

# ENERGIA, AMBIENTE E INNOVAZIONE

ANNO 49 MARZO-APRILE 2003

Il contenuto degli articoli pubblicati è di esclusiva responsabilità degli autori.  
La riproduzione di articoli o parte di essi deve essere autorizzata dall'ENEA.

Finito di stampare nel mese di aprile 2003

**Direttore responsabile** Sergio Ferrari

**Comitato di redazione** Maria Antonietta Biancifiori, Fausto Borrelli, Gilberto Busuoli, Marco Martini, Pietro Metalli, Emilio Santoro

**Redattore capo** Alida La Croce

**Redazione** Giuliano Ghisu

**Collaboratori** Daniela Bertuzzi, Gabriella Martini, Paolo Monaci, Elisabetta Pasta

**Responsabile editoriale** Diana Savelli

**Redazione** ENEA

Lungotevere Thaon di Revel 76, 00196 Roma, Tel. 06-36272401, Fax 06-36272720  
E-mail/lacroced@sede.enea.it, Sito web/www.enea.it

**Progetto grafico** Bruno Giovannetti (ENEA)

Ada Cerrato, Nicoletta Troncon (Litografia Fabiano)

**In copertina** Riproduzione *La parete*, E. Guglielminetti

**Stampa** Litografia Fabiano, Reg. San Giovanni 2/b, 14053 Canelli (AT)

**Registrazione** Tribunale Civile di Roma

Numero 6047 del 2 dicembre 1957 del Registro Stampa. Modifiche in corso

**Pubblicità** Fabiano srl

**Abbonamento annuale** Italia € 21,00, Estero € 26,00; una copia € 4,20

CC/P n. 12439121 intestato a Fabiano srl

Reg. San Giovanni 2/b, 14053 Canelli (AT), Tel. 0141-822557, Fax 0141-822669

E-mail: nicole@fabianogroup.com

[www.enea.it](http://www.enea.it)

www.enea.it

4

## QUADRO DELL'INNOVAZIONE IN EUROPA 2002

THE EUROPEAN INNOVATION SCOREBOARD – 2002

Commissione delle Comunità Europee

Anche in questo secondo rapporto annuale della Commissione Europea viene confermata la debolezza innovativa dell'UE nel confronto con i maggiori concorrenti mondiali, pur se singoli Stati membri risultano leader mondiali in alcuni indicatori d'innovazione. Da quest'anno l'indagine è stata estesa ai cosiddetti paesi associati e a quelli candidati ad entrare nell'UE. Pubblichiamo ampi stralci del documento

*The European Commission's second annual report confirms that the EU is weaker in innovation than its competitors, even if some member States lead the world in certain innovation indicators. As of 2002, the assessment has been extended to the countries which are associated with the EU or are candidates for admission. We publish extensive excerpts from the document*

15

## DA RIO A JOHANNESBURG: VERSO LO SVILUPPO SOSTENIBILE

FROM RIO TO JOHANNESBURG: TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Laura Maria Padovani, Paola Carrabba, Barbara Di Giovanni

A dieci anni dalla Conferenza di Rio si può tracciare il percorso svolto e quello concordato verso lo sviluppo sostenibile e fare un bilancio del ruolo perseguito dai vari attori coinvolti e dei risultati raggiunti con le attività e i processi realizzati

*Ten years after the Rio Conference, the authors take stock of the agreed plans to further sustainable development, the role played by the various actors, and the results achieved through their activities and processes*

38

## INTRODUZIONE AI PROCESSI NUCLEARI A BASSA ENERGIA NELLA MATERIA CONDENSATA

INTRODUCTION TO LOW-ENERGY NUCLEAR PROCESSES IN CONDENSED MATTER

Vittorio Violante, Emilio Santoro, Francesca Sarto, Luigi Capobianco, Alberto Rosada

Vengono riportate le analisi di evidenze sperimentali relative a possibili fenomeni nucleari a bassa energia nella materia condensata. Storia, risultati salienti e una loro possibile interpretazione teorica

*Analyses of experimental evidence related to possible low-energy nuclear phenomena in condensed matter. History, salient results, and a possible theoretical interpretation*

51

## BIOMASSE: DAL LEGNO "CALORE SOSTENIBILE"

BIOMASS: "SUSTAINABLE HEAT" FROM WOOD

Giuseppe Tomassetti, Luca Castellazzi, Francesco Vivoli

La biomassa è la più antica e tra le più rilevanti fonti di energia rinnovabile a livello mondiale. Le innovazioni tecnologiche nel settore rendono il riscaldamento dei grandi edifici sensibilmente più economico di quello convenzionale e comparabile nelle emissioni di gas e polveri

*Biomass is the oldest and one of the most important renewable energy sources. Technological innovations make heating large buildings with biomass significantly cheaper than with conventionally fired systems and comparable in gas and particulate emissions*

64

## UN COMBUSTIBILE NUCLEARE "ESOTICO" PER L'ECONOMIA DELL'IDROGENO AN "EXOTIC" NUCLEAR FUEL FOR THE HYDROGEN ECONOMY

Valerio Benzi

In questi ultimi anni si è posto il problema di individuare una sorgente di energia pulita e abbondante da impiegare come fonte primaria per la produzione dell'idrogeno liquido. In alternativa all'energia nucleare da fissione, tale ruolo potrebbe essere svolto dall'energia nucleare da fusione con un "combustibile esotico" formato da una miscela di idrogeno e boro

*A problem that has come to the fore in recent years is the identification of an abundant source of clean energy that can be used as a primary source for the production of liquid hydrogen, as an alternative to energy from nuclear fission. This role might be played by an exotic fuel consisting of a mixture of hydrogen and boron*

68

**BLOB CERVELLO**

*Fausto Borrelli*

Gli anni 90 dello scorso secolo – detti anche “decennio del cervello” – hanno visto fiorire una gran quantità di pubblicazioni sugli sviluppi delle neuroscienze e della filosofia della mente. Questo palinsesto di citazioni d'autore si concentra sul rapporto “mente-cervello”. Un tema cruciale che da oltre due millenni costituisce il luogo privilegiato in cui convergono speculazione filosofica, pensiero scientifico e fede religiosa. Nonostante gli straordinari risultati della ricerca contemporanea, il groviglio di ambiguità, oscurità e incertezze – che da sempre ha caratterizzato questo ineludibile problema – sembra aumentato piuttosto che diminuito. Il palinsesto va dal canone buddista (IV sec. a.C.) ad Agostino di Tagaste (V sec. d.C.), da Averroè (1190) a Cartesio (1641), da Leibniz (1714) a Hegel (1807), da Nietzsche (1887) a Freud (1917), da Einstein (1936) a Erwin Schroedinger (1950), da Richard Feynman (1978) a Francis Crick (1994), a Erich Kandel (1997), da John Searle (1997) a Gerald Edelman (2000), da Igor Aleksander (2001) a Edoardo Boncinelli (2002), a Roth (2003)

*The 1990s – dubbed the "Brain Decade" – saw a flowering of publications about developments in neuroscience and philosophy of the mind. This selection of quotations focuses on the relationship between mind and brain, a subject that has intrigued philosophers, scientists and religious thinkers for more than two thousand years. Despite the extraordinary results of research in our own day, the tangle of ambiguities, obscurities and uncertainties that has always characterised this inescapable issue seems to be growing larger rather than smaller. The quotations range from the Buddhist canon (4th cent. B.C.) to Augustine (5th cent. A.D.), Averroës (1190), Descartes (1641), Leibniz (1714), Hegel (1807), Nietzsche (1887), Freud (1917), Einstein (1936), Schroedinger (1950), Feynman (1978), Crick (1994), Kandel (1997), Searle (1997), Edelman (2000), Aleksander (2001), Boncinelli (2002) and Roth (2003)*

78

**SPECIFICITÀ DELLE ISOLE MINORI NELLA GESTIONE DEI RIFIUTI**  
SPECIFICITY OF SMALL ISLANDS IN WASTE MANAGEMENT

*F. Attura, S. Cassani, P.G. Landolfo, C. Bommarito, F. Monteleone*

**ASPETTI ESTETICI E FUNZIONALI DEL FOTOVOLTAICO INTEGRATO IN ARCHITETTURA**  
AESTHETIC AND FUNCTIONAL ASPECTS OF BUILT-IN PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY

*M. Pellegrino, G. Flaminio, G. Leanza, C. Privato, A. Scognamiglio*

**UNA SOCIETÀ BASATA SULLA CONOSCENZA CON IL GIS**  
A SOCIETY BASED ON GIS KNOWLEDGE

*Emanuela Caiaffa*

**INDICATORI DI COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E DURABILITÀ NEGLI EDIFICI**  
DURABILITY AND EMBODIED ENERGY IN BUILDINGS

*Ezilda Costanzo*

NOTE TECNICHE

91

**NOTIZIE DAL MONDO, DALL'UNIONE EUROPEA, DALL'ITALIA, DALL'ENEA.**  
INCONTRI E LETTURE

NEWS FROM THE WORLD, THE EUROPEAN UNION, ITALY AND ENEA. INFORMATION ABOUT MEETINGS AND RECENTLY PUBLISHED WORKS

- dal Mondo
  - Diminuisce nel mondo l'elettricità da fonti rinnovabili **91**
  - Raccomandazioni per lo sviluppo dell'idrogeno **91**
  - Bus a motore ibrido **91**

- dall'Unione Europea
  - Il ruolo del brevetto nel processo d'innovazione **92**
  - L'occupazione nei paesi candidati **92**
  - Nuova direttiva sui biocombustibili **92**

- dall'Italia
  - Rete di ricerca sempre più veloce **93**
  - Stato di emergenza rifiuti radioattivi **93**
  - Treno verde 2003 **93**

- dall'ENEA
  - Tecnologie marine: accordo con Southampton **94**
  - Certificazione ambientale per i parchi italiani **94**
  - Varato il decreto di riforma dell'ENEA **94**

- Incontri
  - Salone dell'idrogeno **95**
  - Un istituto virtuale per analisi più affidabili **95**

- Letture
  - Fluorescenza X **96**
  - Vademecum per l'ambiente **96**

CRONACHE

# Quadro dell'innovazione in Europa 2002

Commissione  
delle Comunità Europee

primo piano

Anche in questo secondo rapporto annuale della Commissione Europea viene confermata la debolezza innovativa dell'UE nel confronto con i maggiori concorrenti mondiali, pur se singoli Stati membri risultano leader mondiali in alcuni indicatori d'innovazione. Da quest'anno l'indagine è stata estesa ai cosiddetti paesi associati e a quelli candidati ad entrare nell'UE. Pubblichiamo ampi stralci del documento

## *The European Innovation Scoreboard – 2002*

*The European Commission's second annual report confirms that the EU is weaker in innovation than its competitors, even if some member States lead the world in certain innovation indicators. As of 2002, the assessment has been extended to the countries which are associated with the EU or are candidates for admission. We publish extensive excerpts from the document*

## Il quadro generale

A partire dal 2000 la Commissione pubblica il Quadro di valutazione dell'innovazione in Europa (EIS, *European Innovation Scoreboard*), uno strumento di verifica annuale della strategia di Lisbona. Oltre ai dati sugli Stati membri dell'UE, sugli Stati Uniti e il Giappone, l'edizione di quest'anno include per la prima volta dati sulla maggior parte dei paesi associati (cioè quelli che sono associati al Sesto Programma Quadro di RST e che non sono paesi candidati) e di quelli candidati, sulle regioni dell'Unione Europea. Tutti i dati sono stati aggiornati, eccetto quelli relativi ai quattro indicatori che si basano sull'indagine comunitaria sull'innovazione (CIS, *Community Innovation Survey*).

Il Quadro di valutazione dell'innovazione in Europa 2002 conferma la debolezza innovativa dell'UE nei confronti dei suoi maggiori concorrenti mondiali. Il Giappone supera l'UE in otto dei dieci indicatori per i quali vi sono dati comparabili, mentre gli Stati Uniti la superano in sette. Tra nuovi laureati in S&I (Scienze e Ingegneria) e spesa in R&S degli enti pubblici le medie dell'UE e degli Stati Uniti sono molto vicine. All'interno della triade l'unico vantaggio significativo dell'UE è quello sul Giappone nell'utilizzo domestico di Internet.

Dal punto di vista delle tendenze la situazione è più favorevole. Per cinque degli otto indicatori di tendenza comparabili i miglioramenti nell'Unione Europea sono stati più rapidi che negli Stati Uniti. Le tendenze degli Stati Uniti superano quelle dell'UE in brevetti inoltrati presso l'Ufficio Europeo dei Brevetti (UEB) di alta tecnologia e R&S delle imprese private, mentre entrambi peggiorano in R&S degli enti pubblici. L'UE supera il Giappone in tutti i sette indicatori di tendenza disponibili. Queste tendenze complessive favorevoli prospettano un possibile recupero dell'UE sui suoi maggiori concorrenti.

Permane, comunque, un divario persistente evidenziato nel 2001 in due punti deboli. Nei brevetti UEB di alta tecnologia la crescita UE è stata consistente (+55%), ma l'aumento dei brevetti di alta tecnologia negli Stati Uniti è stato ancora più rapido (+67,8%). Fonte di notevole preoccupazione è anche il minor tasso di crescita UE rispetto agli Stati Uniti in R&S delle imprese private, perché si tratta di uno dei principali indicatori di future innovazioni a base tecnologica.

Quanto ai singoli Stati membri, EIS 2002 conferma che per molti indicatori d'innovazione i leader mondiali sono paesi dell'Unione europea. Nell'UE leader dell'innovazione sono le piccole economie del nord Europa, cioè la Finlandia, la Svezia, la Danimarca e i Paesi Bassi. Tra le economie maggiori il più innovativo è il Regno Unito.

In alcuni paesi dell'Europa del sud avvengono rapidi miglioramenti. In Portogallo e in Grecia R&S sia delle imprese private che degli enti pubblici migliorano molto più rapidamente della media UE. La Spagna supera consistentemente la tendenza media UE in occupazione in servizi ad alta tecnologia e brevetti di alta tecnologia. L'Italia, invece, non presenta miglioramenti significativi.

A livello regionale il Quadro di valutazione introduce sette indicatori d'innovazione, concernenti le risorse umane, l'occupazione in settori ad alta tecnologia e la creazione di nuova conoscenza mediante R&S e brevetti. A causa della ridotta disponibilità di altri dati regionali, si tratta di indicatori più adatti a individuare Regioni con buoni risultati nel campo della ricerca e dell'innovazione più che Regioni dotate di potenzialità o che necessitano di politiche orientate alla diffusione dell'innovazione. Tali indicatori di valutazione a livello regionale rappresentano comunque un primo passo verso un rafforzamento della politica regionale con dati comparabili.

Tra i paesi associati Svizzera e Islanda superano la media europea rispettivamente in dieci e undici indicatori, analogamente ai paesi più innovativi dell'UE. Gli ottimi risultati

**Due i punti deboli: brevetti ad alta tecnologia e R&S delle imprese private**

dell'Islanda relativi a vari indicatori d'innovazione d'impresa sono in gran parte attribuibili al suo successo nell'attrarre investimenti esteri diretti (FDI, *Foreign Direct Investment*) nel campo delle biotecnologie.

Molti dei paesi candidati hanno risultati migliori di quelli della media UE: alcuni nell'istruzione post-secondaria, altri nell'occupazione nel settore manifatturiero ad alta tecnologia, o nella spesa per Tecnologia dell'Informazione e la Comunicazione (TIC) e/o nella quota di investimenti esteri diretti (FDI) in entrata. Inoltre la loro tendenza media supera quella dei paesi UE in cinque dei dieci indicatori confrontabili, in particolare quelli relativi ai mercati e agli investimenti.

## Il Quadro di valutazione dell'innovazione 2002

Il Quadro di valutazione dell'innovazione in Europa (EIS) è stato istituito su richiesta del Consiglio europeo di Lisbona del 2000. Esso si concentra sull'innovazione ad alta tecnologia e fornisce gli indicatori necessari a tracciare il progresso dell'Unione Europea verso l'obiettivo di Lisbona di diventare l'economia basata sulla conoscenza più concorrenziale e dinamica del mondo entro il prossimo decennio.

