema dell'estensione al lungo periodo del principio di domanda effettiva keynesiano e collegandolo alla dinamica strutturale dei sistemi economici. Ne deriva una particolare attenzione per i processi decisionali degli investimenti e per i fattori che li condizionano in Coletta G., *L'estensione del principio di domanda effettiva all'analisi dello sviluppo economico: una proposta*, RT/2005/44/UDA, 2005.
- [13] Brancati R., *Le politiche per la competitività delle imprese: internazionalizzazione e politiche regionali. Rapporto Met 2005*, Donzelli, Roma, 2005.
- [14] Kotilainen V.H., "Best practices in innovation policies", in *Technology Review*, 177/2005.
- [15] Anche le osservazioni riportate in questo capitolo si avvalgono di alcune prime risultanze dello studio, in corso presso l'Osservatorio Enea, relativo all'analisi dei sistemi innovativi di alcuni paesi dell'UE(15).
- [16] Gruppo di Lavoro dell'Ipi sul tema delle politiche per la ricerca e l'innovazione (coordinamento di Mariotti S.): *Politiche per la Ricerca e l'Innovazione*, Milano, 16 gennaio 2006.

Immagazzinamento e generazione di idrogeno da boroidruri alcalini

A. Pozio, M. De Francesco, G. Monteleone,
R. Oronzio, S. Galli

Immagazzinare e trasportare un composto chimico che agevolmente si trasforma in idrogeno è possibile anche se ancora non economico. Un'economia basata sull'idrogeno può affrontare questa sfida e investire su questa tecnologia



I principali ostacoli all'utilizzo diffuso dell'idrogeno come vettore di energia sono relativi a problemi irrisolti nelle modalità di accumulo, nel trasporto, nella distribuzione e nella scelta del sistema ottimale di produzione di energia [1,2].

Uno dei sistemi più promettenti di impiego dell'idrogeno è rappresentato dalle celle a combustibile [3] che, attraverso l'alimentazione con questo gas, sono in grado di produrre direttamente energia elettrica, con rendimenti più elevati rispetto ai tradizionali cicli termici. Malgrado problemi di natura tecnico-economica [4], un'ampia diffusione delle celle a combustibile è prevista nel futuro sia nel settore dei trasporti che civile. L'utilizzo di idrogeno puro, rispetto ai combustibili convenzionali, ridurrebbe o delocalizzerebbe le emissioni di anidride carbonica [5], il cui effetto sull'ambiente appare come uno dei maggiori problemi ecologici del nostro secolo. Il reale vantaggio dell'uso dell'idrogeno ci sarebbe solo nel caso in cui la sua produzione fosse priva di emissione di CO₂, utilizzando sostan-

Hydrogen storage and generation by alkaline boron-hydrides

An analysis of hydrogen-storage methods, with special attention to hydrogen produced from sodium boron-hydride (NaBH₄). The kinetics and stability of catalysts used in the hydrolysis of this salt were studied, and the article describes

an innovative commercial device for the production of hydrogen gas from sodium boron-hydride solutions.

Compared with already-known materials, the catalysts studied for this device provide high reaction kinetics and notable chemical stability over time

zialmente le varie forme in cui è convertita l'energia solare.

La possibilità di immagazzinare mediante idrogeno l'energia proveniente da fonti primarie, quali l'eolico [6], il fotovoltaico [7], l'idroelettrico [8] e il solare termico [9], è connessa da un parte allo sviluppo di processi efficienti per la produzione dello stesso per via termica (termolisi e cicli termochimici) ed elettrochimica (elettrolisi), e dall'altra alla capacità di accumularlo. Parte da questo secondo punto la necessità di individuare un sistema di accumulo e trasporto dell'idrogeno che ne consenta una distribuzione semplice, economica, sicura e altamente capillare.

L'idrogeno come vettore energetico

L'idrogeno si può immagazzinare ed accumulare in diversi modi ognuno dei quali ha i suoi vantaggi e svantaggi [10, 11]:

1. gas compresso;
2. gas liquefatto;
3. in idruri metallici;
4. in nanotubi di carbonio;
5. in composti chimici.

L'idrogeno gassoso è caratterizzato, rispetto ad altri combustibili, da una bassa densità volumetrica ma da un'elevata densità di energia in massa (tabella 1). In fase liquida, tuttavia, osserviamo che la sua densità di energia è inferiore a quella di tutti gli altri.

Idrogeno gassoso

Il metodo più semplice utilizzato è la compressione in bombole, a temperatura ambiente ed a pressione compresa tra 150 e 200 bar (figura 1).

Sulla base dei serbatoi attualmente disponibili in commercio, la densità minima pari a 0,5 kWh/kg è raggiunta dai serbatoi in acciaio a 200 bar, mentre la massima, pari a 2,15 kWh/kg, è raggiunta dai serbatoi in composito a 250 bar (la densità di energia si riferisce all'intero sistema *combusti-*



Figura 1
Bombole cilindriche per accumulo a bordo di un veicolo
Fonte: ENEA



Figura 2
Serbatoi commerciali per H_{2,gas} (350-700 bar) in materiale composito
Fonte: Lincoln Incomposites Inc.

Tabella 1 - Confronto tra idrogeno e combustibili convenzionali

Combustibile	Frazione ponderale rispetto all'H ₂	Stato in condizioni ambiente	Densità di energia (kWh/kg)	Densità di energia (kWh/L) (liquido)
Idrogeno	1	Gas	33,3	2,3±2,9
Metano	0,25	Gas	13,9 (11,9) ²	5,8 (4,9) ³
Etano	0,20	Gas	13,2	6,6
Propano	0,18	Gas (liquido) ¹	12,9	6,3
Benzina	0,16	Liquido	12,3	8,6
Etanolo	0,13	Liquido	7,4	5,9
Metanolo	0,12	Liquido	5,5	4,4

(1) Gas a temperatura ambiente, ma normalmente liquido a bassa pressione.

(2) Valori maggiori per metano puro. Tra parentesi sono i valori per il gas naturale tipico.

(3) Il valore più alto si riferisce alla densità al punto triplo.

bile + serbatoio). Si può incrementare la densità energetica dell'idrogeno gassoso aumentandone la pressione ma in questo caso è necessario utilizzare serbatoi in materiali compositi rinforzati con fibre di carbonio (figura 2). Gli sviluppi più recenti hanno permesso di raggiungere pressioni fino a 700 bar con una densità di energia di appena 1,3 kWh/L [12]. Inoltre i costi elevati e le problematiche relative alla sicurezza vanno fortemente a gravare su questo tipo di accumulo.

Idrogeno liquido

Per incrementare la densità di energia, l'idrogeno è liquefatto a -253 °C [13], ma anche qui l'idrogeno ha una densità di energia tre volte inferiore a quella della benzina (tabella 1). A questa limitazione si aggiunge quella relativa alla progressiva perdita dell'idrogeno liquido per evaporazione (circa 1-2% al giorno) anche con particolari accorgimenti tecnologici, ed al notevole dispendio energetico necessario all'intero processo (circa il 30% dell'energia contenuta nell'idrogeno liquefatto).

Idruri metallici

Gli idruri metallici sono leghe di magnesio, alluminio, ferro o lantanio, che contengono all'interno della struttura cristallina composti di nichel, vanadio, titanio, cromo, terre rare, in grado di assorbire idrogeno nello spazio interatomico. Il processo di carica-scarica è reversibile e si ottiene attraverso processi di assorbimento esotermico e desorbimento endotermico. Inoltre, usando leghe con differenti composizioni, è possibile ottenere sistemi in grado di rilasciare l'idrogeno a differenti pressioni. È possibile quindi, ponendo l'idruro metallico in polvere all'interno di contenitori, accumulare l'idrogeno allo stato "solido" (figura 3).

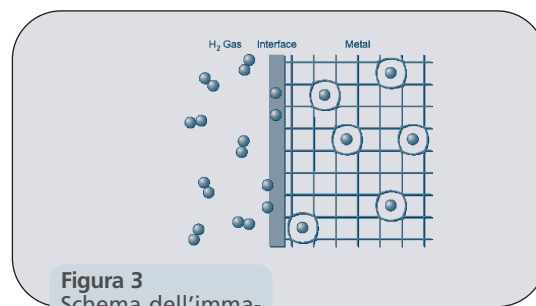


Figura 3
Schema dell'immagazzinamento dell'idrogeno nel reticolo di un idruro
Fonte: K. Sopian, W.R.W. Daud, Renewable Energy 31, 2006, 719-727 [4]

Gli idruri si dividono a seconda della temperatura di assorbimento/desorbimento in idruri a bassa temperatura ($20-90\text{ °C}$) ed alta ($150-300\text{ °C}$), con la capacità di accumulo maggiore per gli idruri ad alta temperatura. Per questi la pressione di assorbimento varia tra 33 e 55 bar, mentre quella di rilascio tra 0,7 e 10 bar. I vantaggi dell'accumulo in idruri metallici sono costituiti, oltre alla sicurezza intrinseca, dalla relativamente bassa pressione di carica e dall'elevata densità di energia in volume raggiungibile ($2,7\div 3,4\text{ kWh/L}$). La densità gravimetrica dell'idrogeno accumulato è interessante rispetto ai due precedenti sistemi di accumulo, soprattutto per gli idruri del tipo Mg_2FeH_6 (figura 4) [14]. Tuttavia i costi di gestione di tali sistemi, il loro peso elevato, la limitata percentuale in peso di idrogeno immagazzina-



Figura 4
Confronto volumetrico per l'immagazzinamento di idrogeno a bordo di un'automobile tra idruri di ferro/magnesio, lantanio/nichel, idrogeno liquido e idrogeno gassoso
Fonte: K. Sopian, W.R.W. Daud, Renewable Energy 31, 2006, 719-727 [4]

to e la progressiva riduzione della capacità di accumulo in funzione del numero di cicli di adsorbimento/desorbimento ne limitano fortemente la convenienza.

Nanotubi di Carbonio

Il metodo di accumulo in nanotubi di carbonio [15,16] sembra consentire, a parità di peso, un maggior volume di idrogeno accumulato rispetto agli idruri metallici ed anche costi relativi inferiori. Nei micropori di queste strutture (diametro inferiore a 2 nm) l' H_2 può essere assorbito a densità più elevate che in fase liquida. I risultati ottenuti in termini di densità di energia volumetrica non sono del tutto concordi e sono compresi nell'intervallo $4,2 \div 6,0$ kWh/L, senza comprendere il serbatoio di immagazzinamento, con concentrazioni in peso di H_2 accumulato tra 70% [17] e solo il 14% [18]. La tecnologia appare promettente per le applicazioni mobili, anche se il meccanismo non è chiaro ed è difficilmente riproducibile [19]. Non esistono sistemi che possano essere sfruttati commercialmente.

Composti chimici

Le quattro modalità di trasporto dell'idrogeno fin qui descritte (tabella 2) si basano tutte sul fatto che l'idrogeno sia prodotto per altra via. In alternativa si può pensare di immagazzinare chimica-

mente l'idrogeno, ovvero di trasportare un composto chimico che possa agevolmente essere trasformato in idrogeno a richiesta. Anche se qualsiasi combustibile fossile convenzionale (ad es. metano, benzina, metanolo) può essere considerato come un vettore energetico, questi presentano sempre la difficoltà tecnica di impianti di dimensioni adatte al trasporto e l'inconveniente di essere anche generatori di CO_2 .

Nell'ambito di questa analisi ci indirizziamo dunque solo a composti chimici privi di ossigeno e carbonio quali gli idruri, l'idrazina, l'ammoniaca, l'ammonio-borano (NH_3-BH_3).

L'**ammoniaca** rappresenta il secondo composto chimico più comunemente prodotto nel mondo. Per produrre idrogeno da ammoniaca [21] è necessario esporre i vapori di tale liquido alla presenza di un catalizzatore ad ossido di ferro a temperature superiori ai 700 °C. Esistono infrastrutture per la produzione il trasporto e la distribuzione. In forma liquida a media pressione e bassa temperatura l'ammoniaca possiede un'elevata densità di idrogeno. In alternativa l'ammoniaca liquida, miscelata con acqua, permetterebbe lo stoccaggio anche a temperatura e pressione ambiente. Il rilascio dell'idrogeno immagazzinato chimicamente può avvenire attraverso un sistema di *reforming* catalitico senza produzione di scarti tossici e pericoli di infiammabilità. Per

Tabella 2 - Quadro riassuntivo delle caratteristiche dei sistemi di accumulo [20]

	Densità di Energia		Temperatura [°C]
	[kWh/kg]	[kWh/L]	
Benzina	10	8,5	20
Idrogeno gassoso compresso			
Stazionario (50 bar)	0,24÷0,31	0,135	20
Mobile (200 bar)	0,50÷0,75		20
Mobile (250 bar)	1,75÷2,15		20
Idrogeno liquido			
Stazionario 3800 m ³	-	1,70÷2,00	-253
Mobile 190 L	4,5	2,13	-253
Idruri metallici			
A bassa temperatura	0,60÷1,80	2,96÷3,20	50÷80
Ad alta temperatura	1,20÷2,50	2,70÷3,37	250÷300
Carbonio Attivato a 55 bar	3,34÷4,34	1,17	-196
Nanotubi di carbonio	4,67÷6,68	4,20÷6,00	
Nanofibre di carbonio (113 bar)	14,0÷22,7	15	

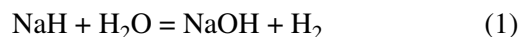
contro, il suo processo di produzione è molto costoso ed inoltre, il *reforming* necessita di temperature operative elevate. Infine l'ammoniaca stessa è, a temperatura e pressione ambiente, un gas tossico con un forte odore sgradevole. In alternativa esiste l'**idrazina** $\text{NH}_2\text{-NH}_2$, già sperimentata come combustibile per *fuel cell* [22], che tuttavia presenta, oltre i problemi già evidenziati per l'ammoniaca, anche problemi di tossicità. L'ammonio borano è uno dei candidati più interessanti per l'immagazzinamento chimico dell'idrogeno [23]. Si tratta di un solido cristallino, stabile a temperatura ambiente, che inizia a rilasciare idrogeno se scaldato a 120-130 °C. La sua percentuale in peso di idrogeno, superiore al 19%, lo rende uno dei materiali con la più alta capacità teorica di immagazzinamento. Purtroppo, oltre il rilascio di idrogeno, il composto può subire altre reazioni di decomposizione dando origine ad ammoniaca, borani e borazine volatili. In aggiunta, si possono formare prodotti ceramici refrattari difficili e costosi da rigenerare e ritrattare. Sono in corso studi per cercare di sviluppare catalizzatori e condizioni di reazione che facilitino il rilascio controllato di idrogeno dal composto prevenendo la formazione di composti volatili e ceramici.

Restano da considerare gli **idruri** che sono sostanzialmente di tre tipi: idruri **alcalini** (NaH , LiH , MgH_2 , CaH_2) [24], boroidruri alcalini (LiBH_4 e NaBH_4) e **alantati** (AlH_3 , LiAlH_4 , NaAlH_4) [25,26].

Alcuni idruri possono dare reazioni di combustione violenta se esposti all'aria in presenza di umidità e spesso sono abbastanza tossici a contatto con la pelle e gli occhi e quindi difficili da maneggiare (es. LiAlH_4).

Il confronto tra diversi tipi di idruri (figura 5) in relazione alla percentuale in peso di idrogeno immagazzinato dal composto o da miscele acqua/composto e al calore sviluppato durante l'idrolisi mostra che il **boroidruro di sodio** sviluppa meno calore rispetto a tutti gli altri (possiede cioè la termodinamica più favorevole) e con una percentuale in peso di idrogeno di tutto rispetto e inferiore solo a LiH e LiBH_4 . Tuttavia questi due composti sono meno stabili e di conseguenza più difficili da manipolare.

L'**idruro di sodio** (NaH) per quanto evidentemente inferiore ad altri composti ha già un'applicazione commerciale. Si tratta delle *Powerballs* [27], sfere di idruro del diametro di 1,2 pollici rivestite da uno strato di polietilene impermeabile all'acqua. Un sistema meccanico provvede a sezionare le sfere prima di inserirle in un serbatoio pieno di acqua nel quale avviene la reazione:



Il vantaggio del NaH rispetto al boroidruro è rappresentato dal fatto che il costo del processo di preparazione è minore di quello del boroidruro di sodio.

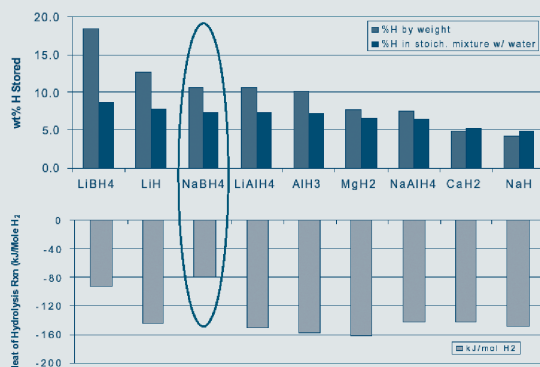


Figura 5
Confronto tra diversi tipi di idruri in relazione alla percentuale in peso di idrogeno immagazzinato e al calore sviluppato durante l'idrolisi
Fonte: Millennium Cell

Il Boroidruro di Sodio

Come abbiamo visto dalla [figura 5](#), il boridruro di sodio è, rispetto agli altri idruri, molto interessante. L'utilizzo dei boroidruri alcalini non è recente: la NASA li aveva già adottati come additivi del combustibile per alimentare i razzi dello Shuttle [28] e all'epoca i tecnici sostenevano che il boroidruro di sodio avrebbe avuto possibilità di impiego come combustibile sia per usi militari che civili tra la fine del XX e l'inizio del XXI secolo.

Nel caso dei boroidruri alcalini l'idrogeno viene imprigionato nei legami chimici del boro e del metallo alcalino formando un sale. Una soluzione acquosa composta ad esempio al 50%_p da boroidruro di sodio e 50%_p da acqua fornirebbe, reagendo su un adatto catalizzatore, idrogeno con un rapporto energetico simile, in volume, alla benzina. Oltre l'idrogeno, l'altro prodotto della reazione suddetta è il borato di sodio, un composto chimico naturale utilizzato comunemente nei detersivi e nelle colle che può essere ritrasformato nuovamente in boroidruro di sodio.

Considerando che già una soluzione di boroidruro di sodio al 30%_p contiene circa il 7% in peso di idrogeno (63 g H₂/L), tale metodo di immagazzinamento è di sicuro interesse rispetto all'idrogeno compresso in bombole (23 g H₂/L a 330 bar) o liquido (71 g H₂/L) [29].

A quanto detto si aggiunga che tale soluzione è stabile in ambiente basico, non infiammabile, non esplosiva, non produce emissioni inquinanti o sottoprodotti in grado di contribuire all'effetto serra ed infine è l'unico sistema di accumulo dell'idrogeno in forma liquida (acquosa) a temperatura ambiente che potrebbe sfruttare facilmente l'attuale sistema di distribuzione alla pompa per l'autotrazione.

Per contro i problemi da superare sono:

- I. l'alto costo attuale dei boroidruri, che tuttavia è superiore all'effettivo costo delle materie di base e dei processi chimici a causa del ristretto numero di produttori (la finlandese *Finnish Chemicals* e l'americana *Rohm and Haas*);
- II. la messa a punto di un buon processo di riconversione boroidruro-borato-boroidruro;
- III. l'ottimizzazione del catalizzatore, sia nella cinetica di reazione che nella stabilità chimica.

In rapporto al costo del boroidruro (I) e al riciclo del metaborato (II) vanno precisati alcuni punti. La sintesi del boroidruro si ottiene partendo da sodio metallico (il più economico dei metalli esistenti, 3,5 \$/kg) e idrogeno che reagiscono insieme per formare NaH secondo l'equazione (2).



L'idruro di sodio reagisce a sua volta con il trimetilborato (B(OCH₃)₃) per formare boroidruro e metanoato di sodio (3). Sia il trimetilborato che il metanoato di sodio sono prodotti chimici a basso costo che possono tranquillamente essere riciclati nel corso del processo.



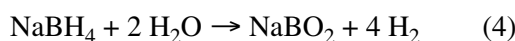
Dall'equazione (3) si osserva che per formare una mole di boroidruro di sodio sono necessarie 4 moli di NaH. Il costo commerciale attuale del boroidruro tuttavia non è pari a 4 volte quello dell'idruro di sodio ma da sette a 11 volte maggiore, secondo il quantitativo (25-40 \$/Kg). Del resto il costo del processo di produzione del NaH è sostanzialmente legato al costo dell'energia elettrica, poichè sia l'idrogeno che il sodio vengono prodotti per elettrolisi. L'accre-

sciuto interesse nei confronti del boroidruro e dei processi di produzione [30] ha già portato a risultati molto interessanti in rapporto alla riduzione del costo del sodio metallico. Recentemente, *Icelandic New Energy Ltd., Millennium Cell (USA) and Technological Institute of Iceland* hanno collaborato con l'obiettivo di verificare un nuovo metodo per la produzione del sodio metallico [31]. Il metodo è basato sull'elettrolisi dell'idrossido di sodio utilizzando membrane di sodio β -alumina inserite in celle di elettrolisi.

La figura 6 mostra il costo reale del boroidruro (16 \$/kg), basato sull'effettivo consumo energetico, e la sua riduzione attraverso un processo di produzione del sodio a maggiore rendimento rispetto a quello attuale. In particolare, l'obiettivo della riduzione del costo del sodio ad 1,2 \$/Kg e del boroidruro a 7 \$/kg sarebbe già ottenibile utilizzando proprio l'elettrolisi di NaOH piuttosto che quella del NaCl correntemente impiegata. Le stime effettuate, considerando la possibilità di riciclare il borato e ulteriori progressi nella sintesi del sodio metallico, lasciano prevedere la possibilità di produrre NaBH_4 a 1 \$/kg.

In riferimento al terzo problema, si è effettuata in ENEA un'attività esplorativa di ricerca volta ad affrontare il problema del controllo della cinetica di produzione dell'idrogeno dal NaBH_4 e della stabilità chimica di catalizzatori innovativi rispetto a quelli esistenti.

Il NaBH_4 è un sale bianco cristallino termicamente stabile ed igroscopico che si decompone per idrolisi secondo la reazione esotermica:



La velocità di decomposizione delle soluzioni acquose di boroidruro è convenien-

temente stimata dall'eq. 5, espressa nella sua emivita (tempo necessario per l'idrolisi del 50% in peso del boroidruro iniziale) in funzione del pH e della temperatura:

$$\log_{10} t_{1/2} = \text{pH} (0,034 T - 1,92) \quad (t_{1/2} \text{ in min., } T \text{ in K}) \quad (5)$$

La (4) può quindi essere controllata variando l'acidità e/o la temperatura. La completa idrolisi di 1 grammo di boroidruro libera 2,374 litri di idrogeno in condizioni standard con una cinetica che in poco tempo rallenta per l'aumento del pH causato dalla formazione del sale basico metaborato. Adatte soluzioni acquose stabili per la generazione di idrogeno sono nell'intervallo di concentrazione di 1-30% in peso di NaBH_4 e di NaOH o KOH con concentrazioni maggiori del 5% in peso.