EIS comprende diciassette indicatori principali, scelti per sintetizzare i più importanti motori e risultati dell'innovazione. Gli indicatori sono suddivisi in quattro gruppi:

1. risorse umane per l'innovazione (5 indicatori);
2. creazione di nuova conoscenza (3 indicatori, uno dei quali si divide in brevetti UEB e brevetti inoltrati presso l'Ufficio Brevetti USA-USPTO);
3. trasferimento e applicazione della conoscenza (3 indicatori);
4. finanziamento, prodotti e mercati dell'innovazione (6 indicatori).

EIS completa le attività di *benchmarking* della Commissione europea; esso utilizza soprattutto dati Eurostat, e, in mancanza di dati ufficiali, dati privati di sufficiente affidabilità. Sei indicatori sono ricavati dagli indicatori strutturali della Commissione europea (per approfondimenti e confronti vedi riquadro a lato ed *Energia, Ambiente e Innovazione*, n. 2/2002 pagine 33-40).

### EIS si concentra sull'innovazione ad alta tecnologia

EIS si concentra sull'innovazione ad alta tecnologia. Ad esempio, gli indicatori relativi ai brevetti, all'occupazione nei servizi, al capitale di rischio e al valore aggiunto riguardano esclusivamente l'alta tecnologia. L'indicatore relativo all'occupazione nell'industria manifatturiera comprende anche settori a tecnologia medio-alta come le automobili. EIS si concentra sui settori ad alta e medio-alta tecnologia perché tenta di cogliere le innovazioni generali d'avanguardia, ad esempio nelle TIC o nelle biotecnologie, che possono generare ulteriori innovazioni in tutta l'economia. La loro diffusione trasversale in vari settori può favorire innovazioni aggiuntive, che vengono registrate da EIS per mezzo di due indicatori di diffusione (3.2 e 3.3) – ottenuti mediante l'indagine comunitaria sull'innovazione (CIS) – ed un indicatore relativo alla formazione permanente.

Tuttavia anche settori a medio-bassa e bassa tecnologia, come la raffinazione del petrolio, la pasta-cartà e carta, i tessili e gli alimentari e bevande, sono molto innovativi perché attingono a vari campi di conoscenza. Tali settori spesso innovano attraverso l'acquisto di tecnologie produttive avanzate o lo sviluppo di sofisticati sistemi di produzione e consegna. Gli indicatori di diffusione di EIS non sono in grado di registrare correttamente queste attività. Se non si tiene presente il centro dell'attenzione di EIS, si rischia di trarre conclusioni politiche distorte, perché molti settori a bassa tecnologia, come gli alimentari e bevande, hanno una rilevanza economica assai maggiore di settori ad alta tecnologia, come l'aerospaziale o il farmaceutico.

Per rimediare a questi limiti di EIS si prevede di integrare il Quadro di valutazione 2003 con analisi statistiche relative all'innovazione nei settori a medio-bassa e bassa tecnologia economicamente più significativi in Europa.

## Gli indicatori di innovazione

Il Quadro di valutazione dell'innovazione europeo fornisce una visione generale delle prestazioni europee nel campo dell'innovazione presentando dati su 17 indicatori riguardanti il processo innovativo. Il Quadro di valutazione utilizza sia indicatori tradizionali, basati su statistiche relative alle attività di ricerca e sviluppo e ai brevetti, sia indicatori ricavati da indagini più recenti.

Gli indicatori del Quadro di valutazione sono raggruppati in quattro categorie:

### 1. Risorse umane

La quantità e la qualità delle risorse umane sono fattori di importanza determinante sia per la creazione di nuova conoscenza, sia per la sua diffusione in tutta l'economia.

Gli indicatori sono suddivisi in due gruppi: tre indicatori per l'istruzione e la formazione e due indicatori relativi all'occupazione. I primi indicatori comprendono la disponibilità di nuovi laureati in Scienze e in Ingegneria (S&I), la specializzazione della popolazione in età produttiva, e una misurazione della formazione permanente (il primo e il terzo sono equivalenti ai corrispondenti indicatori strutturali della Commissione Europea).

I due indicatori riguardanti l'occupazione rappresentano le quote della forza lavoro nelle imprese a medio-alta e ad alta tecnologia e nei servizi ad alta tecnologia. Questi indicatori riflettono l'attenzione a livello strutturale (o modello di specializzazione) di ciascuna economia per i settori che avranno probabilmente un alto contenuto innovativo.

### 2. Creazione di nuova conoscenza

I tre indicatori per la creazione della conoscenza misurano l'attività inventiva: le spese nella Ricerca e Sviluppo (R&S) di enti pubblici e quelle di imprese private (equivalenti agli indicatori strutturali comparabili), e i brevetti. Quest'ultimo indicatore è composto da due sotto-categorie: brevetti relativi all'alta tecnologia inoltrati presso l'Ufficio Europeo dei Brevetti (UEB) e i brevetti relativi all'alta tecnologia inoltrati presso l'Ufficio brevetti statunitense (USPTO).

Per i paesi candidati vi è un indicatore alternativo: 2.3.1, il numero totale di brevetti (non solo di alta tecnologia) inoltrati presso l'UEB per milione di abitanti.

### 3. Trasferimento e applicazione della conoscenza

Quest'area copre attività di innovazione che esulano dalle invenzioni formali, quali l'adattamento di nuova attrezzatura ai sistemi di produzione e di servizi di un'azienda, l'adozione di innovazioni sviluppate da altre imprese o istituzioni, e l'adattamento di nuova conoscenza a seconda delle specifiche necessità dell'azienda. Gli indicatori relativi alle innovazioni in proprio o in collaborazione con altri si limitano alle piccole e medie imprese (PMI). Queste forniscono un quadro migliore dello stato innovativo delle PMI rispetto al quadro offerto per la R&S delle imprese private, prevalente tra le grandi aziende. Vale la pena fornire dati separati relativi alle PMI perché queste costituiscono la maggioranza delle aziende nella maggior parte dei paesi e possono svolgere un ruolo di importanza vitale nel campo dell'innovazione sia come intermediari tra l'infrastruttura della ricerca pubblica e le grandi aziende sia per lo sviluppo di nuove idee e l'utilizzo di nuove tecnologie.

### 4. Finanziamento, prodotti e mercati dell'innovazione

Questo gruppo comprende sei indicatori che coprono tutta una serie di aspetti: la messa a disposizione di capitale di rischio per alta tecnologia, il capitale guadagnato sui mercati di borsa (nuovi mercati o aziende ammesse di recente sui principali mercati), la vendita di innovazioni, l'utilizzo di Internet (indicatore strutturale per la TIC: Tecnologia dell'Informazione e la Comunicazione), gli investimenti nella TIC (indicatore strutturale), e il valore aggiunto in settori manifatturieri avanzati.

Per i paesi candidati vi sono due indicatori alternativi: 4.4A l'utilizzo di Internet come percentuale di tutta la popolazione (invece che delle famiglie); 4.6A quota di investimenti esteri diretti (FDI) in entrata come percentuale del PIL (invece che la percentuale di valore aggiunto nel settore manifatturiero ad alta tecnologia).

EIS è uno dei tre principali strumenti della Carta europea delle tendenze dell'innovazione<sup>1</sup>. Gli altri due sono la base di dati generale sulle politiche dell'innovazione in Europa e i laboratori di benchmarking per condividere le migliori pratiche di politica dell'innovazione. Considerati nel loro insieme, essi costituiscono lo strumento di un'intelligente politica di *benchmarking*.

EIS evidenzia i punti di forza e di debolezza degli Stati membri in materia di innovazione a livello aggregato; la base di dati, insieme alle relazioni sui paesi, fornisce informazioni comparabili sulle pertinenti politiche nazionali; i laboratori costituiscono un ambiente favorevole a trarre insegnamenti su temi specifici d'interesse comune. Ne consegue che gli Stati membri possono darsi precisi traguardi per ciascun indicatore, tenendo conto dei loro specifici "percorsi innovativi". Il Rapporto EIS 2002, inoltre, presenta dati su:

- tre paesi associati al Sesto Programma Quadro di R&S dell'UE (Islanda, Norvegia e Svizzera);
- le regioni dell'UE relative a Belgio, Germania, Regno Unito, Austria, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Paesi Bassi, Portogallo, Spagna e Svezia;
- i paesi candidati (Bulgaria, Cipro, Repubblica Ceca, Estonia, Ungheria, Lettonia, Lituania, Malta, Polonia, Romania, Slovacchia, Slovenia e Turchia).

### Principali risultati degli Stati membri e associati

L'UE considerata nel suo complesso primeggia in tre dei 10 indicatori per i quali i dati degli Stati Uniti sono disponibili (laureati in S&I, R&S degli enti pubblici e nuovo capitale raccolto). Escludendo i brevetti USPTO, nei quali la superiorità degli Stati Uniti è scontata, il vantaggio più ampio degli USA sull'Europa si verifica nella quota di valore aggiunto da alta tecnologia nel settore manifatturiero (+155% rispetto all'UE), nei brevetti UEB di alta tecnologia (+78%) e nella quota di popolazione in età lavorativa con istruzione postsecondaria (+72%).

**Tabella 1**  
Leader dell'innovazione tra gli Stati membri dell'UE

N. Indicatore*	Media UE**	Leader UE di risultato			USA	JP
1.1 Laureati S&I / 20-29 anni	10,3***	23,2 (IRL)	18,7 (F)	17,8 (FIN)	10,2	12,5
1.2 Popolazione con istruzione post-secondaria	21,2	32,5 (FIN)	29,7 (S)	28,6 (UK)	36,5	29,9
1.3 Partecipazione alla formazione permanente	8,5	21,7 (UK)	21,6 (S)	20,8 (DK)	-	-
1.4 Occupazione in manifattura medio-alta tecnologia	7,6	11,2 (D)	7,9 (S)	7,4 (FIN)	-	-
1.5 Occupazione in servizi alta tecnologia	3,6	5,1 (S)	4,9 (DK)	4,8 (UK)	-	-
2.1 R&S enti pubblici/PIL	0,67	6,98 (FIN)	0,94 (S)	0,88 (NL)	0,68	0,87
2.2 R&S imprese private /PIL	1,28	2,84 (S)	2,68 (FIN)	1,80 (D)	2,04	2,11
2.3.1 Brevetti UEB alta tecnologia/popolazione	27,8	137,6 (FIN)	95,1 (S)	57,9 (NL)	49,5	36,6
2.3.2 Brevetti USPTO alta tecnologia/popolazione	12,4	47,3 (S)	41,6 (FIN)	22,7 (DK)	91,9	80,0
4.1 Capitale di rischio alta tecnologia/PIL	9,24	0,57 (FIN)	0,46 (DK)	0,44 (B)	-	-
4.2 Nuovo capitale raccolto/PIL	1,7	10,8 (L)	7,9 (E)	6,0 (NL)	0,8	0,0
4.4 Utilizzo domestico di Internet	37,7	63,8 (NL)	60,7 (S)	58,6 (DK)	46,7	34,0
4.5 Spesa TIC/PIL	6,93	9,85 (S)	8,62 (UK)	8,30 (NL)	8,22	8,98
4.6 Valore aggiunto da alta tecnologia in manifattura	10,1	25,4 (IRL)	19,3 (FIN)	15,3 (S)	25,8	13,8

\* Non è stato possibile aggiornare i quattro indicatori CIS che sono pertanto esclusi dalla presente tabella.  
 \*\* La media UE somma il numeratore e il denominatore di tutti i paesi dell'UE.  
 \*\*\* Media non ponderata. I dati non bastano per calcolare una media ponderata.

<sup>1</sup> Maggiori informazioni su questa carta delle tendenze si possono ottenere visitando il sito [www.cordis.lu/trendchart](http://www.cordis.lu/trendchart)



Per ciascun indicatore la tabella 1 presenta la media UE, i tre leader UE e, se disponibili, i risultati per Stati Uniti e Giappone. Come nel 2001, nelle posizioni leader dei quattordici indicatori predominano i piccoli paesi europei. La Svezia compare 11 volte (11 nel 2001), la Finlandia 9 volte (7 nel 2001), i Paesi Bassi 5 volte (6 nel 2001), la Danimarca 4 volte (4 nel 2001) e l'Irlanda 2 volte (2 nel 2001). Quanto alle maggiori economie dell'UE, il Regno Unito si trova 4 volte fra i leader (5 nel 2001), seguito dalla Germania con 3 volte (3 nel 2001). La Francia compare una sola volta e l'Italia è assente. Si tratta di una conferma dei principali risultati del Quadro di valutazione 2001: i leader dell'innovazione dell'UE sono soprattutto i paesi del nord Europa e i Paesi Bassi, mentre i risultati delle economie maggiori, eccettuato il Regno Unito, si collocano in prossimità o al di sotto della media.

In sette dei dieci indicatori comparabili i leader UE superano sia gli Stati Uniti che il Giappone. Irlanda, Francia e Finlandia sono leader in laureati in S&I, Finlandia, Svezia e Paesi Bassi in R&S degli enti pubblici, Svezia e Finlandia in R&S delle imprese private, Finlandia, Svezia e Paesi Bassi in brevetti UEB di alta tecnologia, Lussemburgo, Spagna e Paesi Bassi in nuovo capitale raccolto, Paesi Bassi, Svezia e Danimarca in utilizzo domestico di Internet, Svezia, Regno Unito e Paesi Bassi in spesa per TIC. La superiorità degli Stati Uniti nei brevetti USPTO si conferma anche nei confronti dei paesi leader UE, e gli Stati Uniti superano tutti i paesi UE in valore aggiunto da alta tecnologia nel settore manifatturiero e in istruzione post-secondaria.

## I punti di forza e debolezza relativi

Nella tabella 2 viene presentato un confronto complessivo tra tutti gli Stati membri, paesi associati, Unione Europea, Stati Uniti e Giappone.