Dalla letteratura è noto [32] che appropriati sali di metalli, come il nichel e il cobalto e di metalli nobili come rutenio, platino, rodio, iridio, ecc., siano effettivi acceleratori catalitici della reazione (4). Nel brevetto di Amendola et al. [33], a base della tecnologia della *Millennium Cell* leader nel settore, si descrive la preparazione di un catalizzatore di rutenio metallico supportato su una resina anionica. Quest'ultima dovrebbe favorire l'aggancio dello ione

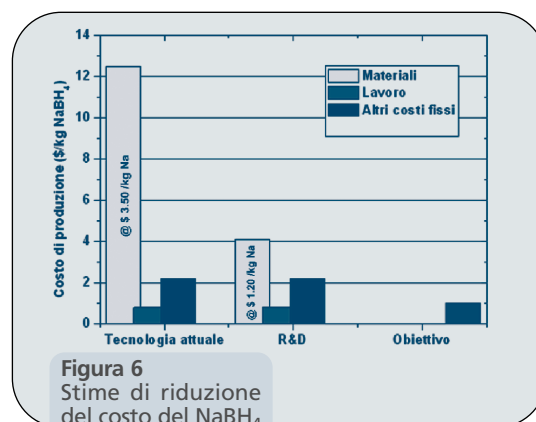


Figura 6
Stime di riduzione del costo del NaBH_4 attraverso la riduzione del costo del processo di produzione del sodio metallico
Fonte: Millennium Cell

boroidruro (BH_4^-) in prossimità del rutenio aumentandone il tempo di contatto e quindi la cinetica di idrolisi, che infatti risulta elevata. Verifiche effettuate presso i laboratori ENEA hanno comunque mostrato che, per gli alti valori di pH, sia la resina anionica che il rutenio sono instabili: la resina, inizialmente presente in piccole sferette, tende a sfibrarsi nel tempo, il rutenio si distacca dalla resina per le tensioni prodotte al suo interfaccia durante lo sviluppo dell'idrogeno. Ancora più importante, lo stesso rutenio è perso per dissoluzione in virtù del forte potere corrosivo dell'ambiente alcalino, come già previsto sperimentalmente da M. Pourbaix [34].

Nel brevetto di Amendola citato il catalizzatore è inserito in un reattore provvisto in testa e in coda di filtri per trattenere le particelle di circa 0,025 mm di diametro, la soluzione di $NaBH_4/NaOH/H_2O$ è flussata all'interno mediante una pompa peristaltica attraverso cui si può regolare la velocità di generazione dell'idrogeno.

Allo scopo di superare le suddette limitazioni riscontrate sperimentalmente dagli autori, la ricerca ENEA è stata indirizzata alla realizzazione di un catalizzatore con una cinetica almeno paragonabile a quella evidenziata dai lavori citati ma con una maggiore stabilità chimica. Allo stesso tempo è stato affrontato il problema della perdita del catalizzatore per effetto del trascinamento da parte della soluzione di alimentazione. È stato così messo a punto in scala di laboratorio un dispositivo che, inserito nel circuito di alimentazione di soluzioni acquose di boroidruro di sodio/idrossido di sodio, esplicasse al meglio le tre seguenti caratteristiche fondamentali:

1) rapida cinetica di generazione di idrogeno;

2) controllo del volume di idrogeno prodotto nell'unità di tempo;

3) alta stabilità chimica nel tempo.

Il dispositivo realizzato è basato sull'azione di un campo magnetico direttamente su una parte della linea del circuito di alimentazione della soluzione $NaBH_4/NaOH/H_2O$. Le linee di forza del campo sono tra loro parallele e di densità omogenea ed esplicano la loro azione con una geometria trasversale rispetto alla linea del circuito attraversandone l'intero lume e per un tratto di lunghezza ben stabilito (figura 7).

All'interno della zona di azione del campo magnetico viene posizionato un materiale catalitico sotto forma di polvere a granulometria variabile realizzato *ad hoc* e in grado di promuovere la reazione di idrolisi del boroidruro di sodio per la generazione di idrogeno. Ovviamente questo materiale gode di proprietà ferromagnetiche tali che l'intensità del campo magnetico applicato dall'esterno del circuito è adeguata in modo tale da bloccare in modo stabile il materiale catalitico stesso nel tratto di circuito considerato, senza alcuna perdita per effetto del trascinamento da parte della soluzione di alimentazione o della turbolenza creata dalla formazione di bolle di gas di idrogeno sulla sua superficie. Il

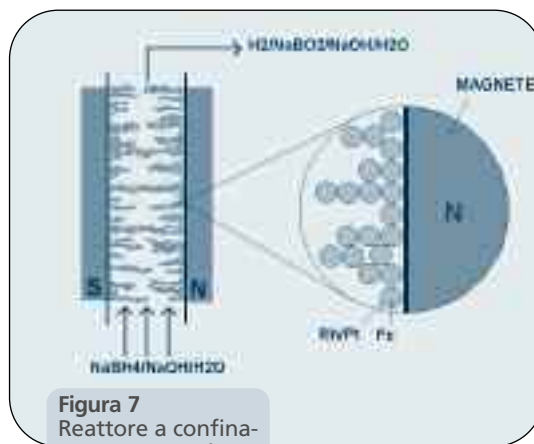


Figura 7
Reattore a confinamento magnetico
Fonte: ENEA

catalizzatore prodotto è costituito da un cuore di materiale ferromagnetico scelto tra elementi metallici singoli o in lega quali il ferro, il cobalto, il nichel; leghe quali ferro-cromo, ferro-platino; acciai ferromagnetici (es. serie AISI 400); ossidi di ferro (es. magnetite). Uno strato protettivo a base di metallo nobile avvolge il nucleo ferromagnetico. Infine un terzo strato metallico a base di metalli nobili e non nobili in lega fra di loro esplica la vera e propria azione catalitica. Le proporzioni tra i vari strati sono tali da avere un prodotto finale costituito all'80-99% dal materiale/i ferromagnetico, all'1-10% dallo strato protettivo e allo 0,1-10% dallo strato catalitico.

Prima della realizzazione del dispositivo, il catalizzatore sperimentale è stato sottoposto a due diverse prove per la generazione di idrogeno da NaBH_4 : nella prima prova è stata confrontata la cinetica di idrolisi del nuovo catalizzatore rispetto a quella ottenuta con catalizzatore IRA-400/Ru5% realizzato secondo la metodologia di Amendola et al., in cui il catalizzatore è stato messo a contatto con una soluzione acquosa termostata a 35 °C di NaBH_4 20%_p/NaOH 10%_p. Il grafico di figura 8 mostra il volume di idrogeno generato in cm^3 (STP) in funzione del tempo trascorso in secondi dall'inizio della reazione di catalisi. La

pendenza della retta rappresenta la cinetica dell'idrolisi del NaBH_4 (cinetica di ordine 0) sui differenti catalizzatori e risulta: 7,1 cm^3 di H_2 /sec per grammo di catalizzatore per il catalizzatore ENEA contro i 5,6 cm^3 di H_2 /sec per grammo di catalizzatore per il catalizzatore IRA-400/Ru 5% del brevetto di Amendola et al.

La seconda prova, riguardante la stabilità chimica e quindi l'attività catalitica nel tempo, è stata eseguita utilizzando una coppia di magneti permanenti, affacciati, il cui campo magnetico, con intensità di circa 1 KGauss, agiva su un tratto di un circuito chiuso di diametro di 16 mm e di lunghezza di 50 mm. Una quantità pari a 0,50 g del catalizzatore ENEA è stata confinata in questa zona del circuito. Una pompa peristaltica provvedeva a fluire, a circuito chiuso, una soluzione acquosa di 1 litro di NaBH_4 20%_p/NaOH 10%_p alla velocità di circa 1 mL/minuto, a temperatura ambiente per 6 giorni. Al termine della prova il catalizzatore è stato recuperato e sottoposto alla prova cinetica già descritta precedente (0,25 g cat. / T=35 °C / V=30 mL sol.). L'idrogeno generato è stato di 6,8 cm^3 H_2 /sec per grammo di catalizzatore, mostrando una diminuzione di appena il 4% rispetto alla cinetica originaria.

Generatori di idrogeno da sodio boroidruro

Come già, detto pioniere e leader di queste applicazioni è la *Millennium Cell* proprietaria di numerosi brevetti sulla produzione di idrogeno mediante NaBH_4 [35, 36, 37, 38]. Non esistono prodotti commerciali di questo tipo di dispositivi ma numerosi prototipi realizzati dalla *Millennium* in collaborazione con case automobilistiche o di produttori di *fuel cell*, come la *Natrium*, una veicolo a cel-

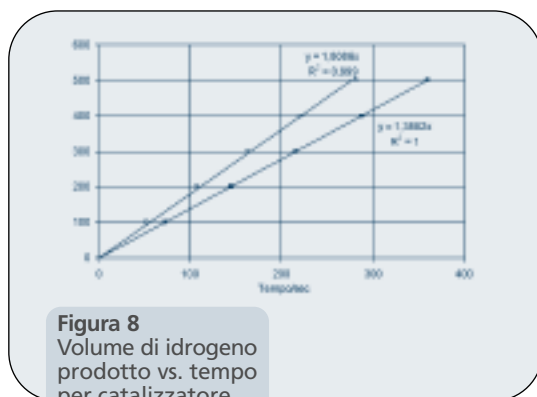


Figura 8
Volume di idrogeno prodotto vs. tempo per catalizzatore IRA-400/Ru5% (●) e catalizzatore ENEA (○)
Fonte: ENEA

le a combustibile sviluppato in collaborazione con *Daimler Chrysler* e la *Hpower* con la *Peugeot/Citroen*.

Sia la *Millennium*, in collaborazione con *Hydrogenics*, che l'americana *Manhattan Scientifics* hanno sviluppato sistemi di produzione di idrogeno con NaBH_4 per usi portatili, che appare come un settore di applicazione particolarmente interessante, soprattutto nell'ambito militare.

Goldstein et al. [39] hanno brevettato un sistema di generazione di idrogeno da boridruro in fase solida in cui il boridruro viene inserito in capsule di lunghezza 40 mm che rilasciano idrogeno per dissoluzione in ambiente acquoso o per polverizzazione attraverso mezzo meccanico.

Anche l'ENEA è presente in questo settore con Prosini et al. [40], con un brevetto su un dispositivo portatile per la produzione di idrogeno basato sulla miscelazione controllata di una soluzione di acido cloridrico in un reattore contenente NaBH_4 solido. Gli stessi hanno messo a punto un procedimento per la produzione di idrogeno mediante idrolisi di NaBH_4 solido [41].

Il generatore ErreDue

La società ErreDue di Livorno, già produttrice di elettrolizzatori alcalini e generatori di gas per applicazioni industriali, ha ingegnerizzato un prototipo sperimentale basato sulla tecnologia sviluppata da ENEA [42]. Il primo dispositivo commerciale è in grado di generare idrogeno a richiesta partendo da soluzioni di NaBH_4 (figura 9).

Il sistema può fornire piccole quantità di idrogeno (portata massima 150 NmL/min) con un elevato grado di purezza a pressione basse (massimo 4,5 bar).

Il dispositivo è indicato per tutte le applicazioni che richiedono la produzione di

idrogeno locale, in limitate quantità e con elevata purezza, come ad esempio richiesto in laboratori di analisi (*gas carrier* per la gascromatografia).

Lo schema del processo è rappresentato in figura 10: una soluzione di NaBH_4 è ricircolata in modo discontinuo per mezzo di una pompa dal serbatoio nel reattore, dove si sviluppa idrogeno e si produce metaborato (NaBO_2) che rimane disciolto in soluzione. L'idrogeno che si sviluppa è convogliato in un letto di essiccazione e quindi reso disponibile in uscita, a pressione costante.

Durante l'esercizio, la soluzione di boridruro in ricircolo tende ad esaurirsi divenendo sempre più satura di metaborato; quando la concentrazione di NaBH_4 risulta insufficiente per la produzione di idrogeno richiesta, è necessaria la sostituzione della soluzione esausta con altra nuova. Il sistema consente di operare alla portata nominale per 24 ore.

I vantaggi di usare un processo di questo tipo sono la sicurezza, operando con ridot-



Figura 9
Generatore di idrogeno ErreDue mod. GBH02
Fonte: ErreDue

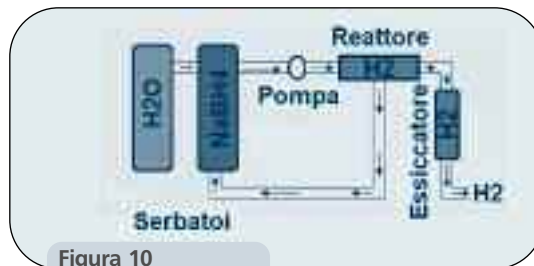


Figura 10
Schema del processo
Fonte: ErreDue

Tabella 3 - Condizioni operative di sperimentazione del generatore GBH02

Concentrazione iniziale di sol. NaBH ₄ (p/V)	mol	CA ⁰	0,08
Volume iniziale di NaBH ₄	L	V ⁰ _{A,S-1}	1,175
Valore di set point per la pressione	bar	P _{sp}	3,5
Portata media oraria di H ₂	NL/min	FH ₂	100
Volume di H ₂ atteso	L	V ⁰ _{H₂}	161,6

ti quantitativi di idrogeno a bassa pressione, la semplicità nella gestione e la purezza del gas prodotto (99,9995%). La manutenzione è ridotta grazie all'adozione del catalizzatore a confinamento magnetico che, a differenza di altre soluzioni, non ha bisogno di essere periodicamente ripristinato a causa di dispersione e trascinamento durante il processo stesso.

Sperimentazione

L'obiettivo della sperimentazione è stato quello di caratterizzare il dispositivo GBH02 in modo tale da valutarne le prestazioni e da definirne un modello matematico ed i relativi parametri.

Nella **tabella 3** si riportano le condizioni operative scelte per la campagna di prove. Il funzionamento del sistema è discontinuo, governato dalla pressione massima di esercizio. Dall'analisi del funzionamento del reattore sono state individuate due fasi di produzione dell'idrogeno:

- "fase ATTIVA" in cui la produzione di idrogeno è dovuta al contatto tra soluzione e catalizzatore;
- "fase PASSIVA" quando, nonostante la soluzione non stia più nel reattore, si ha una decrescente produzione oraria di idrogeno, dovuta probabilmente a piccole quantità di soluzione di sodio-boroidruo rimaste adese al catalizzatore.

La **figura 11** evidenzia l'andamento della pressione e della temperatura del reattore durante la fase passiva ed attiva del generatore. I dati mostrano che, con il procedere della reazione, si registra una variazione della pressione di esercizio, tra un valore minimo, corrispondente all'istante

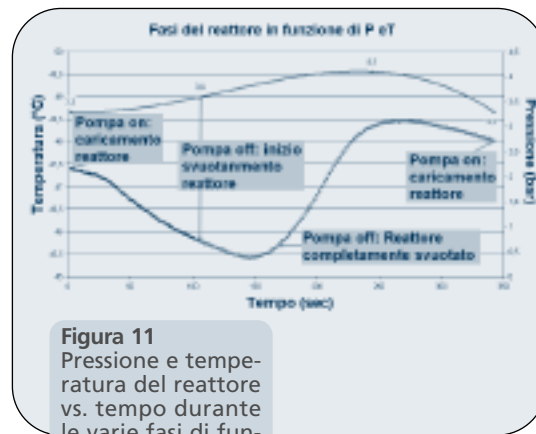


Figura 11
Pressione e temperatura del reattore vs. tempo durante le varie fasi di funzionamento. Concentrazione NaBH₄ 7.4wt.%, volume 1150 cc, P_{sp} 3,5 bar
Fonte: ENEA

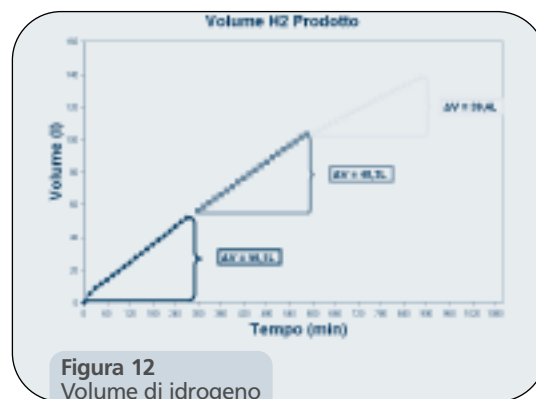


Figura 12
Volume di idrogeno prodotto vs. tempo da una soluzione all'8% (g/L) di sodio-boroidruo
Fonte: ENEA

iniziale della fase attiva del reattore, e un valore massimo che è funzione della quantità di idrogeno prodotto, e quindi dell'impovertimento della soluzione.

Nella **figura 12** è riportato il volume totale di idrogeno prodotto durante la sperimentazione ottenuto sommando i volumi prodotti durante tre test successivi. Nel diagramma si riportano anche i

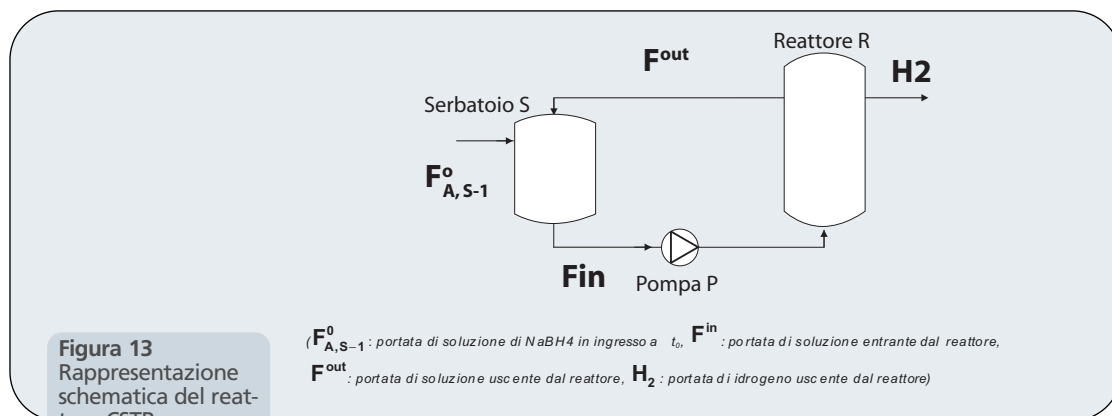


Figura 13
Rappresentazione schematica del reattore CSTR
Fonte: ENEA

$F_{A,S-1}^0$: portata di soluzione di $NaBH_4$ in ingresso a t_0 , F^{in} : portata di soluzione entrante dal reattore, F^{out} : portata di soluzione uscente dal reattore, H_2 : portata di idrogeno uscente dal reattore

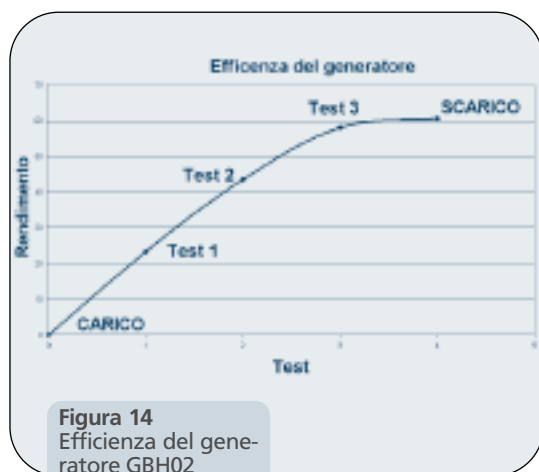


Figura 14
Efficienza del generatore GBH02
Fonte: ENEA

volumi complessivi prodotti nei singoli test. Il volume di gas prodotto, ovviamente, diminuisce all'impoverirsi della soluzione di boroidruro. La pendenza della curva che risulta proporzionale alla velocità di reazione e quindi di produzione di gas, si mantiene abbastanza stabile nel tempo di funzionamento.

Le prove sperimentali sul generatore di idrogeno e i risultati ottenuti hanno permesso di verificare il modello matematico che descrive il processo di idrolisi catalitica del sodioboroidruro e individuarne i parametri.

Il generatore di idrogeno è costituito dal reattore, dal separatore di gas dalla soluzione e da un serbatoio e pompa per il ricircolo della soluzione (figura 13).

Tale schema nel suo insieme si può assi-

milare ad un reattore ideale a mescolamento perfetto con flusso continuo (*Continuous Stirred Tank Reactor - CSTR*). Per definire l'equazione del modello è stato considerato il bilancio di materia per il CSTR espresso dall'equazione seguente:

$$V * \frac{dC_A}{dt} = F^{in} - F^{out} \pm r * V \quad (6)$$

In cui C_A indica la concentrazione della soluzione di $NaBH_4$ in soluzione, V il volume del reattore, ed r la velocità di reazione. Tenendo conto delle condizioni di lavoro ed introducendo il tempo di residenza idraulico della soluzione nel reattore, τ , definito come rapporto tra il volume del reattore V e F^{in} , si ottiene:

$$C_A = C_A^0 - r_A * \tau = C_A^0 - K * C_A^n * \tau \quad (7)$$

con cui è possibile calcolare la concentrazione del reagente A (sodioboroidruro) in funzione del tempo.

La concentrazione di sodioboroidruro presente nei campioni liquidi presi durante la reazione si ricava dalla stechiometria della reazione 4, calcolando la quantità di idrogeno da essi sviluppato.

I dati sperimentali evidenziano un profilo lineare decrescente della concentrazione di sodioboroidruro in soluzione nel tempo, confermando la validità del modello utilizzato (eq. 7) e l'ordine zero della reazione di idro-

lisi ($n=0$), non dipendendo la velocità di reazione dalla concentrazione (C_A), ma solo dalla costante cinetica (K). Dai dati si è ottenuto un valore di K pari a $0,0002 \text{ s}^{-1}$.

La resa del generatore è stata quindi valutata sulla base del volume di idrogeno prodotto rispetto alla quantità accumulata nella soluzione caricata. La **figura 14** mostra l'andamento di tale resa nel corso di prove successive, utilizzando una soluzione di partenza di 1,2 litri contenente l'8% di NaBH_4 (peso/volume). Si nota un andamento lineare e quindi asintotico intorno ad un valore del 60% di idrogeno erogato.

Conclusioni

La possibilità che si realizzi un'economia basata sull'idrogeno è legata a questioni di carattere prevalentemente economico, politico e tecnico, tutte strettamente in relazione tra di loro e di non facile soluzione. Dal punto di vista tecnico uno dei punti nodali da risolvere è certamente rappresentato dalla capacità di accumulare e trasportare l'idrogeno in modo perlomeno paragonabile a quello offerto dai combustibili tradizionali.

In questa ottica, i risultati di questo lavoro rappresentano un punto fondamentale per successivi sviluppi. Si è infatti dimostrata la fattibilità, sia in fase di laboratorio che in fase di ingegnerizzazione, di un sistema per la produzione di idrogeno a partire da soluzioni di boroidruro di sodio (NaBH_4) in grado di funzionare in maniera costante e affidabile. Il prodotto finale del lavoro è già in una fase di commercializzazione a dimostrazione dell'avvenuta maturità di questa tecnologia per future applicazioni che implicino la produzione e l'utilizzo dell'idrogeno a richiesta.

Sull'effettiva possibilità di usare questo tipo di tecnologia nel settore dei trasporti pesa certamente l'elevato costo del boroidruro di sodio che, allo stato attuale, non può competere con i combustibili fossili. È altrettanto certo che per produrre boroidruro di sodio serve più energia di quanta se ne ricava. Tuttavia queste considerazioni che sono valide oggi al costo attuale dei combustibili fossili potrebbero rapidamente non esserlo domani. Inoltre, un'analisi del processo di produzione del boroidruro evidenzia uno scostamento tra il costo effettivo del processo e il costo del materiale, ciò dovuto ad una atipicità del mercato della produzione che incide pesantemente sul costo finale del materiale. Appaiono esistere margini di riduzione del costo del processo di produzione che dovrebbero spingere e motivare la ricerca ad investire in maniera mirata in questo campo.