**Tabella 2**  
Quadro di valutazione dell'innovazione in Europa 2002 - Stati membri e paesi associati

N. Indicatore	UE*	A	B	D	DK	E	EL	F	FIN	I	IRL	L	NL	P	S	UK	US	JP	CH**	IS**	NO**
1.1 Nuovi laureati S&I	10,3	7,1	9,7	8,2	8,3	9,9	3,8	18,7	17,8	5,6	23,2	1,8	5,8	6,2	11,6	16,2	10,2	12,5	2,5	8,4	7,9
1.2 Popolazione con istruzione post-secondaria	21,22	14,52	27,82	23,84	26,48	23,06	17,08	22,98	32,47	10,29	22,24	18,28	24,02	10,17	29,71	28,63	36,51	29,85	25,40	23,75	33,81
1.3 Partecipazione alla formazione permanente	8,5	7,8	7,3	5,2	20,8	4,7	1,4	2,7	19,3	5,1	5,2	5,3	16,3	3,3	21,6	21,7	-	-	18,3	23,5	14,2
1.4 Occupazione in manifattura a medio-alta e alta tecnologia	7,57	6,48	6,57	11,21	6,99	5,46	2,22	7,16	7,44	7,42	7,28	2,03	4,29	3,57	7,90	7,18	-	-	8,10	1,75	4,18
1.5 Occupazione in servizi ad alta tecnologia	3,61	3,03	4,08	3,21	4,94	2,62	1,70	4,08	4,40	3,05	4,11	3,06	4,16	1,43	5,13	4,75	-	-	4,10	5,50	4,37
2.1 R&S di enti pubblici/PIL	0,67	0,65	0,56	0,72	0,75	0,44	0,48	0,77	0,98	0,53	0,33	-	0,88	0,58	0,94	0,66	0,66	0,87	0,69	1,04	0,75
2.2 R&S imprese private/PIL	1,28	1,14	1,45	1,80	1,32	0,52	0,19	1,36	2,68	0,53	0,88	-	1,14	0,17	2,84	1,21	2,04	2,11	1,95	1,86	0,95
2.3.1 Brevetti UEB alta tecnologia/popolazione	27,8	17,0	21,9	43,7	32,2	3,1	0,6	27,8	137,6	6,2	25,3	19,8	57,9	0,9	95,1	27,5	49,5	36,6	-	49,0	15,2
2.3.2 Brevetti USPTO alta tecnologia/popolazione	12,4	8,1	13,9	16,4	22,7	1,4	0,4	14,0	41,6	4,1	6,1	4,6	18,6	0,0	47,3	15,1	91,9	80,0	21,2	21,5	8,3
3.1 Innovazione in proprio PMI***	44,0	59,1	29,4	58,7	59,0	21,6	20,1	36,0	27,4	44,4	62,2	24,5	51,0	21,8	44,8	35,8	-	-	64,3	44,7	36,9
3.2 Innovazione in collaborazione PMI***	11,2	12,9	8,9	14,7	37,4	7,0	6,5	12,0	19,9	4,7	23,2	9,6	13,8	4,5	27,5	15,7	-	-	18,8	22,7	20,5
3.3 Spesa per innovazione***	3,7	3,5	2,1	3,9	4,8	2,4	1,6	3,9	4,3	2,6	3,3	-	3,8	1,7	7,0	3,2	-	-	8,5	-	2,7
4.1 Capitale di rischio in alta tecnologia/PIL	0,24	0,14	0,44	0,07	0,46	0,19	0,16	0,24	0,57	0,20	0,31	-	0,23	0,03	0,39	0,24	-	-	0,24	0,49	0,33
4.2 Nuovo capitale	1,73	0,60	2,37	0,95	0,14	7,92	1,57	0,82	0,38	0,67	1,21	10,81	5,97	0,22	3,07	1,01	0,81	0,00	5,17	2,53	1,19
4.3 Prodotti nuova commercializzazione ***	6,5	5,6	2,6	7,1	5,1	9,8	-	7,9	7,3	13,5	8,4	-	6,9	7,2	6,9	6,7	-	-	3,4	7,2	4,1
4.4 Utilizzo domestico Internet/famiglie	37,7	47,2	36,4	38,4	58,6	24,7	9,9	30,1	50,2	33,5	47,6	43,0	63,8	26,1	60,7	49,3	46,7	34,0	-	69,7	58,2
4.5 Spesa TIC/PIL	6,93	6,30	7,32	6,89	7,42	4,41	5,09	7,35	6,74	5,17	5,23	8,10	8,30	5,44	9,85	8,62	8,22	8,98	7,80	9,30	5,65
4.6 Valore aggiunto da alta tecnologia in manifattura	10,1	9,9	10,7	6,7	10,7	5,6	-	13,2	19,3	6,8	25,4	-	9,7	5,3	15,3	14,8	25,8	13,8	14,1	-	4,8

\* Medie ponderate basate sulla somma di numeratore e denominatore di tutti i paesi UE. Media non ponderata per l'indicatore 1.1.

\*\* I dati in corsivo sono stime nazionali raccolte dal Gruppo degli alti funzionari di politica dell'innovazione.

\*\*\* I dati degli Stati membri relativi agli indicatori 3.1, 3.2, 3.3 e 4.3 non sono stati aggiornati perché non sono disponibili i dati dell'indagine comunitaria sull'innovazione.

Nella tabella 3, invece, vengono riassunti i punti di forza e di debolezza relativi di ciascuno Stato membro. Vengono riportati come massimo tre risultati o tendenze per indicatore, che si scostano di almeno il 20% (in più o in meno) dalla media UE. In alcuni casi un paese presenta debolezze in tutti gli indicatori significativi – come l'istruzione, la R&S o i brevetti – che vengono quindi trattati come un indicatore unico.

Tutti hanno punti di forza, anche se nei paesi meno innovativi – Grecia, Italia e Portogallo – essi riguardano solo le tendenze. I punti di forza dei leader dell'innovazione vedono una prevalenza dei risultati, fatta eccezione per la Finlandia, dove vi è una forte tendenza in R&S delle imprese private. La tendenza positiva nell'utilizzo domestico di Internet costituisce un punto di forza di sei paesi (Austria, Spagna, Francia, Irlanda, Italia e Portogallo), a dimostrazione della consistente convergenza che caratterizza tale indicatore.

Preoccupano le debolezze di vari paesi in materia di indicatori dell'istruzione. Anche due dei leader innovativi – Danimarca e Paesi Bassi – presentano debolezze relative sia di tendenza che di risultati in laureati in S&I. Germania, Italia e Portogallo sono deboli relativamente a vari indicatori dell'istruzione.

**Tabella 3**

Punti di forza e di debolezza relativi degli Stati membri

Paese	Principali punti di forza relativi	Principali punti di debolezza relativi
<b>Austria</b>	Risultato: utilizzo domestico di Internet (4.4); tendenza: istruzione (1.1 e 1.2)	Risultato: brevetti (US e UEB), finanziamento dell'innovazione (4.1 e 4.2)
<b>Belgio</b>	Risultato: finanziamento dell'innovazione (4.1 e 4.2); istruzione post-secondaria (1.2); tendenza: formazione permanente (1.3)	Tendenza: utilizzo domestico di Internet (4.4) e brevetti UEB
<b>Danimarca</b>	Risultato: formazione permanente (1.3), brevetti US e capitale di rischio (4.1)	Risultato: nuovo capitale raccolto (4.2); tendenza: nuovi laureati S&I (1.1)
<b>Germania</b>	Risultato: brevetti (US e UEB); R&S delle imprese private (2.2) e occupazione in manifattura a medio/alta tecnologia (1.5)	Risultato: finanziamento dell'innovazione (4.1 e 4.2), valore aggiunto da alta tecnologia in manifattura (4.6); tendenza: utilizzo domestico di Internet (4.4) e istruzione (1.1, 1.2, 1.3)
<b>Spagna</b>	Risultato: nuovo capitale raccolto (4.2); tendenza: brevetti US, utilizzo domestico di Internet (4.4)	Risultato: brevetti (US e UEB) e R&S (2.1 e 2.2)
<b>Grecia</b>	Tendenza: R&S (2.1 e 2.2)	Tendenza: brevetti (US e UEB) e utilizzo domestico di Internet (4.4)
<b>Francia</b>	Risultato: laureati S&I (1.1); tendenza: utilizzo domestico di Internet (4.4)	Risultato: formazione permanente (1.3) e nuovo capitale raccolto (4.2); tendenza: formazione permanente
<b>Finlandia</b>	Risultato: brevetti (US e UEB), capitale di rischio (4.1) e formazione permanente (1.3); tendenza: R&S delle imprese private (2.2)	Risultato: nuovo capitale raccolto (4.2)
<b>Irlanda</b>	Risultato: laureati S&I (1.1) e valore aggiunto da alta tecnologia in manifattura (4.6); tendenza: brevetti UEB e utilizzo domestico di Internet (4.4)	Risultato: R&S (2.1 e 2.2), brevetti (US e UEB) e formazione permanente (1.3)
<b>Italia</b>	Tendenza: laureati S&I (1.1) e utilizzo domestico di Internet (4.4)	Risultato: istruzione (1.1, 1.2, 1.3), R&S (2.1, 2.2) e brevetti (US e UEB); tendenza: brevetti UEB
<b>Lussemburgo</b>	Risultato: nuovo capitale raccolto (4.2)	Risultato: laureati S&I (1.1), brevetti (US e UEB) e formazione permanente (1.3)
<b>Paesi Bassi</b>	Risultato: nuovo capitale raccolto (4.2), brevetti (US e UEB) e formazione permanente (1.3)	Risultato: laureati S&I (1.1)
<b>Portogallo</b>	Tendenza: utilizzo domestico di Internet (4.4); laureati S&I (1.1) e R&S (2.1 e 2.2)	Risultato: brevetti (US e UEB), finanziamento (4.1 e 4.2) e istruzione (1.1, 1.2, 1.3)
<b>Svezia</b>	Risultato: brevetti (US e UEB), finanziamento (4.1 e 4.2) e formazione permanente (1.3)	Tendenza: valore aggiunto ad alta tecnologia in manifattura (4.6)
<b>Regno Unito</b>	Risultato: istruzione (1.1, 1.2, 1.3) e valore aggiunto da alta tecnologia in manifattura (4.6)	Risultato: nuovo capitale raccolto (4.2); tendenza: brevetti UEB

## Convergenza e divergenza in materia di innovazione nell'UE

Per raggiungere gli obiettivi di Lisbona le economie UE in fase di rallentamento devono recuperare in materia di innovazione. Si pongono allora due problemi: "quanto variano le tendenze tra gli Stati membri dell'UE?", "le tendenze stanno convergendo?". La tabella 4 presenta le variazioni per ciascun indicatore e la convergenza per i dodici indicatori con dati di tendenza attendibili<sup>2</sup>.

Gli indicatori che presentano la maggiore variazione tra gli Stati membri sono nuovo capitale raccolto, brevetti di alta tecnologia e partecipazione alla formazione permanente. Le variazioni più modeste si verificano nella spesa per TIC e nell'occupazione, sia nei servizi ad alta tecnologia che nella manifattura a medio-alta e alta tecnologia. Merita rilevare che l'indicatore di R&S degli enti pubblici varia di meno della metà di quello di R&S delle imprese private. Il primo presenta inoltre una convergenza temporale dovuta all'adozione da parte degli Stati membri dell'UE di politiche analoghe di finanziamento della R&S. Viceversa la R&S delle imprese private diverge<sup>3</sup>. Di norma convergono tutti gli indicatori che subiscono una marcata influenza delle politiche pubbliche, mentre divergono quelli influenzati dal settore privato. Solo tre indicatori comunque presentano tassi molto elevati di divergenza o convergenza: i brevetti di alta tecnologia US, che presentano una forte divergenza, nonché la formazione permanente e l'utilizzo domestico di Internet, che presentano una forte convergenza. L'andamento di quest'ultimo indicatore è dovuto ai modesti tassi di crescita dei paesi con livello elevato di utilizzo domestico, che hanno raggiunto la saturazione, e agli elevati tassi di crescita di paesi come la Spagna e il Portogallo, con bassi livelli iniziali di utilizzo domestico di Internet.

**Tabella 4**  
Variazione e convergenza degli indicatori tra Stati membri

N.	Indicatore	Variazione Stati membri*		Convergenza**	
1.1	Laureati S&I / 20-29 anni	Media	57,5	Convergente	-7,9
1.2	Popolazione con istruzione post-secondaria	Bassa	31,0	Convergente	-7,4
1.3	Partecipazione alla formazione permanente	Alta	86,9	Convergente	-17,0
1.4	Occupazione in manifattura medio-alta tecnologia	Bassa	30,4	Divergente	1,5
1.5	Occupazione in servizi alta tecnologia	Bassa	29,9	-	0,7
2.1	R&S enti pubblici/PIL	Bassa	27,7	Convergente	-8,9
2.2	R&S imprese private/PIL	Media	63,1	Divergente	9,7
2.3.1	Brevetti UEB alta tecnologia/popolazione	Alta	130,9	-	0,4
2.3.2	Brevetti USPTO alta tecnologia/popolazione	Alta	109,7	Divergente	27,2
4.1	Capitale di rischio alta tecnologia/PIL	Media	61,3	-	-
4.2	Nuovo capitale raccolto/PIL	Alta	178,8	-	-
4.4	Utilizzo domestico di Internet	Bassa	38,2	Convergente	-62,1
4.5	Spesa TIC/PIL	Bassa	21,5	-	0,1
4.6	Valore aggiunto da alta tecnologia in manifattura	Media	55,7	Convergente	-6,7

\* Coefficiente di variazione o CV (deviazione standard/media \*100) tra gli Stati membri UE per i dati disponibili più recenti, utilizzando medie non ponderate. La classificazione della variazione in bassa, media e alta si basa su raggruppamenti dei CV. Sono bassi tutti i CV al di sotto di 40, medi quelli tra 50 e 70, alti quelli al di sopra di 80.

\*\*Variazione percentuale della deviazione standard nei paesi UE tra il primo ed il secondo periodo. Il primo periodo corrisponde alla media dei tre anni prima dell'anno di intervallo. Il secondo periodo è l'anno più recente per cui i dati sono disponibili. Si ipotizza che una variazione entro l'1% (in più o in meno) non indichi né convergenza né divergenza.

<sup>2</sup> La convergenza è espressa sotto forma di variazione percentuale della deviazione standard nei paesi dell'UE nel periodo di cui si tratta. Essa aumenta col diminuire della variazione della deviazione standard.

<sup>3</sup> R&S delle imprese private diverge perché i paesi leader crescono più rapidamente della media UE. In questo caso la divergenza fa aumentare la media UE ed è in quanto tale auspicabile.

## Paesi associati

Sono tre i paesi associati al VI Programma Quadro di R&S dell'Unione Europea e che non appartengono ai paesi candidati ad entrare nell'UE: Islanda, Norvegia e Svizzera. Tra di essi, la Svizzera e Islanda superano la media europea rispettivamente in dieci e undici indicatori, collocandosi idealmente tra i paesi più innovativi dell'UE (tabella 2).

Tuttavia la Svizzera presenta tendenze inferiori alla media UE in sei degli otto indicatori, e induce a ritenere che stia perdendo il suo vantaggio innovativo.

Gli ottimi risultati dell'Islanda relativi a vari indicatori d'innovazione d'impresa (R&S delle imprese private, brevetti e finanziamento) sono in gran parte attribuibili alla sua politica anticipatrice di raggruppamento e di investimenti esteri diretti (FDI) nel settore delle biotecnologie. Lo confermano anche gli eccellenti risultati di tendenza dell'Islanda in tali indicatori, nonché l'aumento dell'occupazione nei servizi ad alta tecnologia.

La Norvegia si trova in posizione intermedia, con dati molto positivi in vari indicatori relativi alle risorse umane, ma al di sotto della media europea per l'innovazione d'impresa. Le tendenze norvegesi sono al di sotto della media UE in otto indicatori su undici; solo nei brevetti USPTO di alta tecnologia la sua tendenza cresce molto più rapidamente della media europea.

## Risultati per le regioni UE

EIS 2002 presenta sette indicatori di innovazione, e il PIL pro capite a livello regionale per gli Stati membri dell'UE. I dati a livello regionale sono importanti per due motivi. In primo luogo le politiche dell'innovazione vengono spesso progettate ed attuate a livello regionale ed anche comunale, oltre che nazionale e europeo. Gli indicatori regionali possono fornire informazioni utili a queste politiche. In secondo luogo, e più significativamente, molte innovazioni si trovano fortemente localizzate in raggruppamenti di imprese e di enti pubblici innovativi, come gli istituti di ricerca e le università. Le politiche pubbliche vanno indirizzate a sostenere tali raggruppamenti e, se possibile, a incentivare nuovi raggruppamenti innovativi in altre regioni. A questo scopo sono spesso necessari vari tipi di interventi politici. Un'efficace progettazione ed attuazione di tali politiche quindi dipende dall'individuazione sia di regioni fortemente innovative, che di regioni meno innovative, ma dotate di potenzialità. Ad altre regioni con attività economiche basate sul turismo, l'agricoltura o l'estrazione di risorse possono servire politiche orientate alla diffusione, che si concentrino sull'adozione piuttosto che sulla creazione di nuove tecnologie.

I sette indicatori regionali elencati alla tabella 5 costituiscono un primo tentativo di fornire dati utili per le politiche regionali. Oggetto dei dati sono le risorse umane, l'occupazione in settori ad alta tecnologia e la creazione di nuova conoscenza mediante R&S e brevetti.

**Tabella 5**  
Indicatori regionali:  
definizioni e anno

N.	Breve definizione	Anno*
1.2	Popolazione con istruzione post-secondaria (% di 25-64 anni)	2001
1.3	Partecipazione alla formazione permanente (% di 25-64 anni)	2001
1.4	Occupazione in manifattura a medio-alta e alta tecnologia (% di forza lavoro totale)	2000
1.5	Occupazione in servizi ad alta tecnologia (% di forza lavoro totale)	2000
2.1	Spesa in R&S enti pubblici (GERD - BERD) (% del PIL)	1999
2.2	Spesa in R&S imprese private (BERD) (% del PIL)	1999
2.3.1	Richieste brevetti di alta tecnologia presso UEB (per milione di abitanti)	2000

\* L'anno più recente per almeno cinque paesi.