Per informazioni
ENEA - Dipartimento Tecnologie per l'Energia,
Fonti Rinnovabili e Risparmio Energetico
alfonso.pozio@casaccia.enea.it

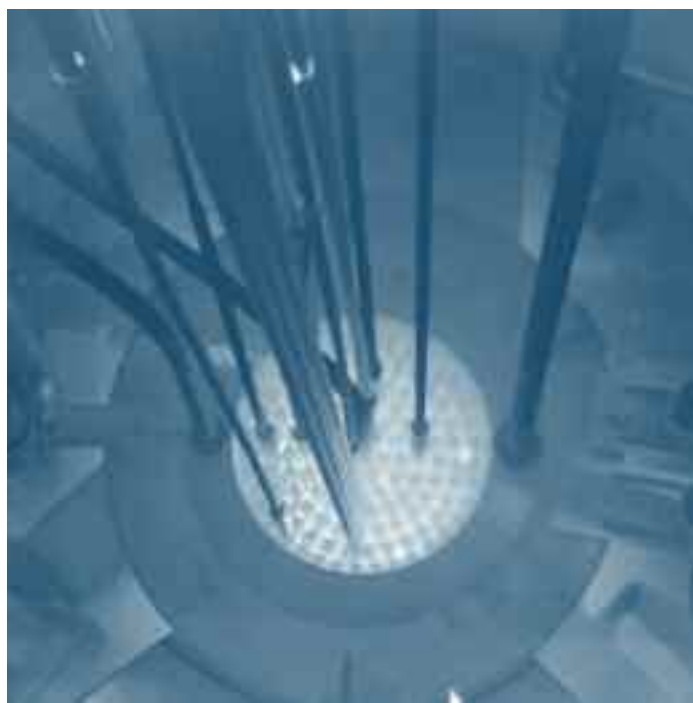
Bibliografia

- [1] D.K. Ross, *Vacuum* 80, 2006, 1084–1089.
- [2] E. David, *Journal of Materials Processing Technology*, 162/163, 2005, 169–177.
- [3] I. Dincer, *International Journal of Hydrogen Energy*, 27, 2002, 265–285.
- [4] K. Sopian, W.R.W. Daud, *Renewable Energy* 31, 2006, 719–727.
- [5] W.G. Colella, M.Z. Jacobson, D.M. Golden, *Journal of Power Sources* 150 (2005) 150–181.
- [6] M.A.K. Lodhia, *International Journal of Hydrogen Energy*, 29, 2004, 1099–1113.
- [7] G.E. Ahmad, E.T. El Shenawy, *Renewable Energy* 31 (2006) 1043–1054.
- [8] Z. Yumurtacia, E. Bilgenb, *International Journal of Hydrogen Energy*, 29, 2004, 687–693.
- [9] S.Z. Baykara, *International Journal of Hydrogen Energy* 29 (2004) 1451–1458.
- [10] L. Zhou, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9, 2005, 395–408.
- [11] M. Falchetta, S. Galli, *Energia, Ambiente e innovazione*, 1, 2001, 45–63.
- [12] Product Information, TUFFSHELL H₂ Fuel Tanks, <http://www.lincolncomposites.com>.
- [13] A. Domashenko e al., *Int. J. of Hydrogen Energy* 27, 2002, 753–755.
- [14] D.W. Zhou e al., *Materials Science and Engineering A*, 427, 2006, 306–315.
- [15] Hui-Ming Cheng, Quan-Hong Yang, Chang Liu, *Carbon* 39, 2001, 1447–1454.
- [16] R. Strobel, J. Garche, P.T. Moseley, L. Jorissen, G. Wolf, *Journal of Power Sources* 159 (2006) 781–801.
- [17] A. Chambers, C. Park, R.T.K. Baker, N.M. Rodriguez, *J Phys Chem B*, 102, 1998, 4253–4256.
- [18] Chen P, Wu X, Lin J, Tan KL., *Science*, 285, 1999, 91–93.
- [19] G.Q. Ning, F. Wie, G.H. Luo, Q.X. Wang, Y.L. Wu, H. Yu, *Appl. Phys. A*, 78, 2004, 955–959.
- [20] A. Cavallini, D. Del Col, *Appunti del Corso di Energetica, Università degli Studi di Padova*.
- [21] N. Sifer, K. Gardner, *Journal of Power Sources*, 132, 2004, 135–138.
- [22] K. Yamada e al., *J. of Power Sources*, 115, 2003, 236–242.
- [23] M. Chandra, Q. Xu., *Journal of Power Sources*, 156, 2006, 190–194.
- [24] V.C.Y. Kong, D.W. Kirk, F.R. Foulkes, J.T. Hinatsu, *Int. Journal of Hydrogen Energy*, 28, 2003, 205–214.
- [25] D.E. Dedrick, M.P. Kanouff, B.C. Replogle, K.J. Gross, *J. of Alloys and Compounds*, 389, 2005, 299–305.
- [26] A. Zaluska, L. Zaluski, J.O. Strom-Olsen, *Journal of Alloys and Compounds*, 298, 2000, 125–134.
- [27] E.G. Skolnik, *Analysis of the NaBH₄-Based Hydrogen Storage System Being Developed by PowerBall Technologies LLC, Energetics, Inc., in Proc. of DOE 2000 H₂ Program Annual Review*.
- [28] P.R. Choudhury, M. Gerstein, *Acta Astronautica*, 36/7/ 1995, 379–386.
- [29] S.C. Amendola and al., *International Journal of Hydrogen Energy*, 25, 2000, 969–975.
- [30] S. Suda e al., *J. of Alloys and Compounds*, 404/406, 2005, 643–647.
- [31] *Fuel Cells Bulletin*, 9, 2003, 7.
- [32] James et al. *Progr. Inorg. Chem.* 11, 1970, 97
- [33] S. Amendola, US Patent no. 5,804,329.
- [34] M. Pourbaix, *Atlas d'Equilibres Electrochimiques*, Gauthier-Villars and C. Editeur, Paris 1963.
- [35] S. Amendola, P.J. Petillo J, S.C. Petillo, R.M. Mohring, US Patent no. US2003/0037487.
- [36] S. Amendola, P.J. Petillo J, S.C. Petillo, R.M. Mohring, US Patent no. US2005/0268555.
- [37] S. Amendola, P.J. Petillo J, S.C. Petillo, R.M. Mohring, US Patent no. US6932847.
- [38] S. Amendola, P.J. Petillo J, S.C. Petillo, R.M. Mohring, WO Patent no. 03/004145.
- [39] J. Goldstein, M. Givon, US Patent no. US2006/042162.
- [40] P.P. Prosini, A. Pozio, P. Gislou, M. Granati, S. Santomassimo, Italian Patent, RM2005A000132.
- [41] P.P. Prosini, P. Gislou, C. Cento, Italian Patent, RM2006A000221.
- [42] M. De Francesco, A. Pozio, European Patent, EP 1 496 014 A1.

Nanotecnologie: innovazioni nel settore agroalimentare

Vincenzo Capuano

Le potenzialità offerte dalle nanotecnologie nei vari settori applicativi appaiono davvero notevoli. Le innovazioni allo studio o già sviluppate per il settore agroalimentare includono in pratica tutti gli aspetti produttivi: dalla coltivazione al processamento dei prodotti alimentari, al controllo di qualità, al "packaging intelligente". Lo sviluppo di queste tecnologie va accompagnato da un'attenta analisi degli eventuali rischi e delle implicazioni sociali



Esistono varie definizioni delle nanotecnologie, che vengono talvolta usate magnificando oltremodo potenzialità e timori per i rischi collegati, trascurando ciò che la ricerca sta effettivamente sviluppando o ciò che si propone di ottenere: le nanotecnologie per alcuni aspetti sono ancora alla frontiera tra realtà scientifica e visioni futuristiche. Il termine "nanotecnologie" fu coniato da un ricercatore dell'Università di Tokio nel 1974 e in pratica viene oggi usato per indicare sia ricerca e acquisizione di conoscenza che tecnologia per creare nuove strutture, materiali, sistemi alla scala nanometrica, ossia del miliardesimo di metro (nm). Per dare un termine di paragone, ricordiamo che nell'universo nano sono compresi ovviamente atomi e molecole, incluse quelle organiche e biologiche, i virus, mentre le cellule arrivano già a misurare migliaia di nm e un capello umano ha il diametro di decine di migliaia di nm. Le nanotecnologie sono un insieme di differenti tecnologie e approcci, tutte legate alla dimensione nano, tra uno e 100 nm; si

Nanotechnology-based innovations in the agri-food sector

Nanotechnologies have high potential for useful applications in many sectors. Innovations now under development or already on the market address practically all aspects of the food-products industry, from farming to processing, quality control and smart packaging. The development of these technologies should be accompanied by a careful assessment of their risks and social implications

parla pertanto di nanomateriali, nanoelettronica, nanobiotecnologie, nanomedicina, nanomacchine. La dimensione nano, a causa dell'aumentata influenza degli effetti superficiali, comporta l'esistenza di proprietà fisiche molto diverse rispetto alla materia considerata nelle normali dimensioni micro o macro. Infatti, ad esempio, l'oro a scala macro è giallo, ma nel nanomondo ha colore rosso; il carbonio a livello nanometrico conduce molto bene la corrente elettrica ecc. Gli strumenti per l'osservazione del nanomondo: il microscopio a scansione e quello a forza atomica, realizzati sul finire degli anni 80, hanno consentito anche le prime manipolazioni della materia a livello atomico e molecolare. Negli stessi anni venivano scoperte le nanoparticelle di carbonio: nanotubi e fullereni, che ricevono molta attenzione oggi per varie applicazioni.

Attraverso l'uso delle nanotecnologie è possibile creare nuovi materiali funzionali, strumenti e sistemi con straordinarie proprietà derivanti dalla loro struttura e implementare qualità e caratteristiche di processi e prodotti esistenti. I sistemi di nanofabbricazione seguono due tipi di approccio: quello top-down, col quale si realizzano nanostrutture partendo da dimensioni macro/micro per asportazione e prelievo di materiale con tecniche di tipo litografico, già sperimentate nella elettronica avanzata, oppure partendo dal basso (bottom-up), realizzando strutture a partire da nanoparticelle (nanotubi, fullereni, dendrimeri, quantum dot). In quest'ultimo caso assume un ruolo sempre più importante l'impiego di meccanismi e strutture biologiche, il cui funzionamento avviene normalmente a scala nano negli esseri viventi. Questa evidente intersezione tra materia vivente e non vivente porta a vedere le nanotecnologie in un'ottica ancora più ampia:

quella della convergenza a scala nano tra varie scienze e tecnologie, con informatica e tecnologie della comunicazione, scienze cognitive, biotecnologie. Le convergenze tecnologiche, su cui già si investe negli Usa e in Europa, potrebbero aprire nuovi scenari nell'evoluzione del progresso umano.

L'ottenimento di nuovi materiali nanostrutturati, i progressi nella nanoelettronica e nelle nanobiotecnologie lasciano intravedere i settori in cui sono previste le maggiori applicazioni delle nanotecnologie: immagazzinamento, produzione e conversione di energia; tecnologie dell'informazione e comunicazione; diagnostica e terapia umana e veterinaria; agricoltura e agroalimentare; inquinamento ambientale e trattamento delle acque; materiali e costruzioni.

Nuove frontiere nelle nanoscienze e nanotecnologie

La capacità di manipolazione della materia alla scala di un miliardesimo di metro, la possibilità quindi di creare strumenti, materiali e strutture con caratteristiche del tutto nuove consentono di immaginare e progettare innovazioni di notevole impatto nei vari settori produttivi, non esclusi quelli dell'agricoltura e della produzione alimentare. In pratica molteplici aspetti legati alla coltivazione, processamento degli alimenti, impatto ambientale della produzione agricola possono essere oggetto delle applicazioni delle nanotecnologie. Nanosensori possono dare informazioni su contaminazioni chimico-biologiche nelle varie fasi di produzione, sistemi "intelligenti" possono consentire il controllo a distanza delle colture, con benefici in termini di efficienza e sicurezza, innovativi materiali possono contribuire ad un migliore packaging ecc.

Osservando quanto sinora realizzato e tenuto conto delle prospettive che si apro-

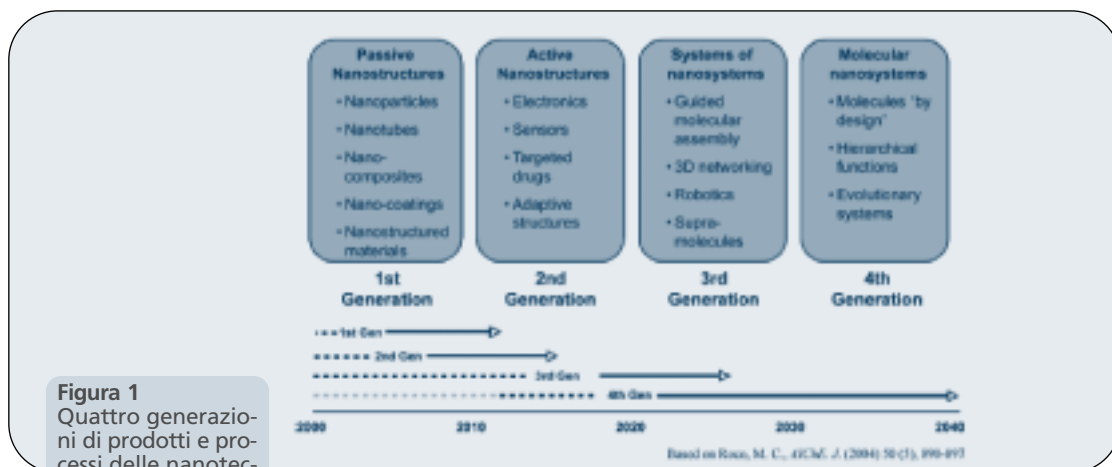


Figura 1
Quattro generazioni di prodotti e processi delle nanotecnologie
Fonte: M. C. Roco [4]

no per il futuro, si può dire che per gli anni tra il 2000 e il 2040 si possono considerare quattro generazioni possibili di prodotti e processi delle nanotecnologie. Tra i primi vanno ricordate le nanostrutture passive, sotto forma di dispersioni aerosol o colloidali, oppure di nanostrutture incorporate in prodotti, come rivestimenti, materiali nanocompositi e nanostrutturati, polimeri, ceramici.

Si sono poi più recentemente studiate nanostrutture attive, sia dal punto di vista biologico (es. nanocarrier per farmaci), che chimico-fisico (amplificatori, transistor 3-D, attuatori). Tra gli esempi di questi nanoprodotti di seconda generazione si può ricordare il nanomotore virale guidato da RNA sintetico e sviluppato da P. Guo dell'Università Purdue, Usa, nel 2004, le piattaforme multifunzionali sviluppate da Kulovska-Latallo, Baker et al. [1] (figura 2) e quelle elaborate da Y. Benenson, predisposte per trovare, misurare e trattare un analista di interesse.

La terza generazione di prodotti allo studio è rappresentata dai sistemi di nanosistemi (assemblatori, architetture e network, nanorobotica, strutture adattative). Tra questi vanno annoverati ad esempio i polimeri (essenzialmente polipirrolo) nano-

strutturati biocompatibili, biodegradabili, studiati per l'impiego come sonde neurovascolari presso il MIT di Boston, Usa [2]. Anche i micro-nanorobot di S. Goldstein (Carnegie Mellon University, Usa) appartengono a questa classe di prodotti allo studio. Essi rappresentano una forma di materia programmabile, in grado di sviluppare il concetto di robot modulari (claytronics). Una materia programmabile deve contenere capacità di calcolo, attuatori, energia, sensori, comunicazione, per costituire forme e configurazioni di interesse [3]. Tra una quindicina di anni si prevede di poter sviluppare la quarta generazione dei prodotti delle nanotecnologie, secondo il parere espres-

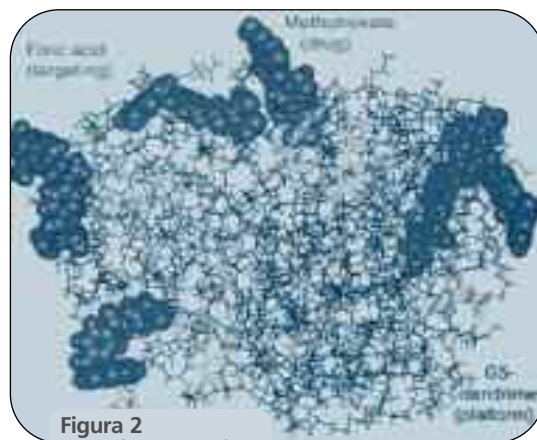


Figura 2
Piattaforma polifunzionale (nanoprodotto di seconda generazione)
Fonte: Kulovska-Latallo, Baker et al.[1]

so da M. Roco, responsabile del Programma Nanotecnologie Usa: nanosistemi molecolari, ossia strutture molecolari appositamente progettate, strutture autoassemblanti ecc.[4]. Una interessante iniziativa, per restare all'oggi, è quella relativa all'inventario dei prodotti già esistenti sul mercato, intrapresa dal Project on Emerging Nanotechnologies¹ di Washington, Usa. Si può notare come esistano oltre 200 prodotti da 15 paesi, che possono essere acquistati in supermercati, farmacie, negozi di articoli sportivi e in internet e che variano da cosmetici, a indumenti, articoli sportivi o elettronici, integratori alimentari.

Applicazioni delle nanotecnologie nell'agroindustria e nell'agroalimentare

Le nanoscienze e le nanotecnologie stanno ricevendo una sempre maggiore attenzione sia nei paesi più sviluppati che in quelli in crescita rapida come la Cina e negli altri in via di sviluppo. Anche se in generale i maggiori finanziamenti sono rivolti verso la biomedicina, l'energia, l'ICT, le potenziali applicazioni delle nanotecnologie nel settore agroindustriale e agroalimentare non appaiono da meno, per quanto riguarda le prospettive di innovazione e di impatto economico, rispetto a quelle degli altri settori applicativi. Si delineano soluzioni che vanno nella direzione di maggiore conoscenza e trasformazione dei biosistemi, diagnosi e trattamento in agricoltura, preparazione e conservazione alimentare, bioprocessi ecc. In questo quadro anche l'agricoltura in ambiente controllato, derivata dalle tecniche di coltura idroponica, potrà avvantaggiarsi dall'introduzione delle nanotecnologie. Alcuni analisti si spingono a prevedere addirittura un intervento diretto delle nanotecnologie sulla progettazio-

ne di alimenti, manipolandone molecole e atomi costituenti, mentre la convergenza di nano, bio, info tecnologie lascia prevedere un impatto davvero importante sul settore agroindustriale.

Le principali applicazioni di interesse nei vari settori dell'agroindustria e dell'agroalimentare sono rivolte, schematicamente, a:

- somministrazione con sistemi innovativi di pesticidi, farmaci, fertilizzanti alle varie colture;
- controllo e localizzazione a distanza delle colture;
- monitoraggio precoce di agenti patogeni o di sostanze chimiche contaminanti;
- rilevamento, con alto grado di sensibilità, del grado di purezza dei prodotti;
- innovazioni di prodotto e di processo nell'industria alimentare;
- metodi innovativi per diagnosi e terapia in zootecnia;
- "packaging intelligente";
- sistemi innovativi di processo/prodotto in combinazione con la tecnologia dei fluidi supercritici.

Un database on line che elenca circa 160 applicazioni delle nanotecnologie nell'agroalimentare, evidenzia un ampio spettro di progetti che vanno dai bioprocessi al monitoraggio dei patogeni e contaminazioni a sistemi intelligenti di trattamento dei prodotti e può essere consultato sul sito

<http://www.nanotechnology.org/inventories>.

Sistemi innovativi di somministrazione di fertilizzanti, pesticidi o farmaci

Lo sviluppo di nuove tecnologie, basate su applicazioni in scala nano e rivolte ai vari settori dell'agroindustria risulta da diversi progetti in atto. Si va dalla proposta di ricercatori dell'Università di Kyoto

che stanno sperimentando l'uso di C60 (nanoparticelle di carbonio formate da sessanta atomi: fullereni) per la produzione di ammoniaca, a quella dell'Accademia delle Scienze russa che prevede la dispersione sui campi di nanoparticelle di Fe che si sarebbero dimostrate in grado di stimolare la germinazione dei semi di pomodoro, a quella di ricercatori coreani che impiegano nanoparticelle di ossido di titanio per aumentare la fotosintesi e stimolare la crescita del riso². Anche il settore della purificazione delle acque di superficie, da impiegare per scopi produttivi (agricoltura, acquacoltura), riceve attenzione in diverse iniziative. L'impiego di nanofibre di ossido di Al del diametro di 2 nm si è rivelato utile nella ultrafiltrazione di batteri e virus, secondo quanto offerto dalla Argonide, un'azienda Usa. Un forte impegno nella purificazione delle acque si registra anche da parte di Basf, Dow e varie aziende in Francia, India e Sud Africa. In parallelo si studiano inoltre sistemi in cui nanoparticelle catalizzano l'ossidazione e la degradazione di inquinanti recalcitranti, facilitandone la rimozione da siti contaminati e da acque di superficie³. Iniziative per la rimozione di fosfati e per contrastare la crescita di alghe da bacini acquiferi con impiego di nanoparticelle di ossido di titanio, che sono state sviluppate da alcune aziende, potrebbero risultare utili anche in impianti di acquacoltura⁴.

Pesticidi in formulazione nano (particelle di dimensioni tra 10 e qualche centinaio di nm) sono già sul mercato e presentano vantaggi sul versante di una migliore capacità di dissoluzione in acqua, maggiore stabilità nel tempo, prevenzione dell'intasamento filtri delle macchine di somministrazione (BASF, Bayer, Syngenta, Monsanto). Le nanocapsule contenenti i pesticidi presentano la possibilità di rilasciare il componente attivo mediante varie modalità,

dipendenti dalle caratteristiche costruttive: per reazione chimica, variazione umidità, temperatura, pH, azione di ultrasuoni, di campo magnetico ecc. Ad esempio un insetticida nanoincapsulato di Syngenta diventa attivo all'interno dell'apparato digerente degli insetti bersaglio, a causa del pH alcalino ivi presente. Queste tecniche di rilascio controllato sono peraltro impiegate anche in nanocapsule progettate per impieghi in animali per scopi diagnostici e/o terapeutici. A questo riguardo va detto che sono numerose le ricerche rivolte all'impiego nell'uomo, per cui si otterrà una estesa possibilità di applicazione anche nel settore veterinario di nanocapsule e nanosistemi in grado di recare in modo mirato e selettivo farmaci nei tessuti o cellule malate.

Sistemi di localizzazione e controllo a distanza di parametri di interesse nelle colture e negli allevamenti

L'impiego delle più recenti acquisizioni nelle ICT, l'uso del sistema GPS e delle nanobiotecnologie, con lo sviluppo di speciali sensori wireless ad altissima sensibilità, collegati tra loro in una o più reti, lascia intravedere una agricoltura sempre più legata alla tecnologia ("precision farming"). Poiché molte caratteristiche chimico-fisiche e biologiche delle colture da monitorare sono legate alla dimensione nano, sensori ad azione multipla e capaci di monitorare piccolissime quantità (livello molecolare) degli agenti biochimici, collegati in rete, possono consentire l'elaborazione dei dati e l'effettuazione dell'azione più appropriata. In questi sistemi intelligenti si ottiene un automatico monitoraggio di vari parametri nelle piante, la localizzazione precisa nella coltivazione e l'intervento necessario in irrigazione, somministrazione pesticidi, fertilizzante. Va aggiunto che nell'estate 2006 si è tenuto in Califor-

nia il primo workshop internazionale sulle reti di sensori, mentre alcune applicazioni sono già attive in vigne della California e Australia; le aziende interessate al loro sviluppo sono diverse: Crossbow Technologies, Dust, Motorola, Intel ecc. Il dipartimento di agricoltura Usa (USDA) lavora allo sviluppo di un "Smart Field System", un sistema che misuri i vari parametri per le migliori condizioni di crescita delle colture, localizzi in campo le aree di intervento (anche sulla singola pianta) e intervenga automaticamente per ottenere o ripristinare le condizioni desiderate di umidità, quantità di fertilizzante o di pesticida. Il governo Usa ha inoltre lanciato un progetto (SensorNet) che intende integrare nanosensori, microsensori e sensori convenzionali in una rete nazionale per obiettivi non più solo di sorveglianza agroambientale ma di sicurezza⁵. Nello sviluppo di reti di sensori avanzati è coinvolta anche l'UE con progetti di ricerca specifici, tra cui il progetto Eyes, coordinato dal prof. Havinga dell'Università di Twente in Olanda che, oltre al monitoraggio ambientale, ha proposto l'impiego di un network di sensori multifunzionali ("intelligenti") per il monitoraggio del latte, della sua quantità e qualità, delle eventuali malattie presenti negli allevamenti⁶.