Paese	N. regioni	% regioni media paese	Regioni leader (RNSII)**		
Austria	9	22%	Wien (1.45)	Kaernten (1.29)	
Belgio	3	67%	Vlaams Gewest (1.11)	Reg. Bruxelles (1.09)	
Germania	16	25%	Berlin (1.35)	Bayern (1.34)	Baden-Württemberg (1.34)
Spagna	18	28%	Comunidad de Madrid (2.01)	Cataluña (1.34)	Comunidad Foral de Navarra (1.30)
Grecia	13	15%	Attiki (1.39)	Kriti (1.04)	
Francia	22	14%	Ile-de-France (1.69)	Midi-Pyrénées (1.31)	Rhône-Alpes (1.12)
Finlandia	6	33%	Uusimaa (Suuralue) (1.39)	Pohjois-Suomi (1.07)	
Italia	20	20%	Lombardia (1.44)	Piemonte (1.35)	Lazio (1.35)
Irlanda	2	50%	Southern & Eastern (1.12)		
Paesi Bassi	12	33%	Noord-Brabant (1.59)	Utrecht (1.06)	Limburg (1.02)
Portogallo	7	29%	Lisboa E Va Do Tejo (1.39)	Centro (P) (1.01)	
Svezia	8	25%	Stockholm (1.46)	Oestra Mellansverige (1.00)	
Regno Unito	12	25%	Eastern Region (1.48)	South East Region (1.35)	South West Region (1.21)

\* Si tratta degli indicatori 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 2.1, 2.2 e 2.3.1. Alcuni indicatori regionali non sono disponibili o sono incompleti (2.1 e 2.2 per l'Austria, 2.1 per il Belgio e la Svezia, 1.3, 2.1 e 2.2 per l'Irlanda, 2.1 e 2.2 per i Paesi Bassi, e 1.4, 1.5 e 2.3.1 per Grecia, Italia, Portogallo e Spagna).

\*\*RNSII (regional national summary innovation index: indice sintetico dell'innovazione regionale-nazionale) è calcolato sotto forma di media dei valori dell'indicatore indicizzati alla media del paese. Un valore indice superiore (inferiore) a 1.00 indica una situazione regionale superiore (inferiore) alla media nazionale. Non è possibile un confronto RNSII tra i vari paesi.

**Tabella 6**  
Regioni leader dell'innovazione per paese (in base a 7 indicatori)\*

Tuttavia, a causa della limitatezza dei dati, gli indicatori regionali sono portati ad individuare le regioni molto innovative, piuttosto che quelle dotate di potenzialità o che necessitano di politiche orientate alla diffusione.

La scelta di ciò che costituisce una Regione è conforme agli orientamenti della Commissione Europea che prevedono una classificazione concepita soprattutto per soddisfare esigenze politiche e amministrative. Tale classificazione, in verità, non è lo strumento migliore per misurare l'innovazione a livello regionale, tanto è vero che altri progetti introducono, ad esempio, la "zona economica", un concetto che mette in collegamento città innovative e potrebbe risultare più idoneo ad un Quadro regionale di valutazione. Ma i vincoli di disponibilità dei dati hanno reso impossibile scegliere una dimensione regionale diversa.

Sulla base dei dati regionali disponibili si può ipotizzare una relazione positiva tra l'innovazione di una Regione e i suoi risultati economici.

Nella tabella 6 vengono riassunti i risultati della rilevazione dalla quale si evince che le dieci Regioni leader europee si distribuiscono in sette paesi: Stockholm (S), Uusimaa (Suuralue) (FIN), Noord-Brabant (NL), Eastern region (GB), Pohjois-Suomi (FIN), Ile-de-France (F), Bayern (D), South-East region (GB), Comunidad de Madrid (E) e Baden-Württemberg (D).

## Risultati per i paesi candidati

Tredici sono i paesi candidati coinvolti nel processo di allargamento e dodici di essi sono attualmente impegnati nei negoziati di adesione: Bulgaria (BG), Cipro (CY), Estonia (EE), Lettonia (LV), Lituania (LT), Malta (MT), Polonia (PL), Repubblica Ceca (CZ), Romania (RO), Slovacchia (SK), Slovenia (SI) e Ungheria (HU). Con dieci di essi i negoziati si sono conclusi nel dicembre 2002, mentre proseguono con la Bulgaria e la Romania. I negoziati con la Turchia (TR) devono ancora iniziare.

La tabella 7 individua i leader dell'innovazione tra i paesi candidati e riporta le loro

N.	Indicatore*	Media UE**	Media candidati***	Leader dei candidati		
1.1	Laureati S&I 20-29 anni	10,3	6,6	13,1 (SI)	9,4 (LT)	6,8 (EE)
1.2	Popolazione con istruzione post-secondaria	21,2	17,5	45,0 (LT)	29,4 (EE)	26,8 (CY)
1.3	Partecipazione alla formazione permanente	8,5	5,4	16,3 (LV)	9,7 (MT)	5,3 (EE)
1.4	Occupazione in manifattura medio-alta tecnologia	7,6	5,4	9,2 (CZ)	8,8 (HU)	8,7 (SI)
1.5	Occupazione in servizi alta tecnologia	3,6	2,6	3,4 (EE)	3,2 (HU)	3,2 (CZ)
2.1	R&S enti pubblici/PIL	0,67	0,41	0,68 (SI)	0,54 (CZ)	0,53 (EE/LT/TR)
2.2	R&S imprese private/PIL	1,25	0,32	0,83 (SI)	0,81 (CZ)	0,45 (SK)
2.3.1A	Tutti i brevetti UEB/popolazione	152,7	7,1	20,6 (SI)	16,1 (HU)	12,1 (CZ)
2.3.2	Brevetti USPTO alta tecnologia/popolazione	12,4	0,5	2,6 (MT)	0,6 (CZ)	0,5 (LT)
4.1	Capitale di rischio alta tecnologia/PIL	0,24	0,27	0,90 (LT)	0,62 (LV)	0,15 (SI)
4.4A	Utilizzo domestico di Internet	31,4	14,8	30,1 (EE)	30,0 (SI)	25,4 (MT)
4.5	Spesa TIC/PIL	8,0	6,0	9,6 (EE)	9,5 (CZ)	8,9 (HU)
4.6A	FDI in entrata/PIL	30,3	31,3	84,7 (MT)	53,2 (EE)	43,4 (HU)

\* Gli indicatori CIS per l'UE non sono stati aggiornati e sono pertanto esclusi dalla presente tabella.

\*\* Media ponderata basata sulla somma del numeratore e del denominatore di tutti i paesi UE (per l'indicatore 1.1 la media UE non è ponderata).

\*\*\*Media non ponderata per i paesi i cui dati sono disponibili. Mancano i dati per calcolare le medie ponderate.

**Tabella 7**  
Leader dell'innovazione tra i 13 paesi candidati

medie e quelle dell'UE. La tabella fornisce indicatori alternativi solo per i brevetti UEB, l'utilizzo di Internet e gli FDI in entrata. Nessuno dei paesi candidati si colloca al di sopra della media UE relativamente a cinque dei 13 indicatori disponibili: occupazione nei servizi ad alta tecnologia, R&S delle imprese private, tutti i brevetti UEB, brevetti USPTO di alta tecnologia e utilizzo di Internet.

Il confronto tra paesi candidati e UE è favorevole ai primi relativamente alla quota di popolazione attiva con istruzione post-secondaria (con Bulgaria, Cipro, Estonia e Lituania con valori uguali o superiori alla media UE), alla quota di occupazione nel settore manifatturiero ad alta tecnologia (con Repubblica Ceca, Ungheria, Polonia e Slovenia in posizione prossima o superiore alla media UE), alla spesa per TIC (con Repubblica Ceca, Estonia, Ungheria e Slovacchia al di sopra della media UE) e alla quota di investimenti esteri diretti (FDI) in entrata (con Repubblica Ceca, Estonia, Ungheria e Malta al di sopra della media UE).

Tra i paesi candidati sono meno della metà quelli che predominano per capacità innovative, con sei di essi che occupano l'88% delle prime posizioni della tabella 7: Estonia (8), Repubblica Ceca e Slovenia (7 ciascuna), Lituania e Ungheria (5 ciascuna), e Malta (4). La Lettonia compare due volte, Cipro, la Slovacchia e la Turchia una volta sola. Polonia, Romania e Bulgaria non sono mai presenti tra i leader dei paesi candidati.

# Da Rio a Johannesburg: verso lo sviluppo sostenibile

LAURA MARIA PADOVANI  
PAOLA CARRABBA  
BARBARA DI GIOVANNI  
ENEA,  
UTS Biotecnologie, Protezione  
della Salute e degli Ecosistemi



spazio aperto

A dieci anni dalla Conferenza di Rio si può tracciare il percorso svolto e quello concordato verso lo sviluppo sostenibile e fare un bilancio del ruolo perseguito dai vari attori coinvolti e dei risultati raggiunti con le attività e i processi realizzati

## *From Rio to Johannesburg:* towards sustainable development

*Ten years after the Rio Conference, the authors take stock of the agreed plans to further sustainable development, the role played by the various actors, and the results achieved through their activities and processes*

## L'evento di Rio

La Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (United Nations Conference on Environment and Development – UNCED) si svolse a Rio de Janeiro, Brasile, dal 3 al 14 giugno 1992. Vi presero parte 178 governi, rappresentati da 108 capi di Stato e di governo, nonché 2400 rappresentanti di Organizzazioni Non Governative (ONG). Due i temi principalmente discussi, l'ambiente e lo sviluppo sostenibile, da cui scaturirono i seguenti risultati:

- Dichiarazione di Rio sull'Ambiente e lo Sviluppo
- Convenzione sui Cambiamenti Climatici
- Convenzione sulla Diversità Biologica
- Agenda 21
- Principi sulle Foreste

### Problemi e obiettivi

Merito della Conferenza di Rio del 1992 è d'aver riconosciuto a livello internazionale che tutela ambientale e gestione delle risorse naturali sono strettamente connesse a condizioni economiche e sociali.

La correlazione tra ambiente e sviluppo era già stata introdotta dalla Conferenza di Stoccolma del 1972. L'ambiente cessa d'essere un mero diritto dell'uomo e diviene un fattore che va integrato nella valutazione dello sviluppo economico, che deve, pertanto, divenire sostenibile e responsabile.

Nel 1987, la Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo (*World Commission on Environment and Development*) definisce "sviluppo sostenibile" quello che è in grado di soddisfare le necessità delle generazioni presenti senza compromettere i bisogni delle generazioni future. Tale concetto venne successivamente elaborato, in particolare al vertice sociale di Copenaghen, dove si affermò che lo sviluppo sostenibile poggia su tre pilastri: sviluppo economico, sviluppo sociale e protezione dell'ambiente.

Al concetto di sviluppo sostenibile si affianca l'intenzione di voler considerare l'ambiente in maniera olistica, in base alla consapevolezza ormai consolidata che l'ambiente non conosce frontiere e la sua tutela richiede l'azione coordinata e consapevole di tutti i paesi del mondo.

### Modalità e strumenti d'implementazione adottati

La maggiore difficoltà nel porre in essere gli obiettivi individuati nella Conferenza di Rio è stata la divergenza, da sempre esistente, tra concetto di ambiente e concetto di sviluppo, divergenza che si è riproposta nel dialogo tra Nord e Sud del mondo e si è concretizzata nelle diverse pretese dei Paesi in Via di Sviluppo (PVS) nei confronti del mondo occidentale, a proposito del futuro dell'economia e dell'ambiente. Da una parte i paesi ricchi chiedono ai paesi poveri di non ripetere gli stessi errori distruttivi compiuti nel corso dello sviluppo industriale, ma di impegnarsi a salvaguardare l'ambiente a vantaggio dell'intero pianeta. Dall'altra parte i paesi poveri attribuiscono priorità allo sviluppo e non intendono pagare per gli errori commessi dai paesi ricchi a vantaggio di uno sviluppo che, seppure sostenibile, favorirebbe in misura maggiore questi ultimi. L'eterno divario tra Nord e Sud, dunque, ha fatto sì che la più grande conferenza della storia, per numero e livello di partecipazioni, producesse solo dei risultati parziali ai fini del raggiungimento di un accordo.

Il primo risultato sarebbe dovuto essere una "Carta della Terra" che valesse come "soft law", ossia come raccomandazione importante ma non legalmente vincolante nel definire

la  
divergenza  
tra concetto  
di ambiente  
e concetto di  
sviluppo



## Rio 1992: breve percorso storico

### 1972 Conferenza di Stoccolma "Sull'ambiente umano"

I Principi stabiliti:

- la libertà, l'uguaglianza e il diritto ad adeguate condizioni di vita;
- le risorse naturali devono essere protette, preservate, opportunamente razionalizzate per il beneficio delle generazioni future;
- la conservazione della natura deve avere un ruolo importante all'interno dei processi legislativi ed economici degli Stati.

**Club di Roma** • Viene pubblicato il saggio "I Limiti dello Sviluppo"

### 1980 World Conservation Strategy (WCS)

Gli obiettivi:

- mantenimento dei cicli vitali e dei processi ecologici essenziali;
- conservazione della diversità genetica;
- utilizzo "sostenibile" delle specie e degli ecosistemi.

### 1987 Rapporto della World Commission on Environment and Development (WCED)

"Il nostro futuro comune" è noto come Rapporto Brundtland e definisce per la prima volta lo sviluppo sostenibile come: "lo sviluppo che deve rispondere alle necessità del presente senza compromettere le necessità delle generazioni future".

### 1992 United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)

Documenti prodotti:

- Dichiarazione di Rio sull'Ambiente e lo Sviluppo;
- Convenzione sui Cambiamenti Climatici, entrata in vigore il 21 marzo 1994;
- Convenzione sulla Diversità Biologica, entrata in vigore il 29 dicembre 1993;
- Agenda 21;
- Principi sulle Foreste.

### 1994 Carta delle città europee per uno sviluppo durevole e sostenibile (Carta di Aalborg)

Elabora il concetto di sostenibilità, individua le responsabilità ambientali delle città e le impegna a sviluppare politiche ed azioni positive favorevoli a rendere le città sostenibili.

### 1996 Conferenza di Lisbona "Dalla Carta all'azione"

Le città si impegnano ad attuare l'Agenda 21 a livello locale, riconoscendo le proprie responsabilità nella regolamentazione della vita sociale.

### 1997 Trattato di Amsterdam

Art. 2 "La Comunità Europea promuoverà ...uno sviluppo sostenibile, armonioso ed equilibrato delle attività economiche, un alto livello di occupazione e sicurezza sociale, l'uguaglianza tra donne e uomini, una crescita economica sostenibile e non inflazionistica...un alto grado di protezione e miglioramento della qualità dell'ambiente, la crescita degli standard e della qualità della vita, la solidarietà e la coesione sociale ed economica tra gli Stati membri".

#### Protocollo di Kyoto

Impegna i Paesi industrializzati e i Paesi con economia in transizione a ridurre le emissioni di gas in grado di alterare l'effetto serra del pianeta entro il 2010.

### 2000 Vertice dell'Aia

Conferma la necessità di controllare le emissioni di gas serra per l'intero globo e di implementare le relazioni internazionali per rendere operativo il Protocollo di Kyoto.

#### G8 Trieste

Tre gli argomenti di discussione dei Ministri dell'Ambiente degli otto maggiori Paesi industrializzati:

- il cambiamento climatico
- lo sviluppo sostenibile
- l'ambiente e la salute

### 2001 G8 Genova

Sempre più attenzione verso povertà, Terzo Mondo, e ambiente. In risalto il distacco tra movimenti pacifisti/ambientalisti e istituzioni dei paesi più industrializzati.

### 2002 Johannesburg

Il Summit pone sempre più in evidenza i temi legati alle problematiche sociali ed economiche dello sviluppo sostenibile rispetto alle tematiche ambientali.

diritti e doveri ecologici degli Stati, sulla quale fondare i principi generali di una sorta di Costituzione ecologica mondiale, per l'ulteriore sviluppo sia del diritto ambientale internazionale che degli ordinamenti interni. Questo obiettivo fu invece sostituito dalla *Dichiarazione di Rio*, costituita da 27 Principi universalmente applicabili, di natura politica piuttosto che giuridica, intesi a guidare l'azione internazionale in conformità a responsabilità ambientali ed economiche.

Lo stesso limite si riscontra nella formulazione delle due Convenzioni stipulate in materia di cambiamenti climatici e di diversità biologica. Queste Convenzioni, seppure rese vincolanti dalla ratifica di un numero cospicuo di Stati, hanno subito l'influenza, nel primo caso della presenza e nel secondo caso dell'assenza, degli Stati Uniti d'America (USA).

A causa delle insistenze degli USA, la *Convenzione sui Cambiamenti Climatici* (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC), il cui obiettivo ultimo è la stabilizzazione delle concentrazioni nell'atmosfera dei gas a effetto serra ad un livello che mitigherebbe pericolose interferenze delle attività umane con il sistema climatico, non contiene obiettivi quantitativi, scadenze temporali, impegni da adempiere. Questi vincoli vennero rimandati al successivo Protocollo di Kyoto nell'ambito della stessa Convenzione, che però ha visto ugualmente il disaccordo degli Stati Uniti e di altri paesi. La *Convenzione sulla Diversità Biologica* (Convention on Biological Diversity - CBD), che mira alla conservazione della diversità biologica, l'uso sostenibile delle sue componenti e la condivisione equa e giusta dei benefici derivanti dall'uso delle risorse genetiche, non è ancora stata ratificata dagli USA.

Altri documenti politici-programmatici prodotti nell'ambito della Conferenza di Rio sono stati l'Agenda 21 e i Principi sulle Foreste.

L'*Agenda 21*, rappresenta il tentativo di stabilire un ampio programma di azioni dirette alla realizzazione dello sviluppo sostenibile a livello globale nel corso del XXI secolo. L'Agenda costituisce un documento di ampia portata composto da 40 capitoli, oltre 100 aree programmatiche e 3000 raccomandazioni. Essa abbraccia settori chiave come l'agricoltura, l'industria e la gestione urbana, un ventaglio di priorità ambientali come la conservazione della biodiversità, la protezione dei mari e degli oceani, il cambiamento climatico, i rifiuti pericolosi, le sostanze chimiche tossiche e l'acqua, oltre ad una serie di aspetti intersettoriali quali il trasferimento tecnologico, la povertà, la popolazione e il commercio. L'Agenda riflette il punto di vista di un ampio gruppo di soggetti e come tale costituisce un programma generale di lungo periodo per lo sviluppo sostenibile nel XXI secolo.

I *Principi sulle foreste* – un declassamento rispetto all'obiettivo iniziale di una Convenzione vincolante – propongono un set di 15 principi non vincolanti intesi a regolare politiche nazionali ed internazionali per la protezione ed una gestione più sostenibile delle risorse delle foreste di tutto il mondo. Nel 1995 è stato creato il Gruppo intergovernativo di esperti per lo studio delle foreste sotto gli auspici della Commissione per lo Sviluppo Sostenibile (CSD) delle Nazioni Unite.

## L'implementazione dei principi di Rio

Nel corso degli anni 90 si sono rilevate diverse tendenze positive di crescita economica, maggiore disponibilità dei servizi sanitari, migliori comunicazioni e trasporti, progressi nel campo delle scienze della vita e delle connesse tecnologie, una maggiore partecipazione della società civile ed una maggiore sensibilizzazione ai problemi ambientali. La

**Dichiarazione  
di Rio:  
27 principi  
di natura  
politica  
piuttosto  
che giuridica**

Conferenza di Rio ha creato ulteriori aspettative per la risoluzione di problemi ambientali e di sviluppo attraverso una cooperazione mondiale per lo sviluppo sostenibile. Tuttavia, le tendenze dei modelli di sviluppo non sono state invertite, al contrario.

### Un bilancio degli ultimi 10 anni

- *Le pressioni sull'ambiente e sulle risorse naturali* sono in aumento. Molte risorse come l'acqua, il terreno, le foreste e il patrimonio ittico vengono già sfruttate oltre i limiti. I rifiuti e le emissioni creano serie minacce alla salute.
- *La popolazione mondiale* ha raggiunto i 6 miliardi e, anche se la sua crescita rallenta, ci si aspetta che arrivi a 9 miliardi nel 2050. Questa espansione interesserà quasi per intero i paesi in via di sviluppo con inevitabili impatti negativi a livello sociale ed ambientale.
- *Il consumo energetico mondiale* ha fatto registrare una crescita significativa. Due miliardi di persone non dispongono di servizi energetici adeguati ed economicamente accessibili. Il legno continua ad essere la principale fonte energetica per un terzo della popolazione mondiale. Il legame tra crescita del prodotto interno lordo (PIL) ed il maggiore uso di energia è stato spezzato nei paesi dell'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico). Le probabilità di un aumento dell'uso di energia nei prossimi decenni sono elevate poiché il passaggio alle fonti energetiche rinnovabili avviene con lentezza.
- *Il consumo idrico* aumenta ogni anno in misura variabile dal 2 al 3%. Il consumo delle risorse di acqua potabile avviene ad un ritmo più veloce di quello che la natura impiega per rinnovarle. Circa un terzo della popolazione mondiale vive attualmente in paesi le cui risorse idriche sono soggette a pressioni più o meno gravi. Il 20% della popolazione mondiale non ha accesso ad acqua potabile sicura. Inoltre, l'inquinamento dei fiumi, dei laghi e delle acque di falda continua ad essere uno dei principali motivi di preoccupazione in tutto il mondo
- *Il degrado del terreno* è in continuo aumento dal 1990, provocando, particolarmente in Africa e in alcuni paesi asiatici e del Medio Oriente, la riduzione dei terreni agricoli disponibili e un'ulteriore perdita annua variabile tra i 5 e i 6 milioni di ettari. Pratiche agricole inadeguate hanno inoltre contribuito al degrado di 562 milioni di ettari, circa il 38% del miliardo e mezzo di ettari di terreno coltivabile nel mondo intero.
- *La biodiversità animale*, il 25% delle specie di mammiferi e l'11% di quelle degli uccelli, è a rischio di estinzione: ciò è dovuto principalmente alla distruzione degli habitat. L'introduzione di nuove specie negli ecosistemi favorisce la diffusione di specie aliene a spese di quelle native.
- *Le foreste*, a livello mondiale, sono diminuite di 56 milioni di ettari, soprattutto foreste vergini, tra il 1990 e il 1995. Un certo incremento delle superfici boschive (circa 9 milioni di ettari) si è registrato nel mondo industrializzato, a seguito sia di specifici programmi di rimboschimento sia per l'abbandono e la conseguente rinaturalizzazione di terreni coltivabili.
- *La produzione di sostanze pericolose* è in crescita, come denuncia lo State of the World 2002. Ciò è fonte di preoccupazione poiché, sia pur conoscendo le quantità prodotte e utilizzate delle sostanze chimiche pericolose, come pesticidi, piombo, mercurio, metalli pesanti e inquinanti organici, è molto difficile quantificare il carico tossico e la potenza inquinante nell'ambiente, anche a causa dei diversi cicli di vita di tali sostanze.

*le pressioni  
sull'ambiente  
e sulle risorse  
naturali sono  
in aumento*

## il divario di reddito tra i ricchi e i poveri continua ad ampliarsi

- *Il patrimonio ittico mondiale* è, al 44%, interamente sfruttato, al 16% è sfruttato oltre il limite, mentre un ulteriore 6% è soggetto al completo esaurimento. Tutto ciò a causa di diversi fattori, primo tra tutti uno sforzo di pesca eccessivo in alcune aree geografiche. Inoltre, il diffondersi della pratica dell'acquacoltura sta provocando danni ad ecosistemi molto fragili e di elevato interesse per la conservazione della biodiversità, interessando sia habitat marini (come nel caso delle barriere coralline) sia zone umide di transizione (come le mangrovie e le zone umide costiere).
- *Il divario di reddito tra i ricchi e i poveri*, all'interno delle nazioni e tra le nazioni, in generale continua ad ampliarsi. A livello mondiale, una persona su cinque vive con meno di un dollaro al giorno. Il numero dei paesi nei quali i bambini malnutriti sono più del 40% è quasi raddoppiato passando da 7 paesi nel 1992 a 13 nel 1998, principalmente nell'Asia meridionale. I paesi poveri altamente indebitati (Heavily Indebted Poor Countries - HIPC) sollevano gravi preoccupazioni: il PIL pro capite è diminuito rispetto al 1992, principalmente a causa della diminuzione delle entrate da esportazioni, di una crescita economica lenta e all'aumento della popolazione. Rispetto ad altri paesi a basso reddito, gli HIPC hanno fatto minori progressi per quanto riguarda la riduzione dell'analfabetismo, della mortalità infantile e il controllo della fertilità.
- *La diffusione dell'istruzione elementare* sta aumentando in molte regioni. Il divario di partecipazione scolastica tra ragazze e ragazzi si sta riducendo e l'alfabetizzazione degli adulti è aumentata durante gli anni 90.
- *Gli indicatori sanitari* sono migliorati con lo sviluppo economico ed un più ampio accesso ai servizi. Sussistono tuttavia sostanziali differenze a livello regionale ed alcune tendenze preoccupanti:
  - i bambini che muoiono prima del quinto anno di età sono ancora il 20% nei paesi in via di sviluppo rispetto a meno dell'1% nei paesi industrializzati. In base alle tendenze attuali, il mondo non sembra essere avviato verso il conseguimento dell'obiettivo indicato dal Comitato Aiuto allo Sviluppo dell'OCSE (OCSE/CAS) di ridurre di due terzi entro il 2015 i tassi di mortalità infantile, in parte a causa del fatto che il 20% della popolazione mondiale non ha accesso ad acqua potabile sicura e una percentuale almeno doppia è priva di strutture sanitarie adeguate;
  - a causa dell'AIDS, la speranza di vita nei paesi in via di sviluppo non è aumentata negli anni 90, facendo rilevare una media di 65 anni sia nel 1993 che nel 1997. Peggio ancora, l'AIDS ha ridotto la speranza di vita in 33 paesi (principalmente nell'Africa subsahariana) rispetto al 1990.

### Le Convenzioni Globali e lo scambio e la condivisione delle informazioni

Dalla Conferenza di Rio del 1992 ad oggi, ciascuna Convenzione internazionale prevede che sia dedicato uno spazio all'informazione rivolta a tutti i portatori di interesse (*stakeholders*), al fine di accrescere la consapevolezza sulla necessità delle misure di salvaguardia e sulla corretta gestione dell'ambiente.

Al fine di facilitare l'implementazione degli obiettivi delle Convenzioni di Rio, è stato necessario fin dall'inizio coordinare e gestire correttamente lo scambio e la condivisione delle informazioni, a livello internazionale e nazionale (Art. 17 e 18 della CBD, Sezione 2 della CCD, Art. 12 della UNFCCC).

Negli ultimi quindici anni sono stati avviati un gran numero di studi sui temi della sostenibilità, la tutela e l'uso razionale delle risorse naturali ed ambientali, mentre il reperimen-

to di informazioni utili ai fini di un uso sostenibile delle risorse risultava non sempre agevole.

Tra l'altro, gli accordi raggiunti nelle varie Convenzioni prevedevano che i risultati delle ricerche dovessero essere adeguatamente diffusi tra i vari paesi firmatari. Lo scambio razionale delle informazioni avrebbe pertanto dovuto perseguire i seguenti obiettivi:

1. facilitare il confronto tra le diverse esperienze relative alla ricerca e alle sue applicazioni;
2. accrescere la consapevolezza dell'uso razionale e la conservazione dell'ambiente nel tempo quale obiettivo comune;
3. evitare la duplicazione degli sforzi di ricerca;
4. fornire gli strumenti a tutti i paesi, in particolare quelli in via di sviluppo, per affrontare le problematiche della gestione sostenibile dell'ambiente, del territorio e della biodiversità;
5. salvaguardare la diversità culturale.

In questi anni, i veicoli più utilizzati per la diffusione delle informazioni scientifiche, tecniche e socioeconomiche sono stati la letteratura specialistica, la partecipazione a congressi e ai corsi di formazione, l'allestimento di campagne informative e l'incentivazione di partenariati attivi nonché di cooperazioni internazionali, attraverso la produzione di sistemi e strumenti informativi, anche multimediali.

Tuttavia, per quanto una buona condivisione delle informazioni sia importante, da sola non è sufficiente a garantire una equa distribuzione dei benefici tra i paesi. Le Convenzioni affrontano questo punto con appositi Articoli e/o Sezioni del testo (Art. 18 della CBD; Sezione 2 della CCD; Art. 4 della UNFCCC), dove si afferma la necessità o l'obbligo di promuovere la cooperazione tecnica e scientifica tra i Paesi firmatari mediante il rafforzamento e lo sviluppo dei mezzi a disposizione di ogni nazione. Le Parti contraenti sono invitate a cooperare nel tempo, dotandosi di uno specifico meccanismo di scambio delle informazioni, il "Clearing-House Mechanism" (CHM), una "rete di reti" costituita in maniera paritetica dai sistemi informativi delle Parti firmatarie e da tutte le fonti di informazione di qualunque detentore, purché rilevanti per l'implementazione delle Convenzioni. Il principale compito del CHM è di individuare e catalogare le informazioni disponibili e di renderle più fruibili alla comunità scientifica, ai decisori e, successivamente, al pubblico. Il CHM dovrebbe essere organizzato come un meccanismo flessibile e decentralizzato che consenta la equa distribuzione e fruizione delle informazioni, basandosi sulle necessità degli utenti, siano essi operatori del settore, decisori o privati cittadini. Le azioni di cooperazione comprendono anche la formazione di personale, lo scambio di esperti, l'istituzione di programmi di ricerca comuni e joint ventures.

Nei primi anni di vita del CHM la sua implementazione venne condotta, come rilevabile da molte analisi critiche, esclusivamente su base volontaristica e dilettantesca. Lo sviluppo del sistema è così avvenuto senza analisi, pianificazione e, soprattutto, risorse adeguate. In molte decisioni della Conferenza delle Parti (Conference of the Parties - COP) della CBD, inoltre, si è adoperato il CHM come "panacea" ai problemi di condivisione delle informazioni e cooperazione tra i paesi, come se questo bastasse a risolvere le croniche mancanze strutturali delle relazioni tra il nord ed il sud del pianeta.

Solo negli ultimi anni si è avvertita l'esigenza di rivedere il meccanismo e realizzare un piano strategico e d'azione per il suo sviluppo, senza tuttavia indicare gli strumenti per l'attuazione o lasciandoli alla completa discrezionalità dei paesi.

L'Unione Europea, tramite la propria Agenzia per l'Ambiente, è stata la prima a finanziare un imponente sistema di ricerca, gestione e condivisione delle informazioni archiviate e catalogate nei propri network. Il limite di questa iniziativa è da ricercarsi nell'assenza di un

*la  
condivisione  
delle  
informazioni,  
da sola non  
garantisce  
una equa  
distribuzione  
dei benefici*

finanziamento che dia sostenibilità nel tempo al sistema. È mancata inoltre un'efficace diffusione delle informazioni contenute nel sistema a favore del settore produttivo, lavorativo e decisionale della Comunità.

### **Ruolo della Commissione per lo Sviluppo Sostenibile nel processo Rio**

La Conferenza di Rio del 1992 ha portato all'istituzione di una Commissione per lo Sviluppo Sostenibile (CSD), dipendente dal Consiglio Sociale ed Economico delle Nazioni Unite (Economic and Social Council - ECOSOC), per assicurare un'effettiva implementazione, monitoraggio e promozione a livello locale, nazionale, regionale e internazionale delle decisioni scaturite dalla Conferenza di Rio e dai successivi lavori delle Convenzioni globali.