Monitoraggio patogeni e contaminanti, sicurezza e qualità alimentare

La precoce identificazione di malattie o alterazioni nella normale fisiologia di crescita di piante in coltura o animali in allevamento può consentire interventi decisi per il contrasto di questi fenomeni, con evidenti ripercussioni positive sugli aspetti produttivi ed economici, oltre che ambientali, ove si consideri la possibile riduzione in quantità di pesticidi o farmaci. La possibilità di combinare biotecnologie e nanotecnologie può consentire la predisposizione di nanobiosensori in grado di

rilevare patogeni, contaminanti, aspetti fisico-chimici come temperatura, umidità ecc. metalli pesanti, contaminanti chimici, a livelli di sensibilità molto spinti.

Ad esempio il progetto Goodfood, finanziato dall'UE nell'ambito del 6PQ, prevede varie applicazioni nella catena alimentare (in particolare nei settori lattiero-caseario, frutta, pesce e vino), sia per il monitoraggio di sostanze chimico-biologiche che per il controllo della sicurezza e della qualità di produzione. Il progetto, coordinato dal prof. C. Canè (CSIC, Spagna) registra la partecipazione di un consorzio di imprese tra cui la Nestlé e di vari centri di ricerca europei e dovrebbe completare le proprie attività nel corso del 2007. Tra gli obiettivi si evidenziano iniziative per la rapida analisi di residui di pesticidi, antibiotici, micotossine, patogeni, per lo sviluppo di microsistemi multisensing di controllo logistica e qualità. Attraverso l'integrazione multidisciplinare delle conoscenze sensoristiche e di miniaturizzazione e delle tecnologie di computazione e trasmissione, ci si prefigge il miglioramento della sicurezza e della qualità del cibo. Lo sviluppo di sistemi di rilevazione caratterizzati da piccole dimensioni, basso costo, basso consumo energetico, semplicità d'uso, tempi di risposta rapidi e con connessione diretta a nodi di decisione autonoma, renderà possibile utilizzare sistemi di controllo nei punti critici del ciclo alimentare, dalla materia prima fino al prodotto finale. Centrale appare la interconnessione e comunicazione di sistemi sensoriali eterogenei in piattaforme integrate per la fornitura di servizi, basate sul paradigma dell'"Ambient Intelligence"⁷.

Tra le varie iniziative tendenti al rilevamento rapido di contaminanti biologici, rimanendo in tema di sicurezza alimentare, può essere utile ricordare il "NanoBioluminescence Detection Spray", uno spray contenente una proteina che in caso di presenze indesiderate nei cibi (salmonella, coli) produce luminescenza visibile. Ciò è quan-

to promette uno dei prodotti che una azienda, la Agromicron, intende portare sul mercato. La molecola proteica si lega in modo specifico sulla superficie del batterio dando luogo ad una luminescenza proporzionale al grado di contaminazione⁸. La stessa azienda è impegnata anche nello sviluppo di un test rapido per la rilevazione del virus dell'influenza aviaria.

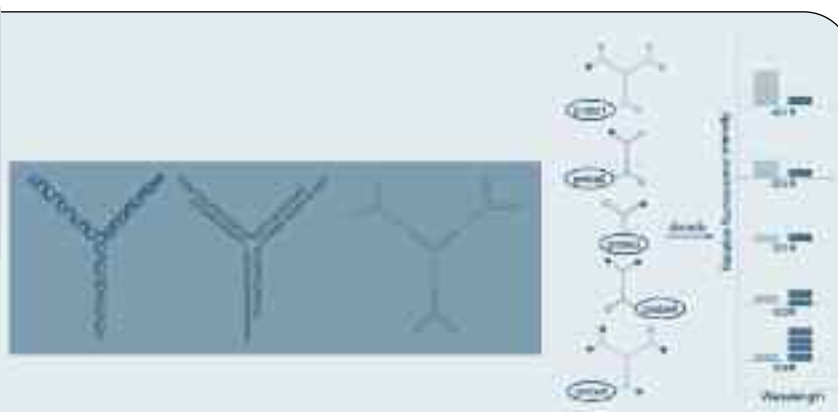
L'identificazione e la caratterizzazione di popolazioni batteriche di interesse agricolo e ambientale, nonché la possibilità di monitorare in modo rapido e sicuro l'eventuale presenza di patogeni, può essere perseguita anche attraverso l'impiego di un interessante sistema basato su nanostrutture di DNA a forma di dendrimero, ossia molecole ramificate di DNA. Le strutture ottenute vengono marcate con coloranti fluorescenti rosso e verde, in proporzioni controllate in modo da costituire una sorta di codice a barre, inoltre le strutture sono anche legate a sonde specifiche per i vari DNA da ricercare nei campioni (figura 3). Ne risulta un sistema - DNA nanobarcode - che mediante citometria a flusso o elettroforesi su gel di agarosio, può consentire analisi molto sensibili (a livello di attomole) e rapide (pochi secondi in citometria a flusso) [5].

La sempre maggiore miniaturizzazione

dei sistemi di analisi a piastra multipla (anche 10^5 "pozzetti di reazione" per cm^2), ove in ciascun pozzetto si esegue uno specifico test, ha consentito di studiare simultaneamente numerosi parametri. Questi microsistemi di analisi multipla o chip vengono in genere funzionalizzati con DNA o proteine. Aziende come Affymetrix hanno posto sul mercato dei chip a DNA per la rilevazione simultanea nel campione in esame di diversi genomi, basandosi su una reazione di ibridazione che viene evidenziata per fluorescenza. La sua localizzazione e intensità sul chip dà informazioni su quali geni sono espressi e in che misura. Infatti, ad esempio il *Food Expert ID*, sviluppato da Affymetrix, consente di rilevare la presenza o l'assenza di ben 33 differenti specie di DNA e ciò può risultare utile in controlli su alimenti o altri prodotti, salvaguardandone la purezza e l'autenticità. Sul mercato sono presenti anche altri biosensori con biochip per monitoraggio di patogeni, come quello prodotto dalla Zyomyx (www.zyomyx.com).

I vari metodi (ottici, elettrici, elettrochimici e gravimetrici) impiegati per la rilevazione dei dati ottenuti con *gene-chip* evidenziano la vasta scelta della piattaforma potenzialmente utile per l'analisi

Figura 3
DNA nanobarcode:
un sistema per monitoraggio rapido di contaminanti biologici
Fonte: M. N. Dadlani, Cornell University, USA. 2005.
<http://hdl.handle.net/1813/2148>



Partendo da DNA Y si ottengono strutture dendrimeriche che vengono funzionalizzate con varie sonde molecolari (acidi nucleici, anticorpi) a cui vengono legati i coloranti fluorescenti in vari rapporti, ma in modo controllato. La presenza nel campione del DNA cercato darà luogo ad una specifica fluorescenza rilevata con la flow cytometry.

si del DNA, in funzione della selettività, sensibilità, velocità di ottenimento dei dati, portabilità e costi. I microchip a DNA vengono prodotti sia sintetizzando in loco l'oligonucleotide che depositandolo e immobilizzandolo sul chip.

I chip a proteine, invece, rappresentano una sfida impegnativa, considerato il gran numero di proteine presenti, mentre la loro funzionalità legata alla struttura tridimensionale ne rende difficile la sintesi e l'amplificazione, cosa invece possibile con la PCR per il DNA. La produzione di chip proteici è alla fase iniziale, a causa di queste caratteristiche proprie delle proteine, e un approccio che viene seguito è quello di farle reagire con anticorpi fissati sui chip, con rilevazione fluorescente della reazione intervenuta. Quantità di pochi nanolitri di campione contenente le proteine in studio consentono la predisposizione di chip con circa 1600 punti di reazione (spot) per cm^2 , tuttavia il processamento di volumi dell'ordine dei femtolitri (10^{-15} litri) risulta al momento ancora complesso. Va aggiunto che l'impiego delle tecniche di nanolitografia con dip-pen, che sfrutta la estremità di scansione di un microscopio a forza atomica per depositare nano quantità di molecole di interesse, potrebbe condurre alla produzione di spot di circa 100 nm.

L'evoluzione dei chip porta a intravedere la creazione di dispositivi che andranno a sostituire interi laboratori di analisi. Si parla infatti di lab-on-a-chip (LOC), laboratorio su chip, in cui la miniaturizzazione, spinta oltre il livello micro, consentirà l'analisi multipla di numerosi parametri su quantità davvero minime di campione (tra 10^{-12} e 10^{-18} litri). Piattaforme LOC sono già state sviluppate da alcune aziende (www.agilent.com). Un particolare chip è invece quello costituito dalla immobilizzazione di cellule su di esso, cosa che consente di evitare i problemi posti, ad

esempio dalla denaturazione delle proteine, nel caso di chip destinati allo studio delle interazioni tra proteine.

La manipolazione biologica a livelli micro/nano derivante dalle nuove acquisizioni tecnologiche consente anche lo sviluppo di strumenti per la selezione delle cellule riproduttive nel settore dell'allevamento. Sistemi microfluidici sono stati impiegati per segregare gli spermatozoi maschili e femminili in cavalli, pecore, maiali sulla base del loro diverso peso: la start-up company Arryx può selezionare oltre 3000 spermatozoi al secondo e si prepara a commercializzare lo strumento per impieghi anche nel settore bovino, mentre sono in corso studi per automatizzare anche la fecondazione selezionata con produzione di embrioni⁹.

Gli impieghi di sensori evoluti sono andati sempre più affermandosi e differenziandosi e alcuni di essi impiegano polimeri conduttivi che sono interessanti poichè mostrano variazioni di proprietà ottiche ed elettriche per effetto di reazioni di ossidoriduzione. I polimeri più usati sono la polianilina, il polipirrolo e il politiofene. Questi polimeri sono prodotti sotto forma di nanostrutture (nanofibre, nanofilm) e sono adatti alla rilevazione di gas e anche di particolari composti come le diamine. Notevoli sono anche le altre possibilità di impiego dei polimeri conduttivi, che vanno da innovazioni nel campo di elettrodi, batterie, a sensori e attuatori.

Lo sviluppo di sensori avanzati viene perseguito anche mediante l'impiego di cantilever multipli (array) di microscopi a forza atomica (MFA), per il monitoraggio delle biomolecole. Sono stati sviluppati infatti cantilever di varie dimensioni o funzionalizzati diversamente, presenti in un unico array, allo scopo di monitorare differenti concentrazioni delle molecole di interesse, sfruttando la deflessione di cantilever multipli a seguito di reazione

specifica con le molecole da monitorare, oppure la variazione della risonanza post reazione.

Un interessante biosensore è scaturito dal progetto europeo Optonanogen (5PQ). Si tratta di un dispositivo optonomeccanico portatile della grandezza di una mano, costituito da un array di 20 microcantilever che possono essere funzionalizzati per il rilevamento di DNA, proteine, contaminanti negli alimenti. L'interazione con le molecole in esame della superficie funzionalizzata del cantilever comporta una deflessione di quest'ultimo e viene misurata mediante raggio laser. Ne è prevista la commercializzazione tramite una spin-off company (Sensia). Particolare appare il sistema microfluidico di entrata e uscita del campione nell'array dei cantilever e che è stato brevettato: ciascun cantilever usa una propria entrata e uscita, anziché impiegare un'unica entrata e uscita per l'intero array.

Esistono anche array di cantilever funzionanti sulla variazione di risonanza, generata in presenza di proteine o virus che si vengano a legare sulla superficie opportunamente funzionalizzata (6). È interessante notare come, nel caso di virus, si sia pervenuti a valutare la massa di un singolo virus, stimata tra 8 e 12 femtogrammi fg ($1 \text{ fg} = 10^{-15}$ grammi). In genere si riscontra che una maggiore sensibilità dei cantilever è legata alle loro minori dimensioni e ciò ha spinto per una progressiva miniaturizzazione degli array, ma alcuni autori hanno mostrato che tale sensibilità è legata anche alle cinetiche di adesione e diffusione delle biomolecole sulla superficie dei cantilever.

Alimenti interattivi e personalizzati, nanoincapsulazione per cibi funzionali

Le nanotecnologie si affacciano anche nella preparazione e formulazione alimentare. Ad esempio nell'allestimento

di sistemi nanofiltranti (membrane con porosità nanometrica uniforme) da impiegare in varie fasi della preparazione di alcuni alimenti, al fine di migliorarne le caratteristiche organolettiche, o mediante l'impiego di nanoemulsioni per rendere maggiormente utilizzabili alcuni principi attivi da parte dell'organismo. Il futuro dell'alimentazione sembra risiedere, secondo alcune iniziative in corso, anche nel cibo interattivo: attraente, sano e adattabile alle esigenze del consumatore. L'idea che un domani si possa scegliere, come consumatori, di cambiare il colore, il gusto o le componenti nutrizionali di un alimento può apparire da un lato eccitante ma anche lasciare interdetti qualche buongustaio. Aziende come Nestlè, Kraft Nanotek lavorano a progetti che impiegano nanotecnologie per produrre cibi che libererebbero sapori o colori diversi in funzione delle esigenze del consumatore, oppure che sarebbero in grado di rispondere alle sue esigenze nutrizionali, mentre una azienda giapponese intenderebbe addirittura produrre alimenti in grado di liberare essenze profumate alla rosa o alla vaniglia attraverso la pelle¹⁰!

Anche se al momento pochi prodotti del "nanofood" sono sul mercato, si prevede una sua forte crescita e alcune stime lo posizionano sui 20 MD di \$ per il 2010, mentre per il cibo funzionale le stime parlano di 37,7 MD di \$ per l'anno 2007. Il Project on Emerging Nanotechnologies, cui si è fatto cenno in precedenza, è una iniziativa attivata nel 2005 dal Woodrow Wilson International Center di Washington, con lo scopo di informare il pubblico sui possibili rischi e benefici per i consumatori delle applicazioni nanotecnologiche. Nel suo sito www.nanotechproject.org è possibile avere informazioni sui prodotti e le applicazioni nei vari campi. Sui circa 280 prodotti elencati, 23 sono relativi al settore alimentare: integratori in formulazio-

ne nano (c'è una richiesta di brevetto per il termine "nanoceutico") per rimuovere più efficacemente i radicali liberi, formulazioni per ridurre la tensione superficiale di cibi e integratori per un migliore assorbimento e così via. Tra le iniziative intese all'innovazione nella preparazione e processamento degli alimenti, vanno ricordate quelle di alcune aziende (Unilever, Nestlé) che studiano l'impiego di nanoparticelle in alimenti come cioccolato, margarina, gelati, burro, maionese, al fine di renderne più facile la lavorazione, prolungarne la conservazione e la stabilità, migliorarne il gusto, mentre la Basf commercializza carotenoidi (incluso il licopene) a scala nano da impiegare come additivi. Il licopene è al centro di interessi anche per il suo impiego in cosmetica e aziende attive nel settore alimentare e in quello cosmetico (Nestlé, L'Oréal) lavorano congiuntamente per lo sviluppo di prodotti da ingerire e che avrebbero effetti cosmetici per l'accumulo nella pelle dei principi attivi. Ciò rappresenterebbe un esempio delle molteplici intersezioni rese possibili dalle nanotecnologie: un ponte tra industria alimentare, cosmetica e medicina. Si è fatto cenno in precedenza alle nanoemulsioni, che rappresentano i punti di forza di alcune interessanti iniziative tese a migliorare la qualità degli alimenti o a rendere più stabili alcuni

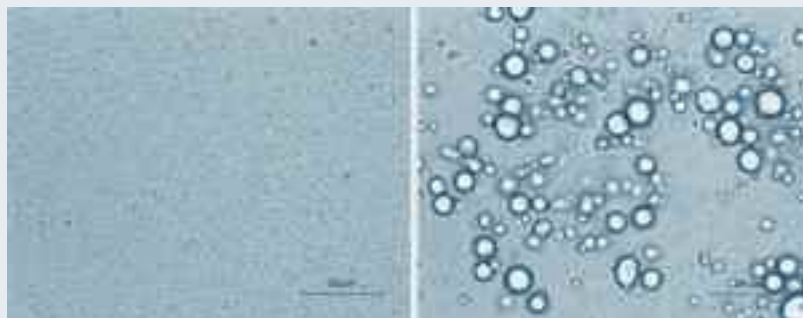
componenti di prodotti alimentari. Com'è noto, le emulsioni sono miscele di liquidi non miscibili (dispersioni colloidali) e rappresentano un sistema termodinamicamente instabile. Per conferire maggiore stabilità a questi sistemi si aggiungono in genere degli emulsificanti in quanto queste sostanze, agendo sulla tensione superficiale, tendono a formare membrane protettive intorno alla gocce di liquido sospeso o ad aumentare la repulsione tra le gocce stesse. Ricerche in corso tendono invece a produrre emulsioni di principi attivi in forma di particelle di dimensioni nanometriche e perciò più stabili. La **figura 4** mostra le foto di una emulsione normale e di una nanoemulsione e si può notare la differenza nelle dimensioni e nella uniformità delle goccioline in dispersione.

Gli aromi sono una componente essenziale dei cibi e l'industria alimentare fa ricorso a quelli naturali e a quelli artificiali nella preparazione di molti prodotti. In genere tutti gli alimenti presentano un proprio caratteristico aroma, ma spesso questo è legato a vari composti volatili che tendono ad evaporare o a venire ossidati in presenza di calore, luce e umidità. Si è notato che gli aromi impiegati nelle preparazioni alimentari, se usati in forma di nanoemulsioni,

Figura 4

Emulsioni: a sinistra nanoemulsione; a destra emulsione normale

Fonte: Q. Huang. The future of interactive food. Personalizing taste and texture in the food industry. Proceedings Nanotechnology in Food and Agriculture Conference, Washington, June 2006



sono molto più stabili. Analogamente accade per i polifenoli, e tra essi i flavonoidi, composti molto utili presenti nei cibi, ma che risultano scarsamente solubili in acqua e di difficile assorbimento nell'intestino.

In definitiva, esistono naturalmente nei cibi molti componenti, presenti spesso in piccole quantità, che hanno un'azione benefica sul nostro organismo, come ben sappiamo. Da tempo le innovazioni nella tecnologia alimentare si sforzano di incrementare la biodisponibilità di questi nutrienti. Mediante il procedimento della nanoincapsulazione è possibile introdurre queste sostanze in nanocapsule che possono essere trasportate nell'intestino e lì liberare il loro contenuto. In tal modo sostanze idrofobiche possono essere rese solubili in acqua, viceversa sostanze idrofiliche possono divenire solubili nei grassi. Aquanova, una società tedesca attiva nel settore, ha in portafoglio diversi prodotti sotto forma di solubilizzati; tra i prodotti l'azienda annovera vitamine, coenzima Q10, acido sorbico, β -carotene, luteina, acidi omega 3. I vari prodotti risultano stabili in varie condizioni biochimiche, di pH, temperatura e sono ad alta biodisponibilità, risultando solubili sia in sistemi acquosi che lipidici.

Uno degli aspetti che vengono evidenziati da queste applicazioni è la possibilità di far pervenire direttamente il nutriente nei tessuti di assorbimento: ad esempio nel caso di pane recante nanocapsule di olio di pesce ricco in omega 3 il consumatore non avverte il gusto di pesce e può assumere l'olio che viene rilasciato nell'apparato digerente. La stessa tecnologia è posta in atto nel caso di yogurt e alimenti per bambini. Tra le varie aziende attive in questo campo, va ricordata anche la BioDelivery Science Intl. che produce "nanococleati", sorta di fogli di fosfatidil serina (derivata dal-

la soia), avvolti ad elica, del diametro di circa 50 nm. Essi sono in grado di incorporare nutrienti e composti vari (vitamine, acidi grassi insaturi, antiossidanti, carotenoidi ecc.) e trasferirli alle cellule della parete intestinale, senza degradazione da parte dei succhi gastrici e senza alterare il gusto o l'odore dell'alimento in cui vengono introdotti.

Packaging "intelligente"

Il cosiddetto packaging intelligente prevede che il confezionamento, nel caso dei prodotti alimentari, risponda non solo alla necessità di conservarne l'igiene e la freschezza, ma possa anche, tra l'altro, fornire informazioni più o meno complesse al produttore o al consumatore sull'effettivo stato di conservazione del prodotto, agire per allungare la durata della confezione, dare la possibilità di controllarne la disponibilità in magazzino, la tracciabilità negli spostamenti ecc. Le attività di sviluppo in questo campo sono ovviamente in continua evoluzione: vanno registrate, ad esempio, anche quelle relative a confezionamenti in grado di "parlare" al consumatore con suoni o voci¹¹, per affermare una qualità o mettere in guardia per una corretta conservazione del prodotto.

I primi requisiti chiesti sono verosimilmente la tracciabilità e la registrazione della temperatura di alcuni prodotti (surgelati) e a questo riguardo si può accennare allo sviluppo di quei sensori a chip in grado di trasmettere in radio frequenza (Rfid), che possono essere incorporati nell'imballaggio e in alcuni casi nel prodotto stesso. Sono già stati introdotti in alcune confezioni da varie aziende, come il colosso WalMart, Home Depot, Metro e Tesco. Con alcune modifiche al Rfid, i prodotti potrebbero essere "seguiti" non solo all'interno dei negozi (con finalità antitaccheggio) ma anche dopo

l'acquisto da parte del consumatore e ciò ha sollevato più di un interrogativo, per gli aspetti legati alla privacy. Di recente anche in Italia un Consorzio di produzione del Grana Padano ha introdotto l'impiego di sensori Rfid in ogni forma del prodotto, al fine di preservarne l'identità di produzione. Sono allo studio evoluzioni dei Rfid che consentano l'acquisizione di ulteriori dati come umidità, contenuto di ossigeno o anidride carbonica.

L'imballaggio di prodotti alimentari che possa incorporare sensori capaci di dare molteplici informazioni sulla corretta conservazione degli alimenti rappresenta pertanto una forte innovazione nel settore, rispondendo anche a una domanda di trasparenza da parte dei consumatori. Esistono già, a tale proposito, iniziative per lo sviluppo di speciali pellicole protettive che fanno ricorso alle nanotecnologie.

La Bayer ad esempio ha sviluppato una pellicola poliamidica (Durethan) che incorpora nanoparticelle di argilla e inibisce il passaggio di gas come ossigeno o anidride carbonica. Il polimero è anche più resistente e leggero di quelli più comunemente usati.

Silice amorfa e ossidi di titanio in scala nano vengono inoltre proposti come componente inorganica di sottilissimi rivestimenti (0,5 - 20 nm) per preparazioni alimentari, aventi lo scopo di prevenire il contatto con l'ossigeno o l'umidità. La Mars, grande multinazionale alimentare, ha ottenuto un brevetto per questo tipo di rivestimenti¹². La sottilissima pellicola inorganica andrebbe a rivestire direttamente dei dolci, evitando l'assorbimento di umidità atmosferica e il contatto con l'aria e preservando in tal modo la consistenza originale del prodotto. L'azienda si è indirizzata su queste componenti di origine inorganica perché ritenute sicure

dall'agenzia Usa FDA, almeno nel loro stato macrodimensionale.