Il processo legato alla CSD ha riunito i principali gruppi sulla scena mondiale e messo in moto diverse iniziative (ad esempio quelle relative alle foreste e agli oceani); tuttavia le decisioni della CSD non sembrano avere avuto l'effetto desiderato in termini di realizzazione dello sviluppo sostenibile. Una delle cause potrebbe risiedere nel fatto che la relazione tra l'Agenda di Rio per lo sviluppo sostenibile e le altre iniziative per lo sviluppo dell'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) non è chiara. Come afferma la dichiarazione del vertice del millennio dell'ONU, è necessaria una maggiore coerenza negli obiettivi di sviluppo. L'Agenda 21, d'altro canto, è completa ma priva di priorità e se da un lato prevede numerosi obiettivi, scadenze ed azioni, dall'altro non contempla alcun obiettivo generale che rappresenti una sintesi politica. Inoltre mancano orientamenti su come gli obiettivi, a volte molto ampi, della Agenda 21 debbano tradursi in termini operativi.

La CSD ha avviato diverse iniziative internazionali, compresi i negoziati che hanno portato all'adozione dell'accordo ONU sugli stock ittici (United Nations Fish Stocks Agreement - UNFSA) e l'iniziativa informale consultiva sugli oceani e il diritto del mare (United Nations Open-ended Informal Consultative Process on Oceans and Law of the Sea - UNICPOLOS). In campo forestale, al gruppo intergovernativo di esperti per lo studio delle foreste (Intergovernmental Panel on Forests - IPF) è succeduto il Forum Intergovernativo (Intergovernmental Forum on Forests - IFF) che ha, a sua volta, istituito il Forum delle Nazioni Unite sulle Foreste (United Nations Forum on Forests - UNFF).

Nella 19ª sessione speciale dell'assemblea generale delle Nazioni Unite (Rio+5) del 1997, i governi hanno esaminato i progressi nell'attuazione degli impegni di Rio. Nonostante i progressi riscontrabili, tale verifica è stata contraddistinta dalla insoddisfazione generale per l'effettivo grado di attuazione. I paesi in via di sviluppo sono inoltre rimasti delusi dal fatto che i paesi industrializzati non hanno concretizzato i loro impegni ad aumentare i livelli di aiuto pubblico allo sviluppo (Official Development Assistance - ODA) e dall'assenza di risorse nuove ed aggiuntive sufficienti a far fronte ai maggiori costi derivanti dall'impegno a contrastare problemi di scala mondiale.

L'incontro Rio+5 del 1997 ha tuttavia stabilito due nuovi importanti obiettivi:

- conseguire maggiori progressi misurabili;
- disporre di strategie di sviluppo sostenibile a livello nazionale entro il termine previsto per il riesame successivo, quello del 2002. Si presta nuova attenzione a settori economici chiave, in particolare per quanto riguarda l'energia, i trasporti e il turismo.

Al fine di delineare un'agenda equilibrata e lungimirante per la scadenza di Rio+10 (Johannesburg 2002), la CSD ha rilevato come occorrerebbe affrontare in maniera integrata quattro temi strettamente connessi tra loro:

- proteggere la base delle risorse naturali dello sviluppo economico;
- integrare gli aspetti ambientali con l'eliminazione della povertà;

necessaria  
una  
maggiore  
coerenza  
negli  
obiettivi di  
sviluppo

- rendere sostenibile la globalizzazione;
- rafforzare il buon governo e la partecipazione.

La CSD ha individuato alcuni aspetti fondamentali relativi alle risorse naturali nei quali la cooperazione mondiale si è rivelata particolarmente difficile. Tra questi aspetti, che verranno approfonditi in seguito, risaltano l'energia, l'acqua potabile e il degrado dei suoli.

### Ruolo e punti di vista delle ONG

La Conferenza di Rio del 1992 è stata caratterizzata dal considerevole numero di presenze di Organizzazioni Non Governative al processo dello sviluppo sostenibile. L'Agenda 21 identifica nove gruppi quali principali partner dei governi nell'attuazione degli accordi di Rio a livello mondiale:

1. il mondo degli affari e l'industria;
2. gli agricoltori;
3. le autorità locali;
4. le comunità scientifiche e tecnologiche;
5. i bambini ed i giovani;
6. le popolazioni indigene;
7. le organizzazioni non governative;
8. le donne;
9. i lavoratori ed i sindacati.

Le ONG durante il vertice di Rio si sono riunite in un "Foro Globale", svoltosi dall'1 al 15 giugno 1992, nel corso del quale sono stati discussi i seguenti temi:

- dichiarazioni e principi generali;
- educazione, comunicazione e cooperazione;
- temi economici alternativi;
- consumo, povertà, alimentazione e sussistenza;
- clima, energia e rifiuti;
- terra e risorse naturali;
- mari ed oceani;
- biodiversità e biotecnologia;
- temi trasversali.

Le dichiarazioni ed i principi generali – ossia la Dichiarazione delle Popolazioni Terrestri; la Dichiarazione di Rio; la Carta della Terra; gli Impegni Etici al Comportamento ed alla Condizione Ecologica Globale – contengono messaggi forti e precisi, indirizzati principalmente ai capi di governo, responsabili di non tenere in giusto conto molte delle cause fondamentali della crescente alterazione ecologica e sociale del nostro pianeta. Si condanna il processo di integrazione economica globale, imposto dai paesi più ricchi, che limita il diritto sovrano e la capacità degli altri paesi di tutelare i propri interessi economici, sociali, culturali ed ambientali. Si ribadisce l'importanza del ruolo svolto dalle donne e dalle popolazioni indigene nello sviluppo sostenibile. Si assume l'impegno di voler "sradicare la povertà, promuovere la giustizia sociale ed il benessere economico, spirituale, culturale ed ecologico" (Principio 15, Carta della Terra, Rio de Janeiro, 1992).

Nella politica per uno sviluppo sostenibile valgono alcuni principi irrinunciabili. I conflitti d'interesse devono essere risolti secondo le regole dei diritti legittimi e non secondo la legge del più forte. Tutte le decisioni importanti devono essere trasparenti e concordate con il coinvolgimento di tutti i soggetti interessati: Organizzazioni Non Governative, associazioni ambientaliste ed autorità locali. Le autorità locali dovrebbero intraprendere un processo di consultazione con le popolazioni per raggiungere il consenso sull'Agenda 21

*le decisioni  
importanti  
devono  
essere  
trasparenti e  
concordate  
con i  
soggetti  
interessati*

locale ed accrescere la consapevolezza sulle tematiche relative allo sviluppo sostenibile. In particolare, si chiede un maggior coinvolgimento delle donne, del settore privato, delle comunità indigene e locali e della comunità civile nello sviluppo ed attuazione dei processi di pianificazione.

## Un bilancio delle Convenzioni

### L'Unione Europea

L'Unione Europea (UE) ha preso parte tanto al processo di preparazione dell'UNCED quanto al processo partecipativo e di attuazione delle Convenzioni e dei Protocolli che da Rio sono scaturiti, in qualità di Parte firmataria, con un'azione attiva di coordinamento di posizioni comuni tra i Paesi facenti parte dell'Unione.

Il percorso europeo sulla strada della sostenibilità è iniziato con il V Programma di Azione Ambientale (*Per uno sviluppo durevole e sostenibile*), proseguendo con il trattato di Amsterdam e i Consigli europei di Cardiff, di Helsinki e di Göteborg. A questi si sono affiancate le partecipazioni al CSD dell'ONU e ai vari gruppi di lavoro tecnici sulle diverse problematiche affrontate. Il lavoro fin qui svolto è risultato molto importante dal punto di vista della formazione dell'opinione pubblica e dell'aumento di consapevolezza sulle questioni relative ad uno sviluppo compatibile con l'ambiente.

### Tappe dell'Unione Europea verso lo sviluppo sostenibile

- Giugno 1992** Rio de Janeiro - Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED).
- Febbraio 1993** V Programma d'Azione Ambientale della Comunità Europea: "Per uno sviluppo durevole e sostenibile".
- Giugno 1997** Amsterdam. Lo sviluppo sostenibile diventa uno degli obiettivi fondamentali del trattato di Amsterdam. La richiesta principale è quella di integrare le considerazioni ambientali negli altri settori (Trattato di Amsterdam).
- Giugno 1998** Cardiff. Il Consiglio d'Europa chiede ufficialmente che le principali politiche economiche e settoriali (agricoltura, trasporti, energia, mercato unico, industria, finanza, sviluppo) facciano proprie anche le responsabilità in termini di impatto sull'ambiente e sviluppo sostenibile.
- Dicembre 1999** Helsinki. Il Consiglio d'Europa rivaluta la transizione verso lo sviluppo sostenibile e decide di concordare strategie d'azione coesive.
- Aprile 2000** New York – CSD. L'UE, nel corso del CSD 8, propone i seguenti temi da inserire nel programma dei lavori del Summit di Johannesburg:
- povertà ed ambiente: la dimensione sociale dello sviluppo sostenibile;
  - risorse naturali: arrestarne il declino attraverso una maggiore efficienza nell'uso delle risorse;
  - ambiente e sicurezza: la potenziale minaccia di conflitti a causa delle pressioni ambientali;
  - strategie per lo sviluppo sostenibile: attuazione a livello nazionale e locale di iniziative idonee;



- rafforzamento del quadro istituzionale nazionale ed internazionale per lo sviluppo sostenibile;
- CSD: riesame del futuro programma di lavoro.

**Giugno 2001** Göteborg. Il Consiglio d'Europa adotta una strategia coesiva per uno sviluppo economicamente, socialmente ed ecologicamente sostenibile (*EU Sustainable Development Strategy*) e presenta nove strategie d'integrazione delle politiche ambientali nei diversi settori socio-economici, al fine di raggiungere uno sviluppo europeo il più possibile sostenibile.

**Maggio 2002** New York. L'UE ratifica il Protocollo di Kyoto.

**Giugno 2002** Nairobi. L'UE ratifica il Protocollo sulla Biosicurezza.

### I risultati concreti

Dal 1992 l'UE ha seguito una strada congruente agli impegni assunti a livello internazionale lavorando per un inserimento dei principi dello sviluppo sostenibile all'interno delle diverse politiche settoriali comunitarie.

I risvolti più interessanti hanno riguardato la filosofia dello sviluppo delle politiche settoriali, dove in maniera sempre più pervasiva compaiono riferimenti e provvedimenti legati alla sostenibilità. Da un punto di vista pratico, i riferimenti alla sostenibilità sono stati alla base dell'individuazione degli assi prioritari di intervento dei fondi strutturali (*Agenda 2000*), e, più recentemente, hanno portato alla formulazione della "Strategia per lo sviluppo sostenibile" e del VI Programma di Azione Ambientale.

La formulazione del VI Programma d'Azione per l'Ambiente aggiunge un ulteriore mattone alla costruzione di una politica europea sociale ed economica compatibile con l'ambiente. Una delle notazioni più interessanti che si può fare a questo proposito è il metodo che l'UE ha scelto per giungere alla definizione di questo programma, che è quello della più vasta partecipazione della società, dei cittadini, del mondo scientifico e, in generale, di tutti i portatori di interesse.

Il Sesto Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo fissa gli obiettivi e le priorità ambientali che faranno parte integrante della strategia della Comunità europea per lo sviluppo sostenibile e per le politiche ambientali nell'arco dei prossimi cinque-dieci anni ed illustra in dettaglio le misure da intraprendere.

Il programma è imperniato sulle seguenti tematiche prioritarie, suddivise in quattro voci principali:

- cambiamento climatico;
- natura e biodiversità;
- ambiente e salute;
- gestione sostenibile delle risorse naturali e dei rifiuti.

Esso sarà soggetto a riesame nel 2005 e riveduto e corretto, ove necessario, per dare riscontro a nuovi sviluppi e nuove informazioni eventualmente raccolte.

Pur concentrandosi sulle azioni e gli impegni che devono essere intrapresi a livello comunitario, il programma identifica anche misure e responsabilità che spettano agli organismi locali, nazionali e regionali nonché ai diversi settori economici.

Il programma propone inoltre cinque indirizzi prioritari di azione strategica, che potranno essere di ausilio nel perseguimento degli obiettivi ambientali dell'UE:

- migliorare l'attuazione della normativa vigente;
- integrare le problematiche ambientali nelle decisioni prese in seno ad altre politiche;
- collaborare con il mercato per il tramite di imprese e consumatori;

*è in crescita  
una politica  
europea  
sociale ed  
economica  
compatibile  
con  
l'ambiente*

- responsabilizzare il privato cittadino e aiutarlo a modificare il proprio comportamento;
- incoraggiare una migliore pianificazione e gestione territoriale.

### L'UE e le foreste

Per quanto riguarda la sostenibilità in ambito forestale, l'UE ha affrontato la questione a metà degli anni Ottanta con le dichiarazioni di cooperazione della Comunità in occasione dell'inserimento nella convenzione di Lomé III di un capitolo sulla siccità e sulla desertificazione. In seguito, la Commissione ha istituito una linea di bilancio per la conservazione delle foreste tropicali (regolamento 3062/95) ed ha integrato il problema della deforestazione nella Convenzione di Lomé IV. La Comunità rispetta inoltre gli impegni presi a livello internazionale.

L'obiettivo generale della cooperazione allo sviluppo forestale della Comunità europea è di mantenere un'adeguata superficie forestale e migliorare la gestione delle foreste nei paesi in via di sviluppo, contribuendo alla salvaguardia dell'ambiente a livello locale, regionale e globale e ad uno sviluppo generale di tipo sostenibile.

Gli obiettivi specifici del settore forestale, da raggiungere grazie al sostegno dei programmi di aiuti dell'UE, sono quindi i seguenti:

- riduzione della deforestazione non controllata e del degrado forestale;
- aumento dell'estensione delle zone in cui si pratica una gestione forestale sostenibile;
- aumento dei rendimenti dei prodotti forestali e loro distribuzione più equa;
- tutela delle risorse genetiche e della biodiversità;
- sviluppo della ricerca per una conoscenza più approfondita delle foreste.

*L'UE tende a rivestire un ruolo guida anche per l'area euro-mediterranea*

### L'UE a Johannesburg

Avendo partecipato in modo così attivo al percorso di definizione ed applicazione dei principi dello sviluppo sostenibile, per l'UE il vertice di Johannesburg del 2002 è stato un momento di verifica del lavoro svolto a livello internazionale e di confronto sulle difficoltà di applicazione dei suoi principi. Su questi temi la tendenza dell'UE è stata quella di continuare a rivestire un ruolo guida sia per i paesi europei membri dell'Unione sia per tutta l'area euro-mediterranea, oltre che a proseguire nelle numerose attività legate alla cooperazione internazionale.

Una delle maggiori difficoltà riscontrate dall'UE nell'attuazione dei principi di Rio, è quella della disponibilità finanziaria. Tale difficoltà si riflette negativamente sul trasferimento tecnologico e sulla formazione di capacità, anche all'interno dello stesso ambito europeo. Queste difficoltà rafforzano, tuttavia, la necessità di disporre di una strategia europea per lo sviluppo sostenibile solida e ambiziosa, che rappresenti la sintesi: delle strategie settoriali avviate a Cardiff; del previsto piano di azione ambientale; di efficaci piani di azione per la biodiversità, per lo sviluppo, per il cambiamento climatico e per le sostanze chimiche. Altrettanto vitali saranno la nuova politica in materia di sviluppo ed una maggiore coerenza tra le politiche ambientali, di sviluppo, del commercio, delle energie, dei trasporti, dell'agricoltura, della pesca e di ricerca e sviluppo tecnologico, che, nel loro insieme, contribuiranno sostanzialmente a fornire gli elementi per definire la posizione dell'UE nel 2002.

Per quanto riguarda le attività legate alla cooperazione allo sviluppo, centrali per l'attuazione dell'Agenda di Rio, l'Unione Europea si propone di attuare programmi nell'ambito di sei aree ritenute cruciali, quali: il commercio e lo sviluppo; l'integrazione e la cooperazione regionale; il sostegno alle politiche macroeconomiche e ai settori sociali; i trasporti; la sicurezza alimentare e lo sviluppo rurale sostenibile; la creazione di capacità istituzionali e buon governo.

## I piani di sviluppo sostenibile degli Stati

La CSD, incaricata di organizzare la Conferenza di Johannesburg, ha prodotto un rapporto (*Implementing Agenda 21*) preparato sulla base dei rapporti presentati dai gruppi di lavoro delle Nazioni Unite sui diversi capitoli dell'Agenda 21. Questo rapporto rappresenta il documento descrittivo della situazione mondiale rispetto allo Sviluppo Sostenibile e alla sua implementazione.

L'analisi effettuata dalla CSD a 10 anni da Rio rileva che, nonostante le iniziative intraprese dai Governi e da numerosi attori economici e sociali per perseguire uno sviluppo caratterizzato dalla sostenibilità, i progressi verso gli obiettivi indicati dalla Conferenza di Rio sono più lenti di quanto non sarebbe auspicabile e, per alcuni aspetti, le condizioni attuali sono peggiori di quelle di 10 anni fa.

La CSD denuncia una lacuna nel processo di implementazione dello sviluppo sostenibile, particolarmente evidente in quattro aree.

La prima riguarda la difficoltà di realizzare un approccio realmente integrato nelle politiche settoriali, che dovrebbero sposare le possibilità dello sviluppo con le necessità dell'ambiente ma continuano, in generale, a presentare un approccio frammentato.

La seconda si riferisce al mancato cambiamento dei modelli economici di produzione e consumo rispetto a quelli del 1992. I sistemi di valore riflessi in questi modelli sono quelli che determinano il tipo di utilizzo delle risorse e il grado di impatto sui sistemi naturali di supporto alla vita. La CSD nel suo rapporto sostiene che, sebbene i cambiamenti richiesti per convertire la società a modelli di consumo e produzione sostenibili non siano facili, è imperativo riuscire in tali cambiamenti. Il commento potrebbe essere che, forse, cambiamenti così radicali (di mentalità, oltre che di comportamento) e su una scala così ampia, richiedono tempi superiori al decennio.

La terza area riguarda la mancanza di coerenza reciproca e di approccio tra il mondo finanziario, quello del commercio, quello degli investimenti, della tecnologia e dello sviluppo sostenibile. La CSD sostiene che le politiche in questi settori restano ancora divise e governate da considerazioni a breve piuttosto che a lungo termine, come sarebbe invece necessario ai fini dell'uso sostenibile delle risorse naturali.

La quarta è che le risorse economiche necessarie all'implementazione dell'Agenda 21 non sono state realmente disponibili: le risorse pubbliche e private non sono state sufficienti e gli investimenti hanno riguardato pochi paesi e solo alcuni settori.

Un aiuto ai fini dello sviluppo sostenibile è venuto dal lavoro svolto in questi dieci anni dalle Convenzioni scaturite da Rio che, oltre a portare avanti le loro problematiche peculiari, hanno contribuito all'aumento di consapevolezza globale sulla necessità di uno sviluppo sostenibile.

Quello che in qualche modo ha invece rallentato il processo di Rio in questi 10 anni sono stati i cambiamenti legati alla globalizzazione, ai disordini sociali in molte parti del mondo, alla diffusione di malattie come l'HIV, che creano squilibri molto forti in alcune aree già socialmente ed economicamente svantaggiate.

Tra settembre 2001 e giugno 2002, in preparazione al Summit di Johannesburg, si sono tenuti numerosi meeting intergovernativi su base geografica e internazionale, nei quali gli Stati partecipanti hanno suggerito gli aspetti più significativi che dovrebbero emergere dal Summit. Anche se si notano differenze nelle priorità regionali, alcuni punti ritornano come obiettivi comuni, e testimoniano i principali problemi da superare a livello internazionale sulla strada della sostenibilità.

I punti emersi più di frequente sono stati:

- la necessità di riaffermare i principi di Rio;

*c'è un  
aumento di  
consapevo-  
lezza globale  
sulla  
necessità di  
uno sviluppo  
sostenibile*

- dar vita a specifiche iniziative nelle aree del commercio, della finanza, degli investimenti, della tecnologia e dell'information technology;
- raggiungere una maggiore conoscenza dei legami esistenti tra ambiente, povertà, commercio e sicurezza nel campo sociale e sanitario;
- incoraggiare metodi sostenibili di consumo e produzione, soprattutto nel campo dell'efficienza energetica;
- perseguire una migliore gestione delle risorse naturali;
- promuovere un'agricoltura sostenibile e lo sviluppo rurale;
- promuovere l'accesso globale all'energia, anche diffondendo le tecnologie per ottenere energia rinnovabile;
- promuovere iniziative per una effettiva pianificazione e gestione delle aree urbane e metropolitane;
- promuovere iniziative per la diffusione dei servizi sanitari, dell'educazione, formazione e lavoro per i giovani;
- identificare nuovi canali per il finanziamento delle iniziative;
- cancellare il debito dei paesi più poveri;
- garantire l'accesso al mercato e il trasferimento delle tecnologie (*capacity building*), individuare le iniziative più opportune per la creazione di cornici istituzionali per lo sviluppo sostenibile a livello nazionale, regionale e internazionale.

pace e  
sicurezza  
prerequisiti  
fondamentali  
dello  
sviluppo  
sostenibile

Nel prossimo futuro si possono prevedere ulteriori difficoltà legate ai recenti eventi terroristici e bellici, che certo non favoriranno il dialogo internazionale verso lo sviluppo sostenibile. Dai meeting di preparazione al Summit è invece emerso come la pace e la sicurezza siano considerati prerequisiti fondamentali per il perseguimento dello sviluppo sostenibile. Il processo di Rio si è sviluppato, in questi anni, soprattutto a livello internazionale, a fronte di poche e puntuali iniziative a livello dei singoli Stati. Pure, gli Stati sono quelli attraverso i quali dovrà necessariamente passare la reale implementazione degli impegni assunti a livello internazionale sui singoli temi dello sviluppo sostenibile. Chi è riuscito in maniera più fattiva a dare vita ad iniziative concrete, almeno dal punto di vista politico, è stato l'UE.

### Il caso italiano

Per quel che riguarda la presenza internazionale alle tre Convenzioni di Rio, l'Italia assicura la partecipazione di suoi rappresentanti alle riunioni della Conferenza delle Parti, dell'Organo Tecnico-Scientifico, nonché di esperti su temi specifici delle Convenzioni. L'attività internazionale dell'Italia ha incluso anche la revisione di documenti e la partecipazione a conferenze elettroniche, così come il distaccamento di funzionari italiani presso i Segretariati delle Convenzioni, finanziati dal governo italiano.

L'impegno dell'Italia nella messa in atto delle Convenzioni si è concretizzato anche nell'organizzazione di riunioni internazionali.

Per la *Convenzione sulla Diversità Biologica*, qui di seguito si fa riferimento agli incontri internazionali più importanti:

- il Simposio Internazionale sulla Diversità Biologica Mediterranea, organizzato dall'ENEA, nel quadro di una convenzione con il Servizio Conservazione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (MATT), a Roma il 14-15 ottobre 1996. Lo scopo era di discutere, e se possibile concorrere, alla definizione di alcune proposte circa il monitoraggio, la conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità e delle sue componenti nel bacino del Mediterraneo;
- la seconda riunione internazionale di esperti sul *Clearing-House Mechanism*, organizza-

ta dall'ENEA, quale *National Focal Point*, nell'ambito del VII Convegno internazionale sull'Ecologia a Firenze, 20-23 luglio 1998;

- una serie di incontri sono stati organizzati da Food and Agriculture Organisation (FAO), l'organizzazione delle Nazioni Unite con sede a Roma, su temi di specifico rilievo per l'organizzazione stessa. Tra questi:
  1. "First Liaison Group on Agricultural Biological Diversity", 20-22 settembre 1999;
  2. "Second Liaison Group on Agricultural Biological Diversity", 24-26 gennaio 2001;
  3. "Ad hoc technical expert group on mariculture", 1-5 luglio 2002.
- "L'impatto del TRIPs/WTO (Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights/ World Trade Organization) sulla conservazione ed uso sostenibile delle risorse genetiche in Italia e nei Paesi in via di sviluppo", organizzato dall'Istituto Agronomico per l'Oltremare (IAO) in collaborazione con il Ministero degli Affari Esteri a Firenze, 13 maggio 1999;
- "Il ruolo delle risorse naturali e delle tradizioni locali per lo sviluppo sostenibile", svoltosi ad Enna, Sicilia, 23-24 giugno 2000.

In Italia è stato organizzato il primo incontro della Conferenza delle Parti della *Convenzione per la Lotta alla Desertificazione* (Convention to Combat Desertification - CCD), svoltosi a Roma dal 29 settembre al 10 ottobre 1997. Nel corso della quinta riunione COP della Convenzione sulla Desertificazione è stato deciso di istituire un Comitato per la Revisione dell'Implementazione della Convenzione (CRIC) come organo sussidiario della Convenzione, allo scopo di effettuare regolarmente la revisione della attuazione della stessa. La prima riunione del CRIC si è tenuta a Roma presso la FAO, dall'11 al 22 Novembre 2002.

Nessun incontro della Conferenza sui Cambiamenti Climatici è stato finora organizzato in Italia.

### La Convenzione sulla Diversità Biologica

Per quanto riguarda le competenze e gli obblighi assunti dall'Italia con la ratifica di questa Convenzione, al MATT, Servizio Conservazione della Natura, compete l'attuazione della Convenzione nello Stato italiano, in qualità di punto nazionale focale (*National Focal Point*). Con Delibera del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) del marzo 1994, l'Italia ha presentato un documento intitolato: "Linee strategiche e primo programma di attuazione della biodiversità in Italia", identificando linee guida per la predisposizione del Piano nazionale per la biodiversità, in accordo con l'art. 6, comma a), della Convenzione, la quale prevede che ciascuna parte contraente "sviluppi strategie, piani o programmi nazionali per la conservazione e l'uso durevole della diversità biologica o adatti a tal fine le sue strategie, piani o programmi esistenti che tengano conto, inter alia, dei provvedimenti che la riguardano, stabiliti nella presente Convenzione".

L'Italia non ha ancora approvato un Piano nazionale per la Biodiversità, anche se le passate legislature hanno visto la redazione di due diverse versioni di un Piano. Sono invece stati redatti e presentati al Segretariato della Convenzione sulla Biodiversità due Rapporti Nazionali sullo stato di implementazione in Italia della Convenzione sulla Diversità Biologica, rispettivamente nel 1998 e nel 2001, che possono essere consultati al seguente indirizzo: <http://www.biodiv.org>

Dall'analisi dell'ultimo rapporto, presentato nel settembre 2001, si evince che l'attuazione della Convenzione, negli otto anni intercorsi dalla sua ratifica, è stata realizzata soprattutto sui seguenti temi:

**istituire un Comitato per la Revisione dell'Implementazione della Convenzione sulla Desertificazione**

***l'Italia ha ratificato il Protocollo di Kyoto nel giugno 2002***

- delle cinque aree tematiche e rispettivi programmi di lavoro approvati dalla Conferenza delle Parti alla Convenzione (biodiversità marina e costiera; biodiversità delle acque interne; biodiversità agricola; biodiversità forestale; biodiversità delle aree aride e semi aride) alta priorità è stata data solo alla biodiversità marina e costiera, con la costituzione di 16 aree marine protette ed altre 33 attualmente in via di istituzione;
- per la conservazione in situ, in Italia ci sono 670 aree protette, di cui 21 parchi nazionali; 110 parchi regionali; 16 riserve marine; 143 riserve naturali dello Stato; 252 riserve naturali regionali e 128 altre aree protette. Si è calcolato che dal 1993 al 2000 la superficie nazionale delle aree protette è aumentata del 47%;
- sulla identificazione, monitoraggio, valutazione e indicatori di biodiversità, un "Rapporto sullo Stato dell'Ambiente" è stato pubblicato nel febbraio 2001 dal MATT, con ampio riferimento allo stato attuale della biodiversità in Italia, incluse indicazioni sui pericoli, sulle specie e gli habitat di rilievo, nonché una lista delle aree protette;
- per l'impatto ambientale, sono state approvate e pubblicate nel 1999 dal MATT delle "Linee guida nazionali per la valutazione d'impatto strategico". Tra gli obiettivi si menziona la conservazione della diversità biologica;
- la cooperazione tecnico scientifica si è assicurata con la creazione del "Clearing-House Mechanism" (CHM) nel novembre 1996. Il Ministero degli Affari Esteri ha approvato, nel luglio 2000, un piano d'azione per la cooperazione tecnico scientifica con alcuni paesi in via di sviluppo, basandosi sulle priorità della politica estera italiana nell'attuazione della Convenzione;
- l'Italia ha inoltre firmato il Protocollo di Cartagena sulla Biosicurezza nel maggio 2000. Il MATT ha sovvenzionato la partecipazione del Centro Internazionale per l'Ingegneria Genetica e Biotecnologie (ICGEB) di Trieste alla fase pilota del "Biosafety Clearing House" (BCH), quale meccanismo di ricerca per le valutazioni ufficiali di rischio di Organismi Geneticamente Modificati.

**La Convenzione sui Cambiamenti Climatici**

Il 29 maggio 2002 è stato approvato definitivamente dal Senato il disegno di legge di ratifica del Protocollo di Kyoto che consentirà di ridurre le emissioni di gas responsabili dell'effetto serra e del surriscaldamento del pianeta. Dal disegno di legge è scomparso ogni riferimento all'energia nucleare. In particolare, il testo proposto inizialmente dal governo è stato modificato con l'inserimento di una norma nella quale si stabilisce che, tra le misure per la riduzione di emissione di gas serra, saranno conteggiate anche le partecipazioni di imprese italiane ad iniziative per la costruzione, ristrutturazione e messa in sicurezza di impianti di energia, ma si sottolinea che quegli impianti non sono, né possono intendersi, come centrali nucleari. I paesi che rispetteranno il Protocollo e contribuiranno a disinquinare il pianeta, perciò, non potranno ricorrere all'utilizzo dell'energia nucleare.

L'Italia ha ratificato il Protocollo il 1° giugno 2002, giorno della sua ratifica da parte dell'Unione Europea e dei suoi Stati membri (Legge 1° giugno 2002, n° 120).

***Le misure per la riduzione dei gas serra***

Il "Piano nazionale di riduzione delle emissioni di gas serra", elaborato dal Ministero per la Protezione dell'Ambiente e della Tutela del Territorio per rispettare gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra del 6,5% (rispetto al 1990) entro il 2008-2012, come stabilito dal Protocollo di Kyoto, individua tre modalità di intervento:

- a) l'attuazione delle misure già adottate ed avviate, soprattutto in campo energetico (che comporterà una riduzione delle emissioni di 52 milioni di tonnellate);
- b) l'attuazione di misure nel settore agricolo e forestale che aumentino la capacità di assorbimento del carbonio;
- c) l'attuazione di ulteriori misure.

#### a) *Misure già adottate*

Tra le misure già adottate sono inclusi i seguenti interventi:

1. realizzazione di nuovi impianti a ciclo combinato e di nuove linee di importazione di gas ed elettricità dall'estero;
2. ulteriore crescita delle energie rinnovabili;
3. attuazione della direttiva europea 2001/77 CE sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili;
4. realizzazione di infrastrutture che consentano il decongestionamento di strade ed autostrade ed un maggiore e più efficace utilizzo della ferrovia e del cabotaggio;
5. promozione della produzione e utilizzazione di veicoli e carburanti a minor emissioni di anidride carbonica;
6. razionalizzazione e miglior uso dei sistemi di trasporto privato;
7. riduzione dei consumi energetici negli usi civili e nel terziario;
8. generazione dei così detti "crediti di carbonio", con progetti già avviati in Cina, Europa centrale e Nord Africa, nell'ambito dei meccanismi, cosiddetti "di flessibilità", di "Joint Implementation" e "Clean Development Mechanism".

#### b) *Misure nel settore agricolo e forestale*

Le misure per l'assorbimento di carbonio comprendono:

1. interventi di riforestazione e afforestazione (mediante attività di gestione forestale, di suoli agricoli e pascoli, e di rivegetazione);
2. protezione delle aree soggette al rischio di dissesto idrogeologico;
3. recupero di terreni abbandonati.

#### c) *Ulteriori misure*

Per la individuazione di queste misure ci si è indirizzati principalmente al settore energetico, dei trasporti, industriale, agricolo, della cooperazione economica e tecnologica internazionale. Opzioni possibili sono state individuate basandosi sul principio della "ottimizzazione" degli effetti ambientali, inteso quale ampliamento dell'efficienza dell'economia italiana e della necessità di raggiungere il migliore risultato di riduzione delle emissioni con il minor costo.