La Nanocor sta invece lavorando, tra l'altro, allo studio di bottiglie in plastica di materiale nanocomposito, in grado di contenere in modo soddisfacente la birra. Mediante incorporazione di nanoparticelle di argilla (montmorillonite, un silicato idrato di alluminio e magnesio) si ottiene una plastica in cui le nanoparticelle omogeneamente diffuse creano percorsi molto tortuosi per il passaggio delle molecole gassose. Ne deriva anche qui la impenetrabilità all'ossigeno e la tenuta dell'anidride carbonica.

Kraft, che nel 2000 ha creato con altre aziende e università il consorzio internazionale Nanotek e che appare fortemente interessata agli alimenti interattivi, si è indirizzata, in tema di packaging intelligente, allo sviluppo di film con sensori incorporati per il monitoraggio di eventuali patogeni nei cibi. In caso di presenza di questi ospiti indesiderati si otterrebbe una variazione di colore, mentre sono in corso anche ricerche indirizzate allo sviluppo di pellicole in grado di produrre preservanti, in caso di inizio di un processo di alterazione nel cibo imballato. Sensori avanzati da incorporare nella confezione alimentare, con funzione di "naso" e "lingua" elettronici, sfrutterebbero perciò la loro alta e specifica sensibilità per dare tempestive informazioni sulla qualità dell'alimento. La University of Connecticut (associata al consorzio Nanotek) lavora tra l'altro allo sviluppo di sensori da impiegare nel confezionamento della carne e che darebbero informazioni sui primi segnali di alterazione del prodotto mediante una variazione di colore della confezione¹³.

Si sta pensando però anche ad imballaggi attivi, ad esempio a sistemi in grado di rimuovere l'ossigeno presente o contenenti sostanze antimicrobiche

come le nanoparticelle di argento che interferiscono con l'RNA dei batteri e con la crescita di funghi nelle confezioni alimentari. Nel caso degli alimenti freschi refrigerati, è noto che uno dei principali elementi da tenere sotto controllo è la pressione parziale di ossigeno all'interno della confezione. Occorre quindi intervenire o per evitare l'ingresso di ossigeno o per rimuovere quello presente. Tra le pellicole sviluppate recentemente va ricordato il film multistrato della Cryovac, che consiste di un polimero ossidabile, un fotoiniziatore e un catalizzatore. In pratica il sistema è ideato in modo tale che il polimero reagente contenuto nel film diventi attivo grazie alla esposizione ai raggi ultravioletti, generati da un apposito sistema di illuminazione posto all'interno del sistema di lavorazione. Una azienda californiana, produttrice tra l'altro di confezioni di petto di tacchino, garantisce in tal modo la conservazione del prodotto refrigerato fino a 55 giorni.

La Nanoplex (California) lavora invece allo sviluppo di nanoparticelle recanti un codice a barre (nano barcode). Si tratta di elementi metallici (oro, argento, palladio, platino) in forma di piccolissime barrette in cui differenti lunghezze dei vari metalli formano appunto un codice a barre, a lettura ottica, dalle numerosissime combinazioni. In pratica questo sistema rappresenta la versione molecolare del codice a barre e con nanoelementi opportunamente funzionalizzati può essere in grado di rilevare anche la presenza di patogeni nei cibi. Come si vede esiste una serie di iniziative tendenti a sviluppare l'idea stessa del confezionamento, che viene a rappresentare non più solo una semplice separazione fisica tra il prodotto e l'ambiente circostante, ma un sistema complesso in grado di monitorare lo stato del pro-

dotto, la sua collocazione, fornire molteplici informazioni. Una etichetta, una confezione possono essere quindi in grado di effettuare una diagnosi sulle caratteristiche del prodotto, controllando vari parametri indicatori. L'evoluzione di queste etichette intelligenti va nella direzione di fare a meno di data base e lettori, rendendo l'etichetta capace di mostrare direttamente l'informazione richiesta, mediante le nuove tecnologie di stampa dei circuiti integrati.

Si stima difatti che nel giro di pochi anni saranno disponibili etichette recanti circuiti elettronici direttamente stampati sui substrati, al costo di pochi euro. In questo ambito va ricordato anche che esistono tecnologie che usano display elettrocromici e che appaiono avere un forte potenziale applicativo. In esse si impiegano polimeri conduttivi, in grado cambiare colore al passaggio di una piccola corrente, che può essere fornita da batterie anch'esse incorporate nel substrato. I polimeri più usati sono il polietilendioossitiofene/acido sulfonico del polistirene (PEDOT/PSSH), la polianilina, il polipirrolo, il poliesiltiofene. Le straordinarie capacità conduttive e semiconduttive dei polimeri, la loro versatilità chimico-fisica, li rendono idonei all'impiego come "inchiostro" per la stampa di svariati componenti elettronici.

Con queste tecnologie è possibile quindi stampare su fogli sottili e flessibili (metà dello spessore di una carta di credito) display elettrocromici numerici e alfanumerici, integrati con microprocessori, batterie, Rfid. La Aveso, una spin off di Dow Chemical, la Siemens, la Acreo (azienda che collabora con la svedese Linköping Universitet) e alcune altre sono attive nello sviluppo di sistemi intelligenti di packaging che si avvalgono di queste tecnologie.



Figura 5
Etichette intelligenti: circuiti integrati stampati su plastica
Fonte:
Aveso. www.aveso-display.com

Fluidi supercritici e nanotecnologie

I fluidi supercritici, com'è noto, sono sostanze che si trovano a temperatura e pressione maggiori di quelle critiche; essi mostrano densità paragonabili a quelle dei liquidi, viscosità pari all'incirca a quelle dei normali gas e diffusività maggiore di almeno due ordini di grandezza rispetto ai liquidi. Per il loro alto potere solvente e per la facilità con cui possono essere rimossi dalle reazioni in cui sono coinvolti (per semplice variazione della pressione), sono impiegati in un gran numero di applicazioni. Tra essi il più usato, specie nell'industria agroalimentare, è rappresentato dalla CO₂, essendo molto diffusa, economica e con una temperatura critica di appena 31 °C, oltre che con basso impatto ambientale. E infatti sono numerose le applicazioni della CO₂ supercritica (CO₂ sc) in estrazioni, purificazioni, cristallizzazioni, volte ad ottenere nutrienti e principi attivi come lecitina di soia, betacarotene, licopene, oli essenziali ecc.

Di recente l'interesse nei confronti della CO₂ sc si è focalizzato inoltre su aspetti della chimica dei materiali, microelettronica e nanotecnologie. La CO₂ sc viene infatti impiegata, tra l'al-

tro, nei processi per l'ottenimento di nanocristalli, nanoparticelle e materiali polimerici nanoporosi e nanocompositi, per lo sviluppo di biosensori e di catalizzatori. Al momento si registra una maggiore concentrazione di attività nella preparazione di nanomateriali a base metallica o minerale, ma si prevede una crescita notevole dei nanopolimeri e delle nanoplastiche con conseguenti importanti applicazioni.

L'impiego di CO₂ sc si rivela utile per l'ottenimento di catalizzatori basati su nanoparticelle di metalli, leghe e semiconduttori incorporate in matrici polimeriche, in cui le nanoparticelle rimangono uniformemente disaggregate, sia in superficie che all'interno della matrice polimerica. La CO₂ sc è anche usata per lo sviluppo di catalizzatori costituiti da nanofilamenti metallici (Pd, Ni, Cu) all'interno di nanotubi di carbonio a parete multipla, più omogenei e uniformi rispetto ad altre tecniche o per l'ottenimento di film sottili recanti nanoparticelle uniformemente ordinate e funzionalizzate da impiegare per catalisi e sviluppo sensori [7].

Per quanto riguarda la preparazione di materiali polimerici, va detto che è possibile legare molecole biologiche alla superficie del polimero, oppure incorporare nanoparticelle per la creazione di materiali nanocompositi aventi una maggiore resistenza rispetto al semplice polimero. La Nanoscience Engineering Corporation (una spin-out della Wayne State University, Usa) ha brevettato una tecnologia per l'ottenimento di polimeri nanocompositi ad alta resistenza, stabilità al calore e ridotta permeabilità, con l'impiego di CO₂ sc; uno dei previsti impieghi per questi polimeri è nel food packaging¹⁴. Altre ricerche sono rivolte all'ottenimento di polimeri e copolimeri nano-

porosi, sfruttando la evaporazione della CO₂ sc.

Con la CO₂sc si investiga anche per l'ottenimento di schiume polimeriche conduttive (polipirroli e poliuretani) al fine di impiegare questi polimeri come "naso elettronico" per l'identificazione di sostanze chimiche, sulla base di una variazione di conduttività.

Altri impieghi si registrano nei processi per l'ottenimento di integratori alimentari in forme maggiormente biodisponibili. Ad esempio nel caso dei fitosteroli (impiegati come integratori alimentari o alimenti funzionali per la loro capacità ipocolesterolemizzante), che hanno solubilità molto scarsa, si riscontra che la loro biodisponibilità può essere aumentata diminuendo le dimensioni delle particelle in fase di produzione. Sfruttando la rapida espansione della CO₂sc si possono ottenere sospensioni acquose stabili di sub-microparticelle (< 500 nm) di fitosterolo, aumentandone in tal modo la biodisponibilità.

Appare pertanto chiaro, dai pochi esempi ricordati, che la CO₂sc per le sue peculiari caratteristiche ben si presta ad attività di preparazione di nanoparticelle e nanostrutture complesse, utilizzabili in vari ambiti applicativi, incluso quello agroalimentare.

Aspetti economici: investimenti, brevetti, impatto sui Pvs

I finanziamenti che le nanotecnologie hanno complessivamente ricevuto nel mondo sono andati notevolmente crescendo negli anni. Essi vedono ai primi posti i paesi più industrializzati, ma la presenza di realtà come Cina, Corea del Sud e Taiwan appare sempre più degna di considerazione. Gli Usa guidano la schiera dei paesi maggiormente impegnati nel settore, con le attività di R&S

che hanno ricevuto negli anni 1997-2005 fondi pubblici per oltre 4,9 MD di \$, mentre nello stesso periodo il Giappone stanziava circa 4,5 MD di \$ e l'UE circa 3,9 MD di \$. In totale l'investimento mondiale è stato di oltre 17 MD di \$ in quegli stessi anni. Secondo dati recenti, nel solo 2005 le nanotecnologie hanno ricevuto globalmente finanziamenti, tra pubblici e privati, per circa 9,6 MD di \$¹⁵. Nell'esaminare l'impegno di finanziamento dei vari governi si nota il significativo sforzo dei paesi asiatici prima ricordati. Tale impegno appare viepiù notevole se rapportato alla popolazione, in particolare per la Corea del Sud e Taiwan.

Per quanto riguarda gli Usa, va ricordato il programma "National Nanotechnology Initiative", lanciato nel 1999, che ha ricevuto finanziamenti sempre più crescenti, ottenendo nel solo 2006 1,2 MD di \$, mentre per il 2007 sono stati richiesti circa 1,3 MD di \$¹⁶. Anche l'andamento dei finanziamenti in UE mostra un forte aumento negli ultimi anni, nell'ambito dei vari programmi quadro. Col 6PQ (2002-2006), l'UE ha finanziato in particolare attività di R&S nelle nanoscienze e nanotecnologie per 1.429 ML di €, mentre il finanziamento approvato per il 7PQ prevede circa 3,5 MD di € per gli anni 2007-2013. Nel novembre 2006 la Commissione Europea ha inoltre predisposto un rapporto sulle prospettive di sviluppo economico delle nanotecnologie¹⁷.

In Italia, ove si registrano finanziamenti per circa 47 ML di € nel 2005, ascrivibili alle attività dei vari istituti universitari e di ricerca pubblici, è stato creato il Centro Italiano Nanotecnologie, Nanotec It, per lo sviluppo e la promozione di queste tecnologie tra le imprese, per favorire la diffusione di nuovi prodotti e processi. Membri del Nanotec It sono varie imprese e

centri di ricerca, tra cui Brembo, Saes Getters, STMicroelectronics, Pirelli, CNR, ENEA, INFN, Enitecnologie, Veneto Nanotec ecc. Recentemente Nanotec It ha prodotto il "2° censimento delle nanotecnologie in Italia", un rapporto che fotografa l'evoluzione che hanno avuto nel Paese le nanotecnologie in questi anni con l'ingresso di nuovi attori e l'avvio di nuove iniziative volte a favorire l'impegno in questo settore. Le attività dell'ENEA, in particolare, riflettono tipicamente la presenza di competenze e programmi multidisciplinari e sono rivolte sia allo studio e alla caratterizzazione dei nuovi materiali che alle conseguenti applicazioni nei vari campi. Così agli studi sui materiali compositi ceramici, metallici, nanocristallini e amorfi, si aggiungono quelli sui nanotubi di carbonio e materiali nanostrutturati, con potenziali applicazioni nella sensoristica ed elettronica avanzata. Presso i laboratori dell'ENEA sono inoltre condotte ricerche volte alla sperimentazione di nanotecnologie per l'integrazione di sistemi molecolari e supramolecolari organici e biologici all'interno di dispositivi micro e nanoelettronici. Anche i polimeri nanocompositi ricevono grande attenzione, soprattutto per impieghi in campo sensoristico o per la realizzazione di pellicole sensibili per impieghi nell'industria alimentare. Vengono inoltre effettuati studi per lo sviluppo di sistemi diagnostici per la qualità e sicurezza alimentare, basati su approcci integrati di biotecnologie, nanotecnologie e tecnologie fisiche. Il mercato delle nanotecnologie, secondo alcune stime di Lux Research, dovrebbe raggiungere i 2.600 MD di \$ nel 2014. Per quanto concerne il settore agroalimentare, va detto che sono allo studio globalmente più di 300 applicazioni nei vari stadi del processo

produttivo e alcune di esse risultano già sul mercato, come risulta ad esempio dal citato inventario dei prodotti derivanti dalle nanotecnologie che il Project on Emerging Nanotechnologies di Washington ha redatto¹⁸.

Il mercato del "nanofood" viene stimato in crescita, dai 7 MD di \$ del 2006 ai 20,4 MD di \$ nel 2010, con circa 400 aziende attualmente attive nel mondo, in ricerca, sviluppo e produzione¹⁹. Secondo queste stime le nanotecnologie e le convergenze tecnologiche nano-bio-info influenzeranno per oltre il 40% il mercato agroalimentare entro il 2015, comprendendo le innovazioni nella produzione e processamento degli alimenti, nella sicurezza alimentare, negli alimenti funzionali e nutraceutici, nel packaging intelligente. In quest'ultimo segmento si prevede una crescita fino a 3,7 MD di \$ nel 2010, a livello mondiale.

Le innovazioni hanno bisogno di nuove conoscenze e può essere utile a questo punto dare anche uno sguardo all'andamento delle pubblicazioni e dei brevetti nei vari paesi, dopo averne osservato gli impegni nei finanziamenti. Si riscontra anche qui una significativa presenza di Cina e Corea del Sud, mentre per i brevetti è da notare che la sola Cina totalizza (nel 2004) un numero di brevetti maggiore di quello dell'Unione Europea. Secondo molti analisti i brevetti ottenuti, in particolare quelli relativamente meno recenti, risultano estremamente ampi nelle rivendicazioni e possono pregiudicare l'ulteriore sviluppo del settore. La stessa associazione degli industriali nanotec Usa ha espresso qualche anno fa preoccupazione per questo aspetto, anche per le inevitabili dispute legali che sorgeranno. Infatti rivendicazioni ampie comportano sovrapposizioni con altri brevetti e quindi possibili denun-

ce di violazioni brevettuali, con maggiori probabilità di affermazione, nel lungo termine, per le imprese con maggiori risorse economiche.

Insieme con le entusiastiche prospettive che molti analisti suggeriscono, circa l'impatto economico che le applicazioni delle nanotecnologie avranno sui vari settori produttivi nei paesi tecnologicamente avanzati, occorre considerare anche le possibili conseguenze che esse potranno avere sulle economie meno forti dei paesi in via di sviluppo (Pvs). Storicamente si è spesso verificato, difatti, che le varie innovazioni tecnologiche hanno comportato notevoli ripercussioni negative sulle economie più deboli, a partire dal commercio delle varie specie "esotiche" vegetali come conseguenza del colonialismo e dalla rivoluzione industriale inglese nel settore manifatturiero. La maggioranza dei Pvs trova ancora oggi in alcune materie prime la maggioranza dei proventi da esportazione e le nanotecnologie, che hanno il potenziale di alterare completamente la situazione attuale praticamente in ogni settore industriale e produttivo, dall'agroalimentare all'energia ai nuovi materiali all'elettronica, potrebbero drasticamente sostituire i materiali tradizionali, recando notevoli danni ad economie che si reggono sostanzialmente sulla loro esportazione. Particolare impatto negativo potrebbe aversi nei paesi che esportano cotone (tra essi India, Pakistan, ma anche 22 paesi africani) e gomma naturale (Tailandia, Indonesia, Malaysia, Vietnam). Esistono già innovazioni nel tessile per la produzione di fibre artificiali rese traspiranti mediante le nanotecnologie, mentre l'aggiunta di nanoparticelle ai pneumatici potrebbe raddoppiarne la durata, riducendo al contempo la necessità di nuovi acquisti. Ma già si pensa alla sostituzione della gomma come tale, facen-

do ricorso ad aerogel nanostrutturato di silice, come un brevetto della Goodyear induce a pensare²⁰.

Potenziali rischi, percezione pubblica e implicazioni sociali

L'innovazione tecnologica ha consentito nel corso degli anni il miglioramento delle condizioni di vita, ma ha determinato anche il sorgere di preoccupazioni per i rischi, sia per la salute che per l'ambiente, legati alle varie tecnologie. Anche le applicazioni delle nanotecnologie comporteranno, pertanto, rischi e benefici che la società dovrà valutare, ma alcuni aspetti appaiono del tutto nuovi rispetto a quanto si è verificato sinora. La complessità dei nanomateriali prodotti o in fase di progettazione farà sì che i loro effetti, il loro comportamento non saranno esclusivamente determinati dalla loro chimica, ma anche dalla dimensione, dalla forma, dalla reattività della superficie e ciò è fortemente diverso dal comportamento di analoghi materiali in forma macro o convenzionale. Per questi motivi da alcune parti si tende ad auspicare, oltre che approfondite indagini e ricerche sugli effetti sulla salute e sull'ambiente, anche una specifica regolamentazione, mentre diverse aziende del settore alimentare o farmaceutico, che hanno sviluppato -o si accingono a farlo- prodotti contenenti nanoparticelle, agiscono con cautela prima della loro introduzione sul mercato. In effetti, a livello internazionale, il mondo industriale appare conscio di non dover assolutamente ripetere gli errori compiuti con le coltivazioni e gli alimenti Ogm. Infatti prima di una estesa diffusione nel mercato vanno affrontati i problemi relativi ai rischi, reali o percepiti, eventualmente associati ai nanoprodotto, in particolare per quelli destinati ad impieghi farmaceutici o alimentari.

Sintomatico il caso accaduto in Germania nel marzo 2006: un sigillante per vetro denominato MagicNano è apparso creare problemi respiratori ai consumatori. È stato immediatamente tolto dal mercato, anche se si è poi appurato che non conteneva nella formulazione, al di là del nome, alcuna nanoparticella. Va ricordato che circa un terzo delle centinaia di prodotti relativi alle applicazioni nanotecnologiche già sul mercato, in prevalenza negli Usa, sono destinati ad essere ingeriti o applicati sulla pelle. Anche se al momento non emerge una ben documentata evidenza di danni alla salute o all'ambiente, ciò va considerato come una possibile conseguenza di scarsi studi sull'argomento o come una ancora limitata diffusione di questi prodotti. Nella valutazione dei potenziali rischi sembrerebbe che, al momento, una maggiore attenzione debba essere posta nei confronti del personale direttamente impegnato nella produzione dei nuovi materiali, rispetto ai consumatori o alla popolazione in generale e all'ambiente.

Va però aggiunto che prodotti cosmetici, integratori e additivi alimentari e prodotti di largo consumo che fanno ricorso alle nanotecnologie sono presenti sul mercato, soprattutto negli Usa per adesso, senza che siano intervenuti controlli preventivi sugli eventuali rischi per la salute e per l'ambiente ad essi legati. Ad esempio l'Oréal e una ditta australiana (Advanced Nanotechnology Ltd) reclamizzano prodotti cosmetici contenenti nanoparticelle atte a penetrare nell'epidermide, mentre come si è detto poco è noto circa eventuali effetti negativi, anche per gli aspetti di diffusione nell'ambiente. Anche per gli integratori alimentari non sono richiesti studi preventivi per stabilire l'assenza di effetti negativi. Gli additivi alimentari a loro volta, specie quelli impiegati per la pro-

duzione o il packaging e che non fanno parte dell'alimento in sé, godono anch'essi di una assenza di valutazione obbligatoria degli eventuali rischi associati. Ciò appare sorprendente se si considera che queste applicazioni prevedono, anche se in misura diversa, l'ingresso nel corpo umano di nanomateriali (8).

Anche in Europa, ovviamente, esiste una forte attenzione per lo studio dei rischi associati alle nuove tecnologie. Da quanto sinora pubblicato emerge la notevole carenza di informazioni sul comportamento biologico delle nanoparticelle, sulla loro distribuzione, accumulazione, metabolismo ed eventuale tossicità organo-specifica. Oltre alla necessità di una approfondita conoscenza dei potenziali effetti negativi legati a queste tecnologie, la Commissione Europea suggerisce di tener conto, il più precocemente possibile nella fase di ricerca e sviluppo, delle considerazioni etiche, sanitarie, ambientali e normative correlate alle tecnologie, e di incoraggiare il dialogo col pubblico. A tal fine va ricordato il progetto Nanologue, che si inserisce proprio in tale contesto. Finanziato nell'ambito del 6PQ, ha sviluppato il Nanometer, uno strumento on line che aiuta ricercatori e sviluppatori di prodotti a condurre rapide valutazioni sociali in materia di applicazioni nanotecnologiche prima della commercializzazione. Lo strumento consente di analizzare con accuratezza i rischi e vantaggi delle singole applicazioni nanotecnologiche in base a sette indicatori etici, sociali e giuridici, tra cui figurano i vantaggi per la società, la salute e l'ambiente, i requisiti in termini di risorse, la privacy e la trasparenza.

In occasione del Forum europeo sulle nanoscienze tenutosi a Bruxelles nell'ottobre 2006 è stata ribadita la necessità di un approccio comune da parte di scienziati, mondo politico e società nel suo complesso, tenendo in forte consi-

derazione le preoccupazioni del pubblico, siano esse o no ritenute giustificate. Una relazione del Parlamento Europeo nel settembre 2006 ha inoltre esortato l'UE a fare luce sul contesto giuridico e commerciale delle nanotecnologie, e a creare un sistema di monitoraggio dei brevetti nel campo delle nanoscienze e delle nanotecnologie sotto l'egida dall'Ufficio europeo dei brevetti²¹.

Conclusioni

Le nanotecnologie possono consentire un così vasto numero di applicazioni che di esse si parla talvolta come artefici di una nuova rivoluzione industriale. Si tratta di una realtà che vede il convergere di molteplici discipline scientifiche e i prodotti e processi derivanti dalla manipolazione della materia a scala nano, che già sono sul mercato o cui potremmo avere accesso nei prossimi anni, vanno delineando diverse generazioni o tipologie, con crescente complessità. Questi futuri sviluppi saranno sempre più legati, in particolare, alle nanobiotecnologie, all'interazione stretta a livello nano tra la materia vivente e quella non vivente, evidenziando la possibilità di impiego dei sistemi biologici al di fuori delle cellule viventi per consentire l'ottenimento di nanostrutture, nanostrumenti, autoassemblatori.

I maggiori finanziamenti delle nanotecnologie generalmente sono rivolti verso la biomedicina, l'energia, l'elettronica, tuttavia le potenziali applicazioni delle nanotecnologie nel settore agroindustriale e agroalimentare aprono prospettive di innovazione e di impatto economico che non appaiono inferiori rispetto a quelle degli altri settori. Le principali applicazioni di interesse nei vari settori dell'agroindustria e dell'agroalimentare sono rivolte schematicamente, come si è visto, alla sommini-

strazione con sistemi innovativi di pesticidi, farmaci, fertilizzanti alle varie colture; al controllo e localizzazione a distanza delle colture; al monitoraggio precoce di agenti patogeni o di sostanze chimiche contaminanti; alla possibilità del rilevamento, con alto grado di sensibilità, del grado di purezza dei prodotti; ad innovazioni di prodotto e di processo nell'industria alimentare, anche in combinazione con la tecnologia dei fluidi supercritici; a metodi innovativi per diagnosi e terapia in zootecnia; allo sviluppo di un "packaging intelligente". In sintesi si può prevedere che le nanotecnologie potranno trasformare l'intera industria agroalimentare, modificando il modo con cui gli alimenti vengono prodotti, processati, confezionati, trasportati e consumati. Nel frattempo si registrano alleanze strategiche tra "corporations" alimentari, farmaceutiche e della cosmesi che mettono anche in evidenza il potenziale superamento di alcuni confini finora ritenuti abbastanza netti per differenziare un alimento da un farmaco o da un prodotto cosmetico. Le nuove tecnologie e i nuovi materiali posseggono un elevato impatto economico e sociale e da più parti ne viene pertanto auspicato uno sviluppo responsabile. Ciò richiede di perseguire un equilibrio tra gli sforzi tesi ad ottenere i massimi benefici possibili e quelli volti a ridurre al minimo le eventuali conseguenze negative. Le applicazioni delle nanotecnologie comporteranno in definitiva rischi e benefici che la società dovrà valutare, ma alcuni aspetti appaiono del tutto nuovi rispetto a quanto si è verificato sinora, per quanto concerne lo sviluppo industriale. L'UE manifesta ovviamente attenzione per i potenziali effetti negativi legati a queste tecnologie e in vari documenti suggerisce di tener conto, il più precocemente possibile nella fase di ricerca e sviluppo, delle considerazioni etiche, sanitarie, ambientali e normative

correlate alle tecnologie, e di incoraggiare il dialogo col pubblico. Da più parti, in Europa come negli Usa, si sostiene come sia preferibile avviare per tempo su questi temi il dibattito tra tutte le parti interessate, per evitare di ripetere l'errore commesso con gli Ogm, nel cui caso il pubblico si è rivelato riluttante ad accettare qualsiasi cosa avesse un lontano sentore di Ogm. In definitiva appare chiaro che le applicazioni delle nanotecnologie, in particolare quelle rivolte alla salute, all'industria alimentare, all'agricoltura (per ciò che concerne, ad esempio le formulazioni nano dei pesticidi e dei fertilizzanti, il trattamento suoli), richiedono un attento esame prima di estenderne la diffusione nel mercato. Se da un lato le potenzialità che esse offrono sono estremamente interessanti, è pur vero che le convergenze con le altre tecnologie e la peculiarità della manipolazione della materia a dimensione nano, rendono obbligatoria una forte attenzione da parte della scienza e da parte della società nel suo complesso.

Glossario

Attuatori. Dispositivi attraverso cui si origina un'azione in risposta ad uno stimolo proveniente da un ambiente esterno. Esempi: un motore elettrico, un braccio umano, parti di robot che interagiscono con l'esterno.

Biosensori. Dispositivi per la rilevazione di sostanze, formati da un componente biologico (tessuti, cellule, enzimi, anticorpi, acidi nucleici ecc.), un trasduttore e un elemento di lettura, generalmente di tipo chimico-fisico (ottico, elettrochimico, piezoelettrico ecc.).

Claytronics. Nanorobot riconfigurabili, progettati per costituire, associandosi, apparati, macchine, forme o strumenti in scala macro. Allo studio presso la

Carnegie Mellon University (Usa). Definiti anche come materia programmabile, dovrebbero avere la capacità di assumere la morfologia di qualsiasi oggetto, anche repliche del corpo umano. Dotati di capacità di elaborazione, attuatori, sensori, immagazzinamento di energia.

Convergenze tecnologiche. Intersezione a scala nanometrica di varie scienze e tecnologie: nanotecnologie, biotecnologie, tecnologie dell'informazione e della comunicazione, neuroscienze e scienze cognitive. Vengono accreditate di elevate potenzialità di incisione sulle prestazioni dell'uomo e sul miglioramento della qualità della vita.

Dendrimeri. Nanoparticelle di forma globulare, formate da macromolecole polimerizzate, estremamente ramificate, che presentano cavità e canali interni. Questa caratteristica le rende adatte al trasporto di molecole con specifiche funzioni, in applicazioni biomediche, chimiche, elettroniche.

Fullereni. Nanoparticelle scoperte sul finire degli anni 80, costituite da 60 atomi di carbonio e aventi la forma di un pallone da calcio. Studiate come costituenti di varie strutture nella nanofabbricazione e in varie applicazioni anche biomediche.

Microscopio a scansione a effetto tunnel. Brevettato nel 1982. Prevede una sottile punta che scorre in prossimità del campione (che deve essere conduttivo), traducendo in immagini le variazioni di corrente elettrica che si verificano tra il campione e la punta sensibile: l'intensità della corrente aumenta moltissimo al diminuire della distanza tra campione e punta. Impiegato anche per la nanofabbricazione, potendo prelevare e rilasciare atomi dal campione.

Microscopio a forza atomica. In questo

caso si possono analizzare anche campioni non conduttivi. La punta sensibile, grande pochi nm, si sposta lungo la superficie da cui viene respinta da forze repulsive dovute agli elettroni. Appositi meccanismi di regolazione mantengono costantemente a contatto la punta sul campione e in tal modo è possibile avere, mediante sensori ed elaborazioni, un'immagine della superficie del campione in osservazione. Utilizzato per nanomanipolazioni.

Nanocompositi. Classe di materiali innovativi in cui sono presenti nanoparticelle (spesso nanotubi di carbonio) in piccola quantità e che conferiscono interessanti proprietà al materiale originario.

Nanomotore. Struttura di dimensioni nanometriche in grado di sviluppare un lavoro, con elementi in movimento. Può essere costituito anche da elementi derivati dal mondo biologico, come proteine, acidi nucleici.

Nanotubi. Nanostrutture aventi forma di tubo, con diametro di pochi nm e lunghezza variabile, ma generalmente di vari ordini di grandezza maggiore. In gran parte sono di carbonio, ma ne esistono anche inorganici e di acidi nucleici. I più studiati sono quelli di carbonio, che possono essere a parete singola o multipla. Sono dotati di interessanti proprietà conduttive, semiconduttive e di alta resistenza meccanica. Ne sono previste molteplici applicazioni.

Polimeri nanostrutturati. Polimeri, aventi spesso caratteristiche conduttive, in cui sono introdotte in modo funzionale nanoparticelle.

Quantum dot. Nanocristalli, in genere riferiti a materiale semiconduttore (es. seleniuro di cadmio) delle dimensioni di poche decine di nm. Vengono prodotti per vari scopi in nanoelettronica, e anche in biomedicina

per visualizzare cellule o tessuti, sfruttando la caratteristica di emettere per fluorescenza una luce il cui colore dipende dalle dimensioni delle nanoparticelle: tendente al rosso in quelle più grandi, al blu in quelle minori.

Sensori. Strumenti capaci di percepire variazioni fisiche, chimiche, biologiche nell'ambiente (luce, suoni, temperatura, radiazioni, movimento, pressione, sostanze, batteri ecc.). I sensori possono sia dare un'indicazione diretta (ad esempio un termometro a mercurio) o essere accoppiati ad un indicatore in modo che il valore rilevato possa essere letto facilmente.

Sistemi fluidici. Dispositivi che impiegano fluidi per operazioni analogiche o digitali, simili a quelle ottenute con circuiti elettronici. Con la loro miniaturizzazione si parla di sistemi microfluidici e nanofluidici. Al di fuori del fluido non ci sono parti in movimento. Le nanotecnologie spesso includono sistemi fluidici, in cui le forze di interfaccia solido-liquido e liquido-liquido divengono altamente importanti.

Strutture adattative. Materiali e forme strutturali che possono reagire a cambiamenti dell'ambiente, fornendo migliori prestazioni. Necessitano pertanto di sensori ed attuatori.

Transistor 3-D. Innovativi transistor a triplo gate, sviluppati per ottenere migliori prestazioni anche a scala vicina ai 30 nm, con minore produzione di calore rispetto ai transistor convenzionali.

Trasduttori. Dispositivi in grado di convertire un segnale (energia) in un altro differente, per scopi di misura o di trasferimento di informazione. Sono spesso di tipo elettrico, elettronico o elettromeccanico. Usati talvolta come sinonimo di sensore e attuttore.

Per informazioni

ENEA - Dipartimento Biotecnologie, Agroindustria

e Protezione della Salute
vincenzo.capuano@casaccia.enea.it

Bibliografia

- [1] Kulovska-Latallo, Baker et al. Nanoparticle Targeting of Anticancer Drug Improves Therapeutic Response in *Animal Model of Human Epithelial Cancer*. *Cancer Research*, 65, 5317-24, 2005.
- [2] R.R. Llinas et al. Neuro-vascular central nervous recording/stimulating system: using nanotechnology probes. *J. Nanoparticle Research*, 7, 111-27, 2005.
- [3] S.C. Goldstein et al. Programmable matter. *Computer*, 38, 99-101, 2005.
- [4] M.C. Roco. New R&D for Nanotechnology, Proceedings Nanotechnology in Food and Agriculture Conference, Washington, Usa, June 2006.
- [5] Y. Li et al. Multiplexed detection of pathogen DNA with DNA-based fluorescence nanobarcodes. *Nature Biotechnology*, 23, 885-9, 2005.
- [6] L. Johnson et al. Characterization of vaccinia virus particles using microscale silicon cantilever resonators and atomic force microscopy. *Sensors and Actuators B115*, 189-97, 2006.
- [7] M.C. Chandler et al. CO₂-expanded liquid deposition of ligand-stabilized nanoparticles as uniform, wide-area nanoparticle films. *Langmuir*, 21, 2414-8, 2005.
- [8] E. Michelson, D. Rejeski. Falling through the cracks? Public perception, risk and the oversight of emerging nanotechnologies. Project on emerging nanotechnologies. Washington, 2006.

Note

1. <http://www.nanotechproject.org/consumerproducts>.
2. Brevetto WIPO WO03059070A1.
3. G.A. Waychunas et al. Nanoparticulate iron oxide minerals in soils and sediments : unique properties and contaminant scavenging mechanisms. *Journal of Nanoparticle Research*, 7, 409-33, 2005.
4. www.altairnano.com.
5. http://www.sensornet.gov/sn_overview.html
6. <http://eyes.eu.org> , prof. P. Havinga, Univ. Twente, Olanda.
7. www.goodfood-project.org.
8. www.agromicron.com.
9. www.arrayx.com.
10. Food Manufacture, september 2004. Food Manufacture, January 2006.
11. IDtechEx, Smart Packaging, 2005, www.idtechex.com
12. US patent 5.741.505.
13. Safer and guilt-free nano food. Forbes, Wolfe Nanotech report, 9 aug 2005.
14. www.azonano.com. Nanotechnology news, 21 July 2005.
15. Lux Research Inc. The Nanotech Report, 4th ed. New York, 2006.
16. M.C. Roco. National Nanotechnology Initiative – past, present, future. Handbook on nanoscience, engineering and technology. 2nd ed. Taylor & Francis. 2006.
17. <http://cordis.europa.eu/nanotechnology>.
18. <http://www.nanotechproject.org/index.php?id=44&id=44&action=view&dbq=food&p=0>
19. Helmut Kaiser Consultancy. Nanotechnology and Food Processing Industry Worldwide, 2004. <http://www.hkc22.com/Nanofoodconference.htm>, Helmut Kaiser Consultancy, NanoFood Conference 2005-2006.
20. Brevetto Usa 6527022.
21. <http://www.nanologue.net>, <http://cordis.europa.eu/nmp/home.html>, <http://nanoforum.org>

Idrogeno come vettore energetico

A cura di Stefano Giammartini

L'idrogeno è l'elemento più leggero e più abbondante nell'universo, tuttavia esso è sempre legato ad altri elementi in molecole più o meno complesse: dall'acqua agli idrocarburi. Nella forma di molecola biatomica H_2 è pressoché inesistente, deve quindi essere prodotto, e ciò implica un significativo dispendio di energia. Per tale motivo l'idrogeno è tecnicamente considerato un **vettore energetico**, alla stregua dell'energia elettrica, e non una vera e propria fonte energetica primaria. L'interesse per il suo impiego come combustibile, sia per applicazioni stazionarie che per la trazione, deriva dal fatto che l'inquinamento da esso prodotto è quasi nullo; infatti, se bruciato con aria, produce vapor d'acqua e tracce di ossidi di azoto che è facile ridurre con tecnologie note e provate, oppure solo vapor d'acqua se utilizzato con sistemi elettrochimici (celle a combustibile). Inoltre, in virtù della sua bassissima densità, presenta un ridotto contenuto energetico per unità di volume, mentre ha il più alto contenuto per unità di massa. Per fare un confronto con un combustibile tradizionale, possiamo dire che un litro di gasolio equivale, come contenuto energetico, a $3,12 \text{ m}^3$ di idrogeno gassoso (in condizioni normali) e 4,13 litri di idrogeno liquido. Peraltro, la facilità di diffusione dell'idrogeno in qualunque mezzo, e quindi anche nel comburente aria, la sua alta reattività ed il suo vasto campo di infiammabilità, consentono di ottenere la più alta efficienza energetica. A fronte di queste qualità energetiche e soprattutto ambientali, l'introduzione dell'idrogeno come combustibile - e più in generale come vettore energetico - richiede che siano messe a punto le tecnologie necessarie per agevolarne la produzione, il trasporto, l'accumulo e l'utilizzo.

Produrre l'idrogeno

L'idrogeno può essere prodotto dall'elettrolisi dell'acqua con grande dispendio di energia. Nel futuro, tale energia potrebbe provenire da fonti rinnovabili (eolico, solare) o da centrali nucleari. Correntemente l'idrogeno viene prodotto a partire da gas naturale e petrolio, generando però anidride carbonica (tipico gas serra), e viene impiegato soprattutto nell'industria petrolchimica e chimica. Già oggi un veicolo a celle a combustibile che utilizzasse idrogeno prodotto per via tradizionale determinerebbe, tenendo conto delle emissioni prodotte per la sua produzione, una riduzione del 43% di gas serra rispetto ad uno alimentato a benzina. Una via alternativa, che avrebbe il vantaggio di limitare o evitare le emissioni di gas serra, è rappresentata dalla gassificazione del carbone, con contemporanea produzione di CO_2 concentrata e successivo sequestro e confinamento geologico di quest'ultima. Un'ulteriore alternativa è rappresentata dalla gassificazione di biomasse (legno e scarti agricoli). Con questo metodo non si altera l'equilibrio dei gas serra nell'atmosfera perché le emissioni di CO_2 sono compensate dal suo assorbimento durante la fase di crescita delle piante.

Vantaggi e svantaggi dell'idrogeno

L'idrogeno rappresenta un componente ideale di un futuro sistema energetico sostenibile, avendo come unico prodotto di combustione vapore. Se prodotto da combustibili fossili, con sequestro e confinamento dell'anidride carbonica, può essere considerato come il modo più pulito di utilizzo di tali combustibili. Può esse-

re distribuito in rete abbastanza agevolmente, compatibilmente con gli usi finali e con lo sviluppo delle tecnologie di trasporto e di stoccaggio; può essere impiegato in diverse applicazioni (produzione di energia elettrica centralizzata o distribuita, generazione di calore, trazione) con un impatto locale nullo o estremamente ridotto. Esso tuttavia presenta alcune problematiche, in primo luogo i **costi di produzione**. L'affermarsi di nuove tecnologie renderanno rapidamente l'uso di idrogeno più competitivo. Circa le applicazioni legate al trasporto veicolare, le problematiche riguardano la disponibilità di un'adeguata **rete di distribuzione**, e la forma di **immagazzinamento**, che assicuri una sufficiente autonomia. In fase gassosa l'idrogeno va conservato ad alta pressione in serbatoi ingombranti. L'aumento della pressione comporta problemi di sicurezza che incidono sui costi. In forma liquida l'idrogeno occupa meno spazio ma va mantenuto a -253°C e ciò implica un grosso dispendio energetico (1/3 dell'energia potenziale). Si sperimentano sistemi a idruri metallici che assorbono idrogeno sotto pressione, ma hanno lo svantaggio del peso ingente. Nei micropori di nanotubi di carbonio l'idrogeno può essere assorbito a densità più elevate che in fase liquida. La tecnologia appare promettente, anche se ancora scarsamente riproducibile. Alternativamente all'immagazzinamento fisico descritto, si può pensare di immagazzinare chimicamente l'idrogeno, ovvero di trasportare un composto chimico (ammonio borato, idruri e boroidruri alcalini) che possa liberare idrogeno a richiesta. La soluzione è tecnicamente vantaggiosa, ma atipicità del mercato di produzione incidono negativamente sul costo del materiale che è ancora troppo elevato. Vi è infine il problema della **sicurezza**. L'idrogeno è altamente infiammabile ma la sua temperatura di accensione, più alta di quella di combustibili convenzionali, come pure la capacità di disperdersi in aria, riducono il rischio di incendio. L'industria chimica e petrolchimica in particolare hanno peraltro imparato a convivere con queste problematiche senza particolari rischi; si tratta di esportare tali standard alle applicazioni commerciali.

L'utilizzo

Le due principali utilizzazioni previste in futuro per l'idrogeno, riguardano l'impiego come combustibile per la generazione di energia elettrica e per il trasporto. Impianti per la produzione centralizzata di energia elettrica (turbine a gas) e motori a combustione interna alimentati a idrogeno sono già fattibili sulla base delle tecnologie esistenti, con emissioni sensibilmente ridotte. Sono poi indubbi i vantaggi energetici e soprattutto ambientali che conseguirebbero dall'uso esteso dell'idrogeno in particolari sistemi elettrochimici, denominati "celle a combustibile", che trasformano l'energia chimica contenuta nel gas direttamente in energia elettrica, senza altre emissioni dannose. Il loro sviluppo condiziona pesantemente il futuro dell'idrogeno come vettore energetico. Una cella a combustibile converte direttamente l'energia di un combustibile in elettricità e calore senza passare attraverso cicli termici e quindi senza risentire delle limitazioni imposte dalla termodinamica. Una cella è composta da due elettrodi in materiale poroso, separati da un elettrolita. Le reazioni che avvengono agli elettrodi consumano fondamentalmente idrogeno e ossigeno e producono acqua, attivando un passaggio di corrente elettrica nel circuito esterno. L'elettrolita, che ha la funzione di condurre gli ioni prodotti da una reazione e consumati dall'altra, chiude il circuito elettrico all'interno della cella. Costruttivamente le celle sono disposte in serie e assemblate in moduli per ottenere la potenza richiesta. Nonostante i notevoli progressi compiuti a livello mondiale, la tecnologia richiede ulteriori sviluppi per giungere alla disponibilità di prodotti competitivi.

*ENEA - Dipartimento Tecnologie per l'Energia, Fonti Rinnovabili e Risparmio Energetico
gjammartini@casaccia.enea.it*

Neutroni per trattare i rifiuti nucleari

Nel corso del 2006 si è svolto MEGAPIE (Megawatt Pilot Experiment), il più innovativo esperimento scientifico internazionale finalizzato a dimostrare la possibilità di produrre una sorgente di neutroni di elevata potenza da impiegare in vari settori della ricerca e, in particolare, per l'incenerimento delle scorie nucleari nei reattori sottocritici. L'esperimento è consistito in una prima fase di irraggiamento, in cui si è riusciti a

produrre una sorgente di neutroni di elevata potenza colpendo un bersaglio di metallo liquido con un fascio di protoni ad alta energia. Per l'esperimento è stato utilizzato un fascio di neutroni da 1 MW, il più potente al mondo; si è prodotto un flusso neutronico più elevato dell'80% rispetto a quello che si ottiene con gli abituali bersagli di tipo solido, superando di gran lunga le aspettative.

MEGAPIE è stato condotto in Svizzera, presso il ciclotrone del Paul Scherrer Institute, da un team internazionale di 170 scienziati provenienti da Istituti di ricerca e Agenzie governative tra Europa (CEA, CNRS, ENEA, FZK, PSI, SCK-CEN), Giappone (JA- EA), Corea (KAERI) e Stati Uniti d'America (USDOE).

L'Italia ha partecipato all'esperimento tramite l'ENEA che ha svolto attività di: progettazione dei sistemi di carico e scarico del "bersaglio di spallazione"; qualificazione dei sistemi per l'asportazione di calore; qualificazione dei materiali strutturali in condizione di corrosione da metallo liquido e verifica termo-meccanica del bersaglio. Il supporto italiano all'esperimento è stato pari a circa l'8% del valore delle realizzazioni effettuate, ma l'Italia è risultato il terzo paese per forniture tecnologiche dopo la Svizzera e la Francia. L'industria italiana ha, infatti, realizzato alcune delle parti più delicate del sistema, tra cui il "target" e i suoi sistemi ausiliari.

I costi del progetto MEGAPIE, pari a circa 50 milioni di euro complessivi, sono stati suddivisi tra i vari partecipanti, compresa l'Unione Europea.

Il rapporto IPCC sullo stato delle conoscenze scientifiche in materia di cambiamenti climatici

Dal 29 gennaio al 2 febbraio 2007 si è tenuta a Parigi la sessione plenaria del WG-1 (il Working Group 1) di IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Il WG-1 è quello che si occupa di scienza del clima e che, dopo 5 anni di lavoro, ha prodotto un rapporto sullo stato delle conoscenze del clima e dei cambiamenti climatici e sulla possibile evoluzione futura del clima globale. All'ordine del giorno della sessione plenaria di Parigi c'è stata la discussione e l'approvazione dei documenti di sintesi finale ed in particolare del "Sommarario per i decisori politici" nonché l'approvazione di tutto il lavoro svolto dal 2002 al 2006.

Il rapporto finale del WG-1 costituisce la prima parte del "Quarto rapporto di IPCC", che sarà pubblicato alla fine del 2007 e di cui mancano ancora, ma sono in via di conclusione, anche la seconda parte (quella sugli impatti dei cambiamenti climatici e l'adattamento ai cambiamenti climatici) e la terza parte (quella sulla mitigazione dei cambiamenti climatici). Il precedente rapporto di IPCC (il terzo) risale al 2001, mentre il secondo e il primo

dal Mondo

Neutroni per trattare i rifiuti nucleari

Il Rapporto IPCC sullo stato delle conoscenze scientifiche in materia di cambiamenti climatici

rapporto di IPCC sono rispettivamente del 1995 e del 1990.

In quest'ultimo rapporto l'IPCC affronta il problema dei cambiamenti climatici in atto in modo molto approfondito, analizzando tutte le osservazioni sperimentali disponibili sulla base delle quali l'IPCC conclude, non solo che è in corso un cambiamento climatico globale, ma che tale cambiamento, in questi ultimi anni, è in fase di progressiva accelerazione. Dopo l'analisi della situazione l'IPCC affronta il problema della possibile evoluzione futura dei cambiamenti climatici in atto.

Tale evoluzione, che non è prevedibile in modo deterministico, viene descritta sotto forma di scenari, i quali sono stati spesso oggetto di forti critiche, essendo basati su ipotesi discutibili di sviluppo socio economico mondiale e su imprecisi modelli numerici di simulazione climatica. Ebbene, in quest'ultimo rapporto l'IPCC riesamina criticamente tutta la problematica e giunge alla conclusione che le proiezioni e gli scenari che erano stati valutati nel Terzo rapporto di IPCC, pur rimanendo esattamente gli stessi, devono essere interpretati correttamente. L'interpretazione viene così condotta in termini di affidabilità di tali scenari, anche in relazione agli errori commessi, e in termini di probabilità che possano realmente manifestarsi. I punti principali sullo stato del clima globale, sono i seguenti.

1) Le concentrazioni atmosferiche attuali di anidride carbonica (380 ppm) e degli altri gas serra sono le più alte mai ve-

rificatesi negli ultimi 650 mila anni durante i quali il massimo valore di anidride carbonica atmosferica si era sempre mantenuto inferiore a 290 ppm. L'aumento dell'anidride carbonica atmosferica che è passata negli ultimi 200 anni circa da 280 a 380 ppm con un incremento di oltre 35%, è causato dallo squilibrio complessivo tra emissioni globali di anidride carbonica provenienti dalle attività umane ed assorbimenti globali naturali da parte del suolo degli oceani e degli ecosistemi terrestri e marini. Le capacità "naturali" globali (denominati "sinks" globali) sono attualmente in grado di assorbire meno della metà delle emissioni antropogeniche globali, il resto si accumula in atmosfera e vi permane per periodi medi che per l'anidride carbonica arrivano fino a 200 anni. Viene sottolineato, inoltre, il fatto che le capacità naturali globali di assorbimento erano maggiori nel passato e che negli anni più recenti stanno via via diminuendo con l'aumentare progressivo della temperatura media del pianeta.

2) Rispetto all'effetto serra naturale è stato introdotto un effetto serra aggiuntivo così composto: una parte riscaldante dovuta ai gas serra di origine antropica pari a circa +3,0 watt m², una parte riscaldante naturale dovuta all'attività solare pari a circa +0,12 watt/m² e, infine, una parte raffreddante dovuta agli aerosol sia di origine naturale, sia di origine antropica pari circa a -1,6 watt/m². Il bilancio complessivo mostra che l'incremento netto dell'effetto serra è sta-

to pari a circa 1,6 watt/m² In altre parole, senza l'effetto raffreddante degli aerosol il riscaldamento climatico sarebbe stato doppio. Di tale effetto serra aggiuntivo solo una piccola parte (tra il 10 e il 20%) può essere attribuita a cause naturali (attività solare e aerosol naturali).

3) L'effetto dell'incremento del contenuto energetico del sistema climatico è stato osservato e misurato nei numerosi parametri che sono gli indicatori sperimentali dello stato del clima e della sua evoluzione, quali ad esempio: la temperatura media del pianeta (che è aumentata); le precipitazioni (che hanno cambiato caratteristiche); la temperatura degli oceani (che sono aumentate); i ghiacci polari e quelli delle medie latitudini (che sono in forte diminuzione) ecc. In particolare la temperatura media globale è aumentata di 0,74 °C dal 1906 al 2005. Ma, mentre nei decenni passati aumentava a un tasso medio inferiore a 0,06 °C per decennio, negli ultimi 50 anni è, invece, aumentata al tasso di 0,13 °C per decennio e più recentemente ha raggiunto il tasso di circa 0,25 °C per decennio. La temperatura media del mare è aumentata sensibilmente in superficie e molto meno negli strati più profondi. Tuttavia, il riscaldamento, in alcuni oceani, si è esteso anche fino a 3.000 metri di profondità: gli aumenti maggiori di temperatura delle acque marine sono stati osservati nell'oceano Indiano settentrionale e nell'oceano Pacifico occidentale. Nel nord

Atlantico i maggiori aumenti della temperatura sono stati osservati soprattutto in questi ultimi anni. Inoltre, è aumentata l'intensità degli eventi estremi come i cicloni tropicali (uragani e tifoni), le tempeste tropicali ed extratropicali, le alluvioni e le siccità, le ondate di caldo e di freddo ecc.

Per quanto riguarda l'evoluzione futura del clima globale, l'IPCC nel confermare i risultati degli scenari considerati nel suo precedente rapporto, analizza per ciascuno di essi errori e affidabilità delle valutazioni, le diverse probabilità che tali scenari possano effettivamente verificarsi, e i rischi di cambiamenti improvvisi qualora il sistema climatico si destabilizzasse a seguito di processi non lineari. Gli elementi principali di questa analisi possono così sintetizzarsi.

1) Nell'ipotesi minimale, che viene considerata improbabile, l'aumento di temperatura media globale potrà oscillare, alla fine di questo secolo, tra 1,5 e 2,8 °C. Anche l'ipotesi massimale di aumento della temperatura media globale al di sopra di 4,5 °C, viene giudicata poco probabile ma anche poco affidabile, dal momento che con velocità di aumento della temperatura così elevate è possibile l'insorgenza di fenomeni non lineari o di destabilizzazione del sistema climatico, che determinano una sostanziale imprevedibilità delle condizioni future del clima. L'ipotesi più probabile, secondo IPCC, appare quella secondo cui l'aumento della temperatura media globale sarà, compreso fra 0,6 e 0,7 °C al 2030 anni e raggiungerà cir-

ca 3 °C o poco più nel 2100. 2) Al 2100 il livello del mare aumenterà mediamente tra i 28 ed i 43 cm, e non tra i 15 e i 90 cm circa previsti nel rapporto precedente di IPCC, purché, però, non si innescino fenomeni non lineari o di destabilizzazione del sistema climatico (velocità del riscaldamento medio globale superiore a 0,4° C per decennio). In tal caso, infatti, i ghiacci della Groenlandia e quelli della penisola Antartica, potrebbero collassare e l'innalzamento del livello del mare potrebbe arrivare perfino a 7 metri, anche se ciò avverrà nei secoli successivi al 2100. Con la rapida fusione dei ghiacci della Groenlandia si pongono, però, alcuni problemi concomitanti, quali ad esempio un sostanziale rallentamento della corrente del Golfo con una sua possibile interruzione nel secolo successivo al 2100 che a sua volta porterà l'emisfero nord verso il raffreddamento.

3) La calotta polare artica (quella formata dai ghiacci galleggianti) potrebbe, nel 2100, scomparire durante i mesi estivi o comunque ridursi al 10% dell'attuale estensione. Drastiche riduzioni si avrebbero anche per i ghiacciai delle catene montuose poste alle medie e basse latitudini con ripercussioni sulla disponibilità di acqua nei bacini idrologici e nelle falde acquifere dipendenti da tali ghiacciai.

4) Gli estremi climatici quali le ondate di calore, le precipitazioni intense ed alluvionali delle medie ed alte latitudini, i prolungati periodi di siccità alle medie e basse la-

titudini diventeranno sempre più frequenti e intensi. Gli estremi climatici (soprattutto precipitazioni e vento) connessi con i cicloni tropicali, quali uragani e tifoni, e al fenomeno di El Niño, tenderanno, invece, a diventare molto più intensi, pur non aumentando il numero dei cicloni tropicali o la frequenza di El Niño.

In conclusione l'ultimo rapporto del WG-1 di IPCC è una requisitoria sulle condizioni climatiche del nostro pianeta, dalla quale emerge che non sussistono più margini di dubbio sui cambiamenti climatici in corso e sull'accelerazione che tali cambiamenti stanno assumendo in questi ultimi anni. Cautela, invece, verso le proiezioni future, ma con un monito: anche se la scienza non in grado di prevedere esattamente quale sarà il clima del futuro, la perturbazione energetica che le attività umane hanno introdotto nel sistema climatico non è assolutamente irrilevante. Al contrario, il rischio di innesco di una futura destabilizzazione del clima del pianeta è ormai troppo alto e non può essere sottovalutato.

(Vincenzo Ferrara)

*Per informazioni
ENEA – Direzione Centrale Supporto
Infrastrutture e Centri
ferrara@casaccia.enea.it*

Una politica energetica per l'Europa

L'energia è all'origine dell'80% di tutte le emissioni di gas serra nell'UE, ed è alla base dei cambiamenti climatici e dell'inquinamento atmosferico. L'UE si è impegnata ad affrontare questa problematica attivandosi per portare le proprie emissioni e quelle a livello mondiale ad un valore che limiterebbe l'aumento delle temperature mondiali a 2 °C rispetto ai livelli preindustriali; il che significa fissare un limite massimo delle concentrazioni atmosferiche di anidride

carbonica al di sotto di 550 ppm (parti per milione in volume). Per realizzare ciò è necessario ridurre le emissioni di gas serra del 60%, rispetto al 1990, entro e non oltre il 2050; e come tappa intermedia è necessario fissare tra il 2020 ed il 2030, una riduzione delle emissioni attorno al 30%.

Parte da questa base la proposta, che la Commissione europea ha comunicato il 10 gennaio al Parlamento Europeo e al Consiglio Europeo, di un pacchetto completo di misure per istituire una nuova politica energetica per l'Europa. Il pacchetto definisce una serie di obiettivi ambiziosi con riferimento alle emissioni di gas serra e all'energia rinnovabile e punta a creare un vero mercato interno dell'energia e a rendere sempre più efficace la normativa.

Le proposte incentrate su questi pilastri dovranno essere sostenute da una politica estera coerente e credibile.

La Commissione suggerisce allora una serie di misure concrete che puntano a rafforzare gli accordi internazionali – ad esempio riguardo al Trattato sulla Carta dell'Energia, al regime applicabile alla politica climatica nel periodo post-Kyoto e all'estensione del sistema di scambio delle emissioni a partner di tutto il mondo - e ad estendere ulteriormente gli accordi bilaterali con i paesi terzi, in modo che l'energia diventi parte integrante di tutte le relazioni esterne dell'UE ed in particolare della politica europea di vicinato. Tra le più importanti iniziative nuove che la Commissione

propone figurano la costituzione di un partenariato Africa-Europa e un accordo internazionale sull'efficienza energetica.

La realizzazione di questi obiettivi presuppone la ridefinizione dei rapporti con questi partner per porre l'energia in una posizione centrale.

Forte degli strumenti e dei mandati adeguati a parlare "con una voce sola", l'Unione Europea sarà in grado, ad esempio, di operare meglio a favore della liberalizzazione reciproca delle condizioni degli investimenti e degli scambi sui mercati a monte e a valle, ed eventualmente per ottenere l'accesso alle condotte. Lo stesso vale per la promozione di una tariffazione internazionale delle emissioni di carbonio o del commercio dei biocarburanti.

Potrà migliorare la cooperazione con la BEI e la BERS per utilizzare strumenti finanziari che consentiranno di sostenere i partenariati energetici mediante azioni concrete, finanziando progetti importanti.

Sarà in grado di promuovere condizioni più favorevoli per gli investimenti nei progetti internazionali, grazie ad un quadro chiaramente definito e trasparente e con il sostegno dei coordinatori europei. Per questo, innanzitutto, si dovrà nominare un coordinatore europeo per il gasdotto Nabucco, dal Bacino del Mar Caspio fino all'Austria e all'Ungheria, e poi, pensare a nominare dei coordinatori per quei progetti riguardanti il trasporto di energia da aree partner come la Turchia, l'Asia centrale e l'Africa del Nord.

dall'Unione europea

Una politica energetica per l'Europa

cronache

Nasce a Portici Tripode

È iniziata l'attività a Portici del Laboratorio TRIPODE (Tecnologie e Ricerca per la applicazione dei Polimeri nei Dispositivi Elettronici). Vi partecipano l'ENEA - (Dipartimento Tecnologie Fisiche e Nuovi Materiali-Laboratori di Portici), il Consorzio IMAST e l'Università di Salerno. Il Laboratorio TRIPODE costituirà uno dei luoghi di più alta specializzazione in Italia in uno dei 12 settori strategici per il Paese individuati dal MUR: "sviluppo di materiali polimerici di interesse elettronico per la realizzazione di nuovi chip", insieme all'analogo laboratorio che

sarà costituito a Catania. L'utilizzo dei materiali polimerici in microelettronica rappresenta infatti una nuova frontiera, aperta verso l'estensione a nuovi prodotti come *display* flessibili, *smart card*, sensori e alimentatori integrati nei film polimerici, ecc.. Queste nuove tecnologie sono generalmente definite come "elettronica organica".

Con la nascita del Laboratorio TRIPODE, del valore di oltre 9 milioni di euro giunge a maturazione l'intervento dell'ENEA in questo settore, iniziato nel 2001 con l'avviamento delle nuove camere pulite del Centro di Portici, finanziate con i Fondi riservati alla regione Obiettivo 1. I settori principali delle ricerche riguardano:

- progettazione e realizzazione di *display* OLED (Organic Light-Emitting Diode), anche su substrato plastico;
- identificazione di materiali organici e di materiali polimerici attivi;
- sviluppo di sensori e attuatori polimerici, singoli e in matrice;
- studio delle tecnologie "ink-jet", "nano-imprint" e "focused ion beam" per la realizzazione di dispositivi a film sottile.

La maturità raggiunta dalle competenze e dai laboratori tecnologici creati dall'ENEA nel 2001, consentirà di utilizzare il *know-how* acquisito, nella formazione di giovani ricercatori. Nell'ambito dell'annesso Progetto di Formazione, che sarà avviato nell'estate del 2007, sarà possibile addestrare un primo gruppo di 15 laureati, destinati ad acquisire competenze integrate di fisica, chimica, ingegneria elettronica per queste nuove tecnologie.

Il bando del Progetto di Formazione di TRIPODE è pubblicato anche su www.enea.it - Sezione "Lavoro e Studio". Con il potenziamento della collaborazione ENEA-industrie e la nascita di una nuova generazione di tecnici specializzati, il Laboratorio TRIPODE conta di aumentare la competitività delle imprese italiane nel settore emergente dell'elettronica organica, e la partecipazione ai bandi del 7° Programma Quadro della Unione Europea.

(Dario Della Sala)

Un progetto per imprese e ricercatori

Si chiama Attila (Advanced technologies transfer for innovating Latium) il progetto mirato al trasferimento del *know-how* tecnologico alle PMI del Lazio più sensibili all'innovazione. L'obiettivo è quello di consentire alle aziende di incrementare i propri modelli di business ed elaborare nuove strategie di marketing. Il progetto, presentato a Roma il 23 gennaio, è finanziato dall'Assessorato all'Istruzione, della Regione Lazio, tramite la "sovvenzione globale sulla nascita e lo sviluppo dell'impresa".

Il progetto permetterà alle imprese di migliorare il proprio bagaglio tecnologico e consentire ai ricercatori di restare nel Paese. Per dare continuità al progetto, sono in programma workshop interattivi ai quali parteciperanno ISTAT, CNR, INFN, ENEA e istituzioni finanziarie.

dall'Italia

Nasce a Portici
Tripode

Un progetto
per imprese e ricercatori

Luigi Paganetto nominato Presidente dell'ENEA

Il Presidente del Consiglio dei Ministri, visti i pareri favorevoli espressi dalle competenti Commissioni Parlamentari sulla preliminare deliberazione del Consiglio stesso del 27 dicembre 2006, ha firmato il 7 febbraio il decreto di nomina a Presidente dell'ENEA del Prof. Luigi Paganetto.

La nomina del professor Paganetto, che aveva finora espletato il mandato di Commissario straordinario, completa il rinnovo delle cariche istitutive dell'Ente avviate con il D.M. 20 dicembre 2006 di designazione degli altri sette membri del Consiglio di Amministrazione.

Tutti gli incarichi avranno la durata di quattro anni a partire dal 7 febbraio 2007.

Graduatoria finale della selezione per 114 assegni di ricerca

(G.U. 4° serie speciale "concorsi ed esami" n. 1 del 3 gennaio 2006)

Biotec 01 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Moretti Riccardo 70,2

Biotec 02 N. 1
Assegni di Ricerca
1° Aliboni Andrea 78,5
2° Gatti Rosanna 75
3° Spirito Francesca 64,8
4° Martini Elisabetta 64
5° Masetti Olimpia 60,4

Biotec 03 N. 2
Assegni di Ricerca
1° Sangiorgio Paola 81,7
2° Leone Gian Paolo 76,4
3° Nobili Sergio Maria 72,7

Biotec 04 N. 2
Assegni di Ricerca
1° Presenti Ombretta 67,8
2° Meloni Claudia 65,6

Biotec 05 N. 1
Assegno di Ricerca
1° De Santis Alessandra 84,8

Biotec 06 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Alfano Vincenzo 68,2
2° Pacifico Renata 66,5
3° Aramini Maria 59,8
4° Tolaini Valentina 56,7
5° Fiorentino Gabriella 54,3
6° Faraci Alessandro 50,8

Biotec 07 N. 1
Assegno di Ricerca
Data Nascita -
Data Cons.Titolo di Studio
1° Massini Giulia 84,3
2° Marchese Marina 82,9
3° Gualtieri Alessia 77
4° Mirabile Marzia 73
5° Perinelli Emanuela 72
6° Zivkovic Liliana 69,74
7° Ciabo' Serena 68,7
8° Lorenzetti Emanuela 68,25
9° Rapposelli Luciana 68,1
10° Frank Beatrice 66,8
11° Della Bella Valentina 66,3
12° Parente Sofia 65,83
13° Sirocchi Lucia 65,5
14° Fabrizio Mauro 64,95
15° Grillo Emanuela 62,1
16° Di Cesare Serena 61,5
17° Bonacito Clizia 60,6
18° Folletto Antonina 60,2
19° Barile Maria Chiara 60
20° Mundula Stefano 59
21° Bisceglie Sara 57,1
22° Carruggio Francesca 57
23° Targusi Monica 56,7

dall'Enea

Paganetto nominato
Presidente dell'ENEA

Graduatoria finale
della selezione per 114
assegni di ricerca

cronache

24° Ingarao Cristina	56,6
25° Anastasi Valeria	56,53
26° Corbelli Serena	56,33
27° Narducci Paolo	56
28° Mazziotta Adriano	55,44
29° Signori Sara	55
30° La Porta Barbara	54,8
31° Zintu Francesca	54,6
31/09/79	07/04/05
32° Lupini Giuliano	54,6
17/11/04	18/03/78
33° D'Amen Manuela	54,4
34° Rossi Francesco	54,3
35° Polo Federico	54,2
36° Mele Daniela	53,7
37° Rondena Gualtiero	53,1
38° Donadio Gabriella	52,5
17/12/79	15/08/03
39° Della Corte Carmine	52,5
07/01/77	15/12/03
40° Basoccu Fiorella	52
41° Maurizi Daniele	51,3
42° Colamarco Adele	51,1
43° Cammarota Angelo	51
44° De Santis Alessandro	50,95
45° Farina Federica	50,5
28/05/04	14/02/80
46° Amadio Monica	50,5
10/07/03	12/12/74
47° Piraino Sergio	50
48° Massaro Lucia	49,5
49° Costagliola Maria	49,16
50° Taverniti Ester	49,1
15/05/01	13/07/75
51° Polito Mauro	49,1
02/07/03	20/09/76
52° Brecciaroli Benedetta	48,7
53° Carloni Serena	48,5
20/04/04	08/03/78
54° Guerrera Giuseppe	48,5
30/04/04	01/12/76
55° Cannetiello Marcello	48,4
56° Antegiovanni Patrich	48,2
57° Evangelista Marianna	48
58° Pugnaghi Fabio	47,8
59° D'Aniso Ciro	47,7
60° Carotenuto Rita	47,64
61° Girimonte Elisa	47,5
62° De Luca Picione Fabiano	47,3
63° Perniola Michelangelo	47,2
64° Messina Carolina	47
17/12/05	31/07/80
65° Collatuzzo Simone	47
24/12/04	10/04/79
66° Del Tosto Dina	47
21/03/05	29/05/79

67° Amore Valentina	47
11/01/78	
28/02/05	47
68° Cannavale Emiliano	46,5
69° Borgognoni Fabio	46,1
70° Greco Fabio	46
27/07/01	05/01/77
71° Micozzi Laura	46
09/12/03	17/05/73
72° Foschi Cristiano	46
27/05/04	20/08/71
73° Trumpy Marta	46
20/12/04	01/01/79
74° Merlo Stefano	45,5
19/03/04	14/06/75
75° Puppini Sara	45,5
76° Lucchesi Barbara	45,25
77° DiDomenico Dante	45,1
03/04/81	
25/10/05	
79° Tanasi Luna	45
21/10/04	03/08/77
78° Mastropasqua Fabio	45
05/08/77	
16/12/05	
80° D'Arpa Stefania	44,2
81° Marceddu Giuseppe	44

Biotec 08 N. 1
Assegno di Ricerca
Data Nascita -
Data Cons.Titolodi Studio
1° Landolina Simone
61,33

2° Casamassima Giuseppe	60,06
3° Grazioso Immacolata	59,25
4° Sanna Stefania	59
5° Donato Silvia	58,6
6° Olivieri Germana	58,4
7° Fasano Fabrizio	57,8
8° Cancelli Daniela	57,66
9° Gallico Leonardo	53,4
10° Vittiglio Francesca	52,75
11° Cardella Mauro	52,25
12° Persiani Claudio	51,82
13° Fabiani Stefano	51,58
14° Zonarelli Federico	50,7
15° Ciardo Simona	49,75
16° diMalta Vincenza	49,23
17° Tramontano Tiziano	49,16
18° De Ieso Giuliana	48
19° Vernini Tatiana	46,25
20° Salica Stefano	43
15/07/05	20/07/79
21° Ricciardi Daniela	43
04/07/05	30/06/77

Biotec 09 N. 1

Assegno di Ricerca
Data Nascita -
Data Cons.Titolodi Studio

1° Trotta Claudia	76,4
2° Faillace Paola Isabella	75,05
3° Orioli Lorenzo	72,89
4° Gravina Teresita	71,83
5° Corradi Chiara	65,88
Assunta Riccarda	
6° Marconi Gianluca	65,85
7° Conti Leonardo	63,85
8° Brocca Marta	62,6
9° Tenerelli Patrizia	59,1
10° Pascarella Angela	57
11° Fanelli Maria	56,7
12° D'Elia Ilaria	56,4
13° Seguini Lorenzo	56,3
14° Rossetti Andrea	55,6
15° Dell'osso Daniele	55,35
16° Maggi Maria Anna	55,2
17° Sabia Gianpaolo	55,02
18° Petrillo Katia	55
05/12/05	12/09/81
19° Rossi Gianluigi	55
31/04/04	04/05/73
20° DiTommaso Davide	54,82
21° Tortorelli Gaia	52,8
22° Procaccianti Daniele	52,5
23° Della Chiara Ilaria	51,4
27/05/05	17/10/79
24° Scialpi Luca	51,4
01/06/05	18/10/77
25° Del Brocco Claudia	51,1
26° La Vigna Francesco	50,33
27° Alberti Francesca	50,2
28° Asci Maria Grazia	49,5
29° Colella Paolo Michele	49,1
30° Acquistapace Alberto	49
12/05/81	19/12/05
31° Bove Maria Anna	48,8
28/04/81	20/12/0549
32° Aleandri Giovanna	48,4
33° Buccheri Giuseppe	48,2
34° Montedonico Godoy	47,8
35° Antonazzo Luigi	47,2
36° Caputo Francesca	47
11/11/05	24/01/76
37° Sarullo Davide	47
05/04/05	16/10/74
38° Sperone Felice Gianluca	46,25
07/07/78	23/05/03
39° Belluardo Eugenia	46,25
19/02/01	19/01/75

40° Cesare Monica	46
41° Troni Patrizia	45,5
42° Nardelli Orazio	45
43° Kiferle Christian	44,6
44° Schunnach Marco	44
45° diGiovanni Alfonso	03/11/78
13/12/05	43
46° Holzammer Giulio	20/07/78
19/10/05	43

Biotec 10 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Paganin Patrizia 66,5

2° Tasso Flavia	64,2
3° Gentile Anna	60,9
4° Catalanotti Claudia	55
5° Bellucci Micol	53,1
6° Del Chierico Federica	51,4
7° Pizzetti Ilaria	51
8° Lanza Angela	50,4
9° Annunziata Anna Lidia	50
10° Piccioni Enrico	47,4
11° Olivieri Paola	47
12° Voutsinas Emanuela	46
13° Despini Massimo	45,5

Biotec 11 N. 1

Assegno di Ricerca

Posizione Rimasta Scoperta Per Mancanza di Candidati Idonei

Biotec 12 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Pietrella Marco	72,6
2° Sallustio David Emanuele	69,05
3° Puglia Giuseppe	52,1
4° Arcidiacono Biagio	49
5° Careri Rocco	47

Biotec 13 N. 1 Assegno di Ricerca

1° Ferrante Paola	73,3
2° Camattari Andrea	72,5
3° Cipollone Rita	68,8
4° Falcone Giulia	50,5

Biotec 14 N. 1 Assegno di Ricerca

1° Diretto Gianfranco	71,75
2° Scossa Federico	71

Biotec 15 N. 1 Assegno di Ricerca

1° Facella Paolo	70,6
2° Lopez Loredana	67,7
3° diBello Francesco	60,8
4° Tataranni Giuseppe	59,7
5° Carluccio Anna Vittoria	58,6

6° Giovinazzo Marianna	47,1
------------------------	------

Biotec 16 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Carbone Fabrizio 61,9

2° Mourgues Fabienne	59,2
3° D'amico Eleonora	57,4

Biotec 17 N. 1

Assegno di Ricerca

1° DiCarli Maria Sole 69,3

2° Illiano Elena	66
3° D'ulisse Valeria	55,5

Biotec 18 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Lico Chiara 84,2

2° Bianchi Roberto	78,5
3° Janni Michela	74,5
4° Latini Arianna	69,2

Biotec 19 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Roselli Maria Incoronata 69,2

2° Gennaro Andrea	67,3
-------------------	------

Biotec 20 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Ademollo Nicoletta 82,7

2° Magliuolo Mariella	70,6
3° Picciolo Massimiliano	68,6
4° Boccia Priscilla	56,5
5° Santarcangelo Rosalia	48
6° Fronterre' Annalisa	46
7° Guidi Elisa	45,5

Biotec 21 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Varrone Cristiano 65,6

Biotec 22 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Migliore Giada 65,6

Biotec 23 N. 1

Assegno di Ricerca

Data Nascita -

Data Cons.Titolodi Studio

1° Spada Concita Daniela 66

2° Rossato Claudia	64,5
3° Grazioli Valentina	63,5
4° Giannuzzi Stefania	60,5
5° Fassina Sara	53,6

6° Marconi Marilena	53
8° Rusconi Marianna	

27/04/79

12/10/05 52

7° Buonfanti Gaetano

20/08/74

28/06/05 52

9° Ricagni Vittorio 51

10° Lefebvre Pierre Yves 50

11° Gambarana Roberto

06/06/77

01/12/04 48,5

12° Morelli Alessandro

15/10/75

15/11/04 45,5

Biotec 24 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Leonardi Simona 66,5

2° Antenucci Daniele 63,1

3° Capodieci Raffaele 48

Biotec 25 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Lopresto Vanni 68,5

Biotec 26 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Massa Gilda 50

2° Luce Domenico 44

Ene 01 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Fiorini Paolo 84,05

Ene 02 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Stuardo Stefano 70,68

2° Alestra Alessandro 50

Ene 03 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Giulietti Emanuele 70,91

2° Galli Italo 46

Ene 04 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Mongiello Carmine 82

2° Mongibello Luigi 66,2

3° Aquilino Antonio 51,5

4° Ambrosino Fiorenzo 46,5

Ene 05 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Cafiero Lorenzo Maria 76,5

2° Bassano Claudia 70,43

- 3° Scamardella Anna Maria 58,58
- 4° Figliola Roberto 53,41
- 5° Veca Elisabetta Maria 49
- 6° Schiavo Benedetto 48
- 7° Genova Salvatore 45,35
- 8° Petrino Domenico 44,5

Ene 06 N. 1
Assegno di Ricerca
Posizione rimasta scoperta per mancanza di candidati idonei

- Ene 07 N. 1**
Assegno di Ricerca
1° Blasi Alessandro 64
 2° De Nigris Donatella 62,1
 3° Minieri Francesco 58
 4° Spada Massimo 47
 5° Crisafulli Antonio 46

Ene 08 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Molino Antonio 57,7

- Ene 09 N. 1**
Assegno di Ricerca
1° Saraceno Luca 70,36
 2° Trinchieri Raniero 66,45
 3° Compagno Alfonso 51,5
 4° Rago Vincenzo 45

Ene 10 N. 1
Assegno di Ricerca
Posizione rimasta scoperta per mancanza di candidati idonei

- Ene 11 N. 1**
Assegno di Ricerca
1° Conti Valentina 62,5
 2° Consorte Raffaele 61
 3° Urban Federico 52
 4° Cesarone Francesco 50,5
 5° DiPietro Antonio 48

- Ene 12 N. 1**
Assegno di Ricerca
1° De Tommaso Barbara 76,84
 2° Magaro' Eugenia 64,39
 3° Sardella Riccardo 63,17

Ene 13 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Cecere Donato 75,93

Ene 14 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Pastore Giuseppe 69
 2° Donatelli Antonio 67,3

- 3° Venturini Paolo 63,8
- 4° Nigro Giovanni 46

Ene 15 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Fanelli Emanuele 51
 2° Alvarez Vincenzo 48,5

Ene 16 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Di Nardo Antonio 67,5
 2° Marchi Paolo 66,5
 3° Biagetti Tatiana 64,5
 4° De Simone Edoardo 47

- Ene 17 N. 1**
Assegno di Ricerca
1° Troiani Guido 75,78
 2° Puglisi Giovanni 74,93
 3° Daniele Salvatore 64,73
 4° Marchione Teresa 63,1
 5° Lo Castro Maria Gabriella 60,61
 6° Fratini Nicola 55,75
 7° Ratto Antonino 48,5

Ene 18 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Contuzzi Luca 57
 2° Giordano Luca 55
 3° Valente Stefano 51
 4° La Calce Andrea 50

Ene 19 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Di Pietra Biagio 66,25

- Ene 20 N. 1**
Assegno di Ricerca
1° Palumbo Massimo 52,66
 2° Lombardi Paolo 48,33
 3° Spina Antonio 44

Ene 21 N. 2
Assegni di Ricerca
1° Lelli Maria 79,3
 2° Pugliese Francesco 47

Ene 22 N. 2
Assegni di Ricerca
1° Pizzuti Stefano 80,5
2° Di Giamberardino Mauro 64,6

Ene 23 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Serenelli Luca 67,17
 2° Ciancaglioni Isabella 52,5
 3° Castagna Francesca 50,5

- 4° Scagnoli Valerio 50
- 5° Farese Sara 48,5
- 6° Vasco Antonio 47

Ene 24 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Cerone Nadia 69
 2° Iovane Pierpaolo 65,16

Ene 25 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Larocca Vincenzo 55,1
 2° Fraldi Natascia 53,2

Fis 01 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Tincani Amelia 65,7
 2° Utili Marco 65,2

Fis 02 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Scaddozzo Giuseppe 74,8
 2° Tarantino Mariano 69,3

Fis 03 N. 1
Assegno di Ricerca
Posizione rimasta scoperta per mancanza di candidati idonei

Fis 04 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Iurlaro Giorgia 86,5

Fis 05 N. 2
Assegni di Ricerca
1° Bruno Annalisa 76,1
2° Francucci Massimo 72,1
 3° Spizzichino Valeria 71,3

Fis 06 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Sighicelli Maria 65,1

Fis 07 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Foletti Claudia 68,9

Fis 08 N. 1
Assegno di Ricerca
Data Nascita - Data Cons. Titolodi Studio
1° Grilli Maria Luisa 90
 2° De Giorgi Raffaella 65,75
 3° Buono Edoardo 54,33
 4° Spagnoletta Sebastiano 49

5° Tripaldi Giuseppe 47
 6° Di Lorenzo Giuseppina
 21/07/78 21/02/05
 46
 7° De Rubertis Fabio 03/06/77
 26/10/05 46
 8° Mondelli Rita 43,5

Fis 09 N. 1
Assegno di Ricerca
1° DiSarcina Ilaria 67,7
 2° Ottaviano Luisa 63,6
 3° Ronzitti Massimiliano 46,5

Fis 10 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Bonfigli Francesca 86,5
 2° Surpi Alessandro 68
 3° Surrenti Vincenzo 65,5
 4° Carbone Marco 62,7
 5° Petralia Alberto 46

Fis 11 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Germano Massimo 57
 2° Mauro Egidio 54,5

Fis 12 N. 1
Assegno di Ricerca
Posizione rimasta scoperta per mancanza di candidati idonei

Fis 13 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Ciampichetti Andrea 79

Fus 01 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Picciotto Antonino 64
 2° Iacobelli Marco 63
 3° Gaetani Marco 46

Fus 02 N. 3
Assegni di Ricerca
Data Nascita -
Data Cons. Titoli di Studio

1° Botrugno Antonio 69,35
 2° Ferrando Ornella 64,5
 3° Romano Afra 63,5
 4° Ferella Alfredo Davide
 62,8
 5° Carloni Lisa 49,5
 6° Di Matteo Lucy 18/09/80
 27/10/04 45
 7° Di Cesare Barbara
 20/09/78
 25/07/05 45

Fus 03 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Annibaldi Silvia 79,1
 2° Di Troia Claudia 65
 3° Raia Salvatore 46

Fus 04 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Trevisanutto Paolo Emilio 60,4
 2° Aprea Giuseppe 56
 3° Cipiccia Silvia 53

Fus 05 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Di Falco Mustazzella Vincenzo 59
 2° Massazza Giovanna 57,1
 3° Ciavarella Roberto 54
 4° D'Orazio Maria 43

Fus 06 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Augieri Andrea 75,35
 2° Angrisani Achille
 Armenio 75,1
 3° Almaviva Salvatore
 54,88

Fus 07 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Di Marzi Gianluca 83,76
 2° Amabile Claudio 59,6

Fus 08 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Reccia Luigi 80
 2° Frosi Paolo 76,9
 3° Mottola Ernesto 71,3
 4° Cutrufi Vincenzo 62,05

Fus 09 N. 1
Assegno di Ricerca
Posizione rimasta scoperta per mancanza di candidati idonei

Fus 10 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Bottari Nicola 50

Fus 11 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Vannozzi Angelo 67,06
 2° Rizzo Francesco 61,6

Fus 12 N. 1
Assegno di Ricerca

1° Pollastrone Fabio 73,88
 2° Scalisi Gaetano 51,5
 3° Lodato Rossella 51,25

Fus 13 N. 1
Assegno di Ricerca
Posizione rimasta scoperta per mancanza di candidati idonei

Fus 14 N. 1
Assegno di Ricerca
Posizione rimasta scoperta per mancanza di candidati idonei

Fus 15 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Auditore Lucrezia 83

Fus 16 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Belli Francesco 74,45

Fus 17 N. 2
Assegni di Ricerca
1° Mazzuca Roberta 87,7
2° Roccella Selanna 71,15
 3° Rydzy Alexander 59,6
 4° Ravasio Ugo 51,6

Fus 18 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Pangione Luigi 72,4
 2° Boncagni Luca 64,83
 3° Sciuto Gregorio 51,75

Idrocomb 01 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Paoletti Claudia 69,05
 2° Moreno Margherita
 52,5

Idrocomb 02 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Zaza Fabio 59

Idrocomb 03 N. 1
Assegno di Ricerca
1° Lagana Ivano 62,15
 2° Spagnoletti Joseph
 51,33
 3° De Micco Vincenzo 48,33
 4° Mercurio Costanzo 47,4
 5° DiFesta Paola 46

Idrocomb 04 N. 1
Assegno di Ricerca

**Data Nascita -
Data Cons.Titolodi Studio**

1° Amicarelli Andrea	55,5
2° Salcini Sergio	54
3° Calisi Marco	52
4° Giubbilini Francesco	
17/07/78	16/12/05
	51
5° Scalas Emanuele Maria	
18/08/75	16/12/05
	51
6° Di Stefano Valerio	50
7° Piscitelli Cesare	49
8° Torrini Mariagrazia	45,5
9° Giardina Daniela	43,5

**Idrocomb 05 N. 1
Assegno di Ricerca**

1° Tizzani Cosimo	61,84
2° Montanino Maria	47,91
3° Gatto Eloisa	45

**Idrocomb 06 N. 1
Assegno di Ricerca**

1° Mc Phail Stephen John	79,6
2° Cigolotti Viviana	65,6
3° Iannotti Rocco Antonio	60,5
4° De Lorenzo Giuseppe	58,5
5° Pellegrino Francesco	58
6° Iannone Mario	52

**Mat 01 N. 1
Assegno di Ricerca**

1° De Girolamo Anna	74,3
2° Masala Silvia	65
3° Nenna Giuseppe	63,9
4° Miscioscia Riccardo	63,75
5° Gambino Salvatore	63,38
6° Chierchia Rosa	63,22
7° Bombace Mariano	60,93
8° Altavilla Claudia	58,58
9° Guerra Alfredo	58,43
10° D'urso Flavia	55
11° Operamolla Alessandra	50,5
12° Ferrari Leonetto	49,5
13° De Simone Agnello	48
14° Mazzocchi Enrico	44,17

**Mat 02 N. 1
Assegno di Ricerca**

**Data Nascita -
Data Cons.Titolodi Studio**

1° Andrenacci Natascia	87,3
2° Bruno Mauro	74,5
3° Nucci Luca	53
4° Zelli Mauro	52
5° De Simone Calogero	51,5
6° Guarnieri Guido	50

7° Angeletti Arianna	46
8° Quintino Alessandro	
29/08/69	19/12/00
	45
9° Solari Egisto	14/12/70
19/12/03	45
10° Avella Michele	44
11° Zeziola Roberta	43

Mat 03 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Signore M. Assunta	67,33
2° Mangione Alfonso	65,5
3° Galtieri Giovanna	60,33

Mat 04 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Salernitano Elena	86,2
2° Cemmi Alessia	81
3° Gagliardi Serena	69,55

Mat 05 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Di Girolamo Giovanni	68,13
--------------------------------	--------------

Mat 06 N. 2

Assegno di Ricerca

1° Rosetti Valentina	64,1
2° Burgio Federica	53,6

Mat 07 N. 2

Assegno di Ricerca

1° Radici Simona	53
2° Coglitore Antonino	45,5
3° Ambrosetti Andrea	45

Mat 08 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Primiceli Antonio	53,3
-----------------------------	-------------

Mat 09 N. 2

Assegno di Ricerca

1° Panella Barbara	76,5
2° Mirabile Gattia Daniele	69,67
3° Aurora Annalisa	62,5
4° Piscopiello Manuela	62
5° Laera Anna Maria	61,5
6° Vitale Floriana	59,52
7° Di Lorenzo Paolo Antonio	58
8° D'amato Rosaria	57
9° Veronesi Simone	54
10° Di Claudio Davide	52,5
11° Scafe' Matteo	50,5
12° Silvestri Demandt	

Claudia Isabel	50
13° Luciani Domenico	46,5
14° Tiso Nicola	46
15° Del Monte Antonio	45,5
16° Di Gioia Eugenio Giovanni	44

Mat 10 N. 3

Assegno di Ricerca

1° Santini Andrea	84,8
2° Bellucci Alessandra	83,2
3° Seralessandri Luca	74,46
4° Schiavo Loredana	48,5

Mat 11 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Bellusci Mariangela	78,4
2° Pendolino Flavio	49,5

Mat 12

N. 1

Assegno di Ricerca

**Data Nascita -
Data Cons.Titolodi Studio**

1° Fraraccio Giancarlo	70,2
2° Mongelli Maria Luisa	69
3° Cuomo Fabiana	65,5
4° Coccia Simona	65,3
5° Cristina Filippo	50
6° Gorgoglione Davide	
30/06/79	22/07/04
	49,5
7° Anifantis Alexandros	
Sotirios	02/02/80
22/07/05	49,5
8° Sgubini Mario	48,05
9° Panarese Marco	47,5
10° Stornelli Paola	47

Solterm 01 N. 1

Assegno di Ricerca

1° Spadoni Annarita	67,8
2° Zoani Claudia	65,23
3° Cafaro Claudia	63,25
4° Giardina Isabella	55,28

ENEA organizza il Convegno Italiano sui Sensori

Si è tenuta a Napoli, dal 12 al 14 febbraio 2007, la XII Conferenza italiana su Sensori e Microsistemi della Associazione Italiana Sensori e Microsistemi (AISEM).

L'edizione di quest'anno, organizzata da ENEA, Università di Napoli Federico II e CNR-IMM, ha avuto come General Chairman, Girolamo Di Francia dell'ENEA (Dipartimento Tecnologie Fisiche e Nuovi Materiali), a testimonianza della evidenza nazionale ormai raggiunta dalle attività

dell'ENEA nel settore dei sensori a stato solido.

Sensori e microsistemi di rivelazione, attuazione e misura, costituiscono l'interfaccia "naturale" verso l'ambiente esterno dei computer e di una innumerevole quantità di sistemi di elaborazione, fissi e mobili. La forte crescita di questo settore si inserisce dunque nelle più ampie tematiche della ICT e della "sorveglianza in remoto" che caratterizzano le società avanzate in questo decennio. Esso interessa più comparti, spesso in modo trasversale, con applicazioni come quelle del controllo dell'inquinamento ambientale, della tracciatura della catena di produzione agroalimentare, della telemedicina e, in generale, della sicurezza dei cittadini, che hanno tutte un crescente impatto sulla vita quotidiana.

Nel nostro Paese operano nel settore dei sensori e dei microsistemi, circa 50 gruppi di ricerca, tra Università, CNR ed ENEA. Una decina di questi hanno caratteristiche e dimensioni a livello internazionale. Anche dal punto di vista industriale il settore è in forte espansione: accanto a numerose Pmi del settore della elettronica e dei servizi, sono presenti anche aziende di grande dimensione (STmicroelectronics, Pirelli Labs, FIAT ecc.).

La conferenza AISEM è divenuta nel corso degli anni l'appuntamento nazionale di maggior rilievo per il settore, con importanti riflessi anche in campo internazionale. Alla presente edizione hanno partecipato oltre 200 ricercatori tra ingegneri, fisici, chimici, biologi e medici, a testimonianza del carattere multidi-

sciplinare del settore. Gli atti della conferenza, in inglese, verranno diffusi attraverso le biblioteche delle maggiori università, centri di ricerca ed aziende di tutto il mondo.

La Conferenza si è articolata su 8 sessioni: sensori chimici, sensori fisici, microsistemi, biosensori, sensori e microsistemi ottici, nanosensori, tecnologie di fabbricazione e assemblaggio, *array* e reti di sensori e applicazioni, oltre a una sessione speciale a tema che, per l'edizione 2007, è stata centrata sul tema "acqua". Una tavola rotonda, sponsorizzata dalla Unione Industriali, ha analizzato gli scenari della ricerca e dello sviluppo industriale dei sensori e dei microsistemi nella prospettiva del 7PQ.

In concomitanza con la conferenza si è tenuta una mostra dei prodotti industriali e di ricerca nel campo dei cosiddetti "nasi elettronici" prodotti nei più avanzati laboratori di ricerca del Paese, alla quale l'ENEA ha partecipato con un proprio prototipo. Si tratta di un sistema multisensoriale, basato principalmente su sensori di gas, risultato delle attività di ricerca svolte fin dal 2002 dal Centro ENEA di Portici. Il sistema integra le necessarie funzioni sensoriali, assicurate da sensori commerciali o fabbricati in ENEA, l'opportuna alimentazione, l'elettronica di controllo ed è dotato di un sottosistema di elaborazione in grado di eseguire semplici algoritmi di *sensor fusion* per il riconoscimento e la stima della concentrazione dei gas. Il dispositivo è utilizzabile anche con connessione *wireless*.

(Dario Della Sala)

Incontri

ENEA organizza il Convegno Italiano sui Sensori

La globalizzazione che funziona

Joseph E. Stiglitz
Giulio Einaudi ed., 2006, pagine 336, 16,50 €

"I critici della globalizzazione hanno visto giusto: troppe persone ci hanno rimesso a causa di come è stata gestita finora. Ma io penso che abbiano ragione anche gli ottimisti - quelli che, in assemblee come il World Social Forum di Mumbai, hanno affermato che un mondo diverso è possibile". Partendo da questo assunto, Stiglitz, Premio Nobel per l'economia nel 2001 e già capo dei

consiglieri economici di Bill Clinton e poi vicepresidente della Banca mondiale, illustra con questo secondo libro sull'argomento, una serie di riforme che permetterebbero alla globalizzazione di realizzare in modo più convincente il proprio potenziale, migliorando concretamente la vita delle persone sia nel mondo industrializzato sia in quello in via di sviluppo. In quanto, è vero che facciamo parte di un'economia sempre più globale, ma tutti noi viviamo in comunità locali e continuiamo, molto più di quanto si creda, a pensare in termini di realtà locale.

Si tratta di cambiamenti da attuarsi nella politica, nelle istituzioni economiche, nelle regole del gioco e nella mentalità, e quindi l'autore espone per settori, come in un manuale, le idee per mostrare che un'altra globalizzazione, dal volto umano e solidale è possibile.

E allora, rompere un tabù e tentare una missione impossibile è agire affinché il Protocollo di Kyoto funzioni davvero. Contrariamente alle altre incognite della globalizzazione, i problemi ambientali globali affliggono allo stesso modo sia i paesi sviluppati sia quelli in via di sviluppo. E la globalizzazione, così com'è stata gestita finora, non ha affrontato il problema come avrebbe dovuto. Perché il Protocollo di Kyoto funziona, occorre affrontare tre problemi. Innanzitutto, se vogliamo che partecipino anche gli Stati Uniti, è chiaro che bisogna coinvolgere anche i paesi in via di sviluppo per i quali occorre però fissare obiettivi equi e realistici. In secondo luogo, una volta stabiliti determinati obiettivi, bisogna trovare un

modo per obbligare gli Stati a raggiungerli, altrimenti, fintantoché ridurre le emissioni comporterà dei costi, tutti faranno il possibile per sottrarsi agli obblighi. Terzo, se i costi per ridurre le emissioni diminuiranno, sarà facile rispettare le regole, quindi dobbiamo trovare il modo per abbassare questi costi.

Ma i problemi sono molti (deforestazione, liberismo, sviluppo sostenibile...) e per ognuno c'è l'indicazione di come "far funzionare la globalizzazione".

La conclusione dell'autore si può così sintetizzare: affinché la globalizzazione si metta a funzionare, abbiamo bisogno di un regime economico internazionale più equilibrato nel garantire il benessere sia dei paesi sviluppati, sia di quelli in via di sviluppo: un nuovo contratto sociale globale tra i paesi più ricchi e quelli più svantaggiati, la promozione della ricerca, retribuire i paesi in via di sviluppo per i loro servizi ambientali - conservazione della biodiversità e risoluzione del problema ambientale -, riconoscimento che tutti condividiamo lo stesso pianeta e che il riscaldamento globale rappresenta una minaccia concreta, aiuto economico e tecnico da parte dei paesi industrializzati ai paesi in via di sviluppo per le loro risorse naturali, condono del debito, riforme dell'architettura finanziaria globale, riforme giuridiche e istituzionali per scongiurare la nascita di monopoli privati, non fornire armi ai paesi in via di sviluppo. Insomma, conclude l'autore: "Perché funzioni davvero, la globalizzazione deve funzionare prima di tutto per loro: per i poveri del mondo".

Letture

La globalizzazione che funziona