### **Finanziamenti e costi del piano**

Il finanziamento del piano si baserà su tre interventi:

- a) rimodulazione interna delle accise sui carburanti, destinando 1 centesimo euro/litro alla copertura dei costi relativi alle misure nel settore agricolo e forestale, senza costo aggiuntivo per i consumatori finali;
- b) utilizzazione del "Fondo per la riduzione delle emissioni in atmosfera e per la promozione dell'efficienza energetica e delle fonti sostenibili di energia", previsto dall'articolo 110 della legge 388/2000 (legge finanziaria 2001). A partire dal 2004, la dotazione finanziaria del fondo dovrebbe peraltro essere aumentata, elevando dal 3% al 10% la

**raggiungere  
il migliore  
risultato di  
riduzione  
delle  
emissioni con  
il minor  
costo**

quota annuale – destinata ai programmi ambientali – delle entrate derivanti dalla applicazione della “carbon tax” (articolo 8, commi da 1 a 9, della legge 448/1998);

- c) utilizzazione delle entrate derivanti dall'applicazione dell'articolo 21 del Decreto di legge di riforma del settore energetico che dispone l'individuazione, per il periodo 2003-2010, di soglie, decrescenti nel tempo, di emissione specifica di anidride carbonica consentite ai soggetti produttori/esercenti di officine di produzione di energia elettrica, anche alimentate da fonti energetiche rinnovabili, per il rispetto della percentuale di riduzione delle emissioni di anidride carbonica prevista in ottemperanza agli impegni sottoscritti nel protocollo di Kyoto. Si prevede inoltre l'imposizione di sanzioni per il mancato rispetto delle soglie individuate non inferiori a 5 e non superiore a 10 Euro per ogni tonnellata di anidride carbonica eccedente la soglia di emissione specifica ammessa.

### Convenzione per la lotta alla desertificazione

Le Regioni e le autorità di bacino fluviale sono responsabili per la messa in atto di politiche territoriali e la programmazione necessaria a combattere la desertificazione in Italia. L'ufficio del MATT per la Conservazione ed il Territorio e l'ufficio per la Protezione Internazionale e l'Ambiente si occupano dell'attuazione della Convenzione a livello nazionale. Un Comitato Nazionale è stato istituito il 26 settembre 1997 con il compito di coordinare le attività nazionali ed internazionali per la lotta alla desertificazione, sotto la presidenza del MATT. Tale Comitato è costituito dai ministri responsabili per l'attuazione della Convenzione, da ministri con giurisdizione settoriale, l'ufficio del Presidente del Consiglio dei Ministri, la Conferenza per lo Stato e le Regioni e le relazioni con le Province Autonome, nonché dai rappresentanti delle associazioni ambientali e l'assemblea delle organizzazioni non governative. Il Comitato si avvale anche di una commissione multidisciplinare tecnico-scientifica composta da esperti nominati da organi scientifici nazionali ed aperta al contributo delle università ed altri enti.

In assenza di una specifica struttura legislativa, i principali riferimenti legislativi sono:

- Legge n. 36/94 che disciplina l'uso delle risorse idriche e stabilisce che l'uso dell'acqua deve essere diretto verso il risparmio ed il rinnovo della risorsa, in modo da non danneggiare le risorse idriche disponibili, la vivibilità ambientale, l'agricoltura, la flora e la fauna acquatica protetta, i processi geo-morfologici e gli equilibri idro-geologici;
- Legge n. 183/89 che ha portato alla costituzione delle autorità di bacino idrico e che richiede la redazione di piani idro-geografici di bacino per la messa in atto di politiche di prevenzione di fenomeni d'instabilità idro-geologica, per la protezione dei suoli, per la purificazione delle acque, nonché per la organizzazione, l'uso e la gestione delle risorse idriche;
- Decreto legislativo n. 152/1999 che riconsidera il tema della protezione delle acque da inquinamento con la suddivisione della giurisdizione tra lo Stato (e i singoli ministri), le Regioni e le autorità locali.

Il Programma Nazionale per la lotta alla siccità e desertificazione, approvato dal CIPE il 21 dicembre 1999, individua aree nazionali vulnerabili alla desertificazione ed i criteri per la lotta contro questa ultima. Il suo scopo è di incoraggiare Regioni e Autorità di bacino ad individuare aree vulnerabili alla desertificazione nonché ad individuare misure di mitigamento ed adeguamento da realizzarsi nell'ambito legislativo.

Dieci Regioni e dieci Autorità di bacino hanno risposto al programma nazionale di cui sopra, coprendo l'87% del territorio nazionale. Mappe regionali di vulnerabilità alla desertificazione sono state preparate dalla Regione Puglia, Basilicata, Sicilia e Sardegna.

Non esiste ancora una valutazione complessiva dei costi e benefici delle misure messe in

*incoraggiare  
Regioni e  
Autorità di  
bacino a  
individuare  
aree  
vulnerabili*



atto da varie istituzioni e governi negli ultimi 50 anni che potrebbero costituire un punto di riferimento per la situazione attuale. Le misure messe in atto hanno senz'altro favorito lo sviluppo socio-economico delle aree italiane più depresse ma, nonostante i considerevoli investimenti fatti, le regioni meridionali e le isole rimangono altamente vulnerabili alla desertificazione ed ancora oggi si trovano arretrate rispetto allo sviluppo di altre regioni italiane.

### Agenda 21 Locale

Le informazioni che seguono sintetizzano i risultati raggiunti da una indagine sullo stato di attuazione dei processi di Agenda 21 Locale (A21L) in Italia, realizzata nel giugno 2002 dal centro di ricerca di Modena "Focus Lab", in collaborazione con il Coordinamento Agende 21 Locali Italiane. Da tale rapporto si evince che tutti i 556 enti pubblici formalmente impegnati sull'Agenda 21 sono stati contattati. Di questi 439 sono stati intervistati mentre 117 non sono risultati intervistabili. Si evidenzia il numero crescente di enti italiani che nel corso degli ultimi anni hanno aderito alla Carta di Aalborg della Campagna Europea Città Sostenibili.

Le A21L italiane costituiscono quasi un terzo delle A21L a livello europeo. La distribuzione geografica indica un coinvolgimento prevalente nel Nord Italia, seguito dal Sud ed Isole ed infine dal centro. Dalla suddivisione per regioni degli enti che hanno avviato il processo risulta che il maggior numero di enti attivi sono situati in Lombardia ed in Emilia-Romagna, seguite da Puglia e Toscana. Fanalino di coda sono la Valle D'Aosta ed il Trentino Alto Adige. Dei 439 enti intervistati il 55% ha già avviato operativamente il processo di A21L, mentre il 45% non l'aveva ancora avviato al momento dell'intervista.

Per quel che riguarda i progetti e le attività messe in atto nell'implementazione del processo, il 37% degli enti intervistati si dedica principalmente ad attività di educazione e informazione ambientale. Sono ancora poco diffusi strumenti tecnici più impegnativi quali i sistemi di gestione ambientale (EMAS/ISO 14001), contabilità/bilancio ambientale e nuovi strumenti di partecipazione sociale come il bilancio partecipativo/sociale.

Per le risorse economiche esterne, la maggior parte degli enti che hanno attivato il processo fanno riferimento al bando A21 del Ministero dell'Ambiente, gli altri a fondi regionali, provinciali e ad altre fonti di finanziamento del Ministero dell'Ambiente.

Laddove sono stati attivati gruppi che lavorano su specifici temi ambientali e/o territoriali, l'interesse si concentra maggiormente sul tema dei rifiuti, seguito dalla gestione/programmazione del territorio e dell'acqua, la mobilità/trasporti ed il tema dell'aria, l'energia e, per ultima, la biodiversità.

È evidente come il forte impatto, anche sull'opinione pubblica, di temi quali la gestione e lo smaltimento dei rifiuti, la mobilità, la protezione delle risorse idriche ed atmosferiche, fa sì che la tutela della biodiversità passi in secondo piano. In realtà essa comprende tutti i temi appena considerati, traendo indirettamente un beneficio da politiche che prendano in considerazione tali temi.

### Conclusioni

Rio, "più che un punto di arrivo è un punto di partenza". Così scriveva Garaguso nel saggio introduttivo agli atti della Conferenza mondiale "Rio 1992: vertice per la terra", definendo tale affermazione "un luogo comune", divenuto già corrente nei venti anni che separarono la Conferenza di Stoccolma sull'Ambiente Umano (1972) da quella di Rio su Ambiente e Sviluppo (1992). Un luogo comune che resta tristemente tale a dieci anni di distanza. In dieci anni, il gigantesco meccanismo delle Nazioni Unite, corredato di una

*Rio, più che un punto di arrivo è un punto di partenza*

(segue a pag. 36)

## La Conferenza di Johannesburg: l'impegno internazionale per il futuro

Il Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile (*World Summit on Sustainable Development - WSSD*) si è svolto a Johannesburg, Sud Africa, dal 26 agosto al 4 settembre 2002. Vi hanno partecipato 191 governi, rappresentati da 104 capi di Stato e di governo, nonché 8000 rappresentanti di Organizzazioni Non Governative (ONG).

A dieci anni dalla Conferenza di Rio su Ambiente e Sviluppo, il WSSD si chiude con due maggiori risultati e molteplici aree di disaccordo. I risultati prodotti fanno riferimento al Piano di Implementazione e alla Dichiarazione sullo Sviluppo Sostenibile.

Il *Piano di Implementazione* è designato a costituire il contesto per la realizzazione degli impegni originariamente presi ad UNCED (*United Nations Conference on Environment and Development*). Si compone di dieci capitoli: introduzione; eliminazione della povertà; cambiamento dei modelli insostenibili di consumo e produzione; protezione e gestione delle risorse naturali che sono alla base dell'economia e dello sviluppo sociale; sviluppo sostenibile in un mondo che va verso la globalizzazione; salute e sviluppo sostenibile; sviluppo sostenibile delle piccole isole in via di sviluppo; sviluppo sostenibile per l'Africa ed altre iniziative regionali; metodi di implementazione; quadro istituzionale.

La *Dichiarazione sullo Sviluppo Sostenibile* riprende le fila dell'UNCED, evidenzia i cambiamenti presenti, esprime impegni per lo sviluppo sostenibile, sottolinea l'importanza del multilateralismo ed enfatizza la necessità di messa in atto.

Ancora numerose le aree di disaccordo su: limiti temporali per le misure sanitarie; energia rinnovabile; sussidi energetici; sostanze chimiche e salute; degradazione delle risorse naturali; perdita della biodiversità e delle riserve ittiche; Principi di Rio 7 (responsabilità comuni ma diverse) e 15 (approccio di precauzione); governo; commercio, finanza e globalizzazione; Protocollo di Kyoto; diritti alla salute e diritti umani.

Numerosi, infine, gli impegni chiave assunti nel corso della Conferenza, con obiettivi e tempi tratti dal Piano di Implementazione, per il cui testo completo si può consultare il sito web ufficiale: [www.johannesburgsummit.org](http://www.johannesburgsummit.org)

La delegazione italiana al Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile, composta da 103 rappresentanti di governo e gruppi interparlamentari, ha prestato il suo contributo alla negoziazione come stato membro dell'Unione Europea. Punti salienti del contributo italiano sono individuabili nelle proposte di: detrarre l'1% dalle tasse di alcuni prodotti nei negozi dei paesi sviluppati, destinando questo importo a progetti nei paesi in via di sviluppo; destinare lo 0,7% del prodotto interno lordo dei paesi avanzati agli aiuti per le nazioni povere; informatizzare il governo dei paesi poveri. La percentuale del PIL (Prodotto Interno Lordo) che l'Italia attualmente destina all'aiuto pubblico allo sviluppo è pari allo 0,13 per cento contro la media degli Stati membri dell'Unione Europea, pari allo 0,33 per cento.

L'Italia si prepara alla Presidenza dell'Unione Europea, che avrà inizio il primo luglio 2003, ed all'impegno nel coordinamento e nella gestione degli organismi comunitari. Il Presidente Prodi ha annunciato che l'UE prenderà la guida per attuare gli impegni di Johannesburg: nella primavera del 2003 il Consiglio europeo rivedrà la strategia europea sullo Sviluppo Sostenibile, mirando a modelli di consumo e di produzione sostenibili.

Come ha avuto modo di affermare il Segretario Generale delle Nazioni Unite, Kofi Annan, questo "E' solo l'inizio".

A dieci anni di distanza da Rio molte delle aspettative sono state disattese. La lenta e dispendiosa macchina burocratica delle Nazioni Unite ha garantito pochi risultati tangibili a fronte di un considerevole aumento dell'inquinamento e della perdita delle risorse naturali che si sono riscontrati in questi dieci anni. Non vi è stata l'auspicata inversione di tendenza sui modelli di produzione e consumo. Le politiche su questi problemi sono rimaste

in larga misura compartimentalizzate ed i governi continuano ad operare con considerazioni su breve periodo, dimenticando sia l'importanza della visione a lungo termine legata all'utilizzo sostenibile delle risorse sia la trasversalità della tematica in tutti i settori produttivi. A Johannesburg, a differenza di Rio, è forse anche mancato l'entusiasmo, il senso di appartenenza e la volontà di cambiamento che furono avvertiti a Rio 10 anni fa.

Probabilmente anche per queste ragioni sono state ampliate le tematiche da affrontare. Rio era largamente concentrato sull'aspetto ambientale dello Sviluppo Sostenibile, Johannesburg ha affrontato la questione con una visione più ampia, con il risultato che la dichiarazione politica ed il piano di implementazione affrontano in modo prioritario le problematiche sociali ed economiche. Non è un caso che l'obiettivo più importante del Piano sia la riduzione della povertà.

I soggetti interessati si sono presentati al Summit con obiettivi ed aspettative diversi, e la discussione è stata spesso molto accesa. Gli ambientalisti avevano come priorità il rilancio del Protocollo Kyoto, il rifiuto della globalizzazione dei mercati e la conversione del modello di produzione e consumo propri dei paesi industrializzati. I paesi poveri e quelli in via di sviluppo cercavano sostanzialmente aiuti economici. I paesi dell'Unione europea, soprattutto la Germania, si sono spesso trovati a difendere le ragioni dell'ambientalismo, in linea con gli orientamenti dei propri elettori. Gli Stati Uniti d'America hanno invece rappresentato le note posizioni della Presidenza Bush, criticando come irrealizzabili o troppo costosi gli impegni proposti dagli europei.

In tale contesto, a Johannesburg si è aperta la strada all'impresa privata, seppur in una cornice di impegni definita e gestita dai governi. Sono stati avviati 562 progetti bilaterali tra paesi industrializzati e paesi poveri, da realizzare nei prossimi 10 anni con un budget di 1.500 milioni di euro. Ci sarà anche un sistema di monitoraggio e di coordinamento, mentre la Commissione per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite eserciterà controlli e redigerà un rapporto annuale sullo stato di realizzazione dei progetti stessi.

Il Piano di implementazione del Summit, costituito da 153 proposte, è stato approvato solo nelle ultime ore della Conferenza; l'accordo in extremis sulle energie rinnovabili (nessun obiettivo fissato, come voluto da USA ed OPEC – *Organisation of the Petroleum Exporting Countries*) ha consentito di chiudere il Summit con l'approvazione di un documento comune. Gli ambientalisti sono stati molto critici (molte delegazioni hanno polemicamente abbandonato il Summit prima della conclusione), perché i temi di loro maggiore interesse sono rimasti ai margini delle discussioni, incentrate sulle priorità della povertà e della salute. I paesi in via di sviluppo speravano che al Summit seguissero maggiori aiuti economici. Gli Stati Uniti d'America sono stati oggetto di diverse forme di contestazione. I paesi dell'Unione Europea possono essere soddisfatti per essere riusciti a chiudere il Summit con un accordo, evitando una rottura che avrebbe pesato sui rapporti internazionali per molti anni. L'industria ha saputo rappresentare un ruolo di responsabilità e di disponibilità sui temi dello sviluppo e dell'ambiente, evitando di sottrarsi alle regole (anzi, raccomandandone il rispetto da parte di tutti) ed offrendo il proprio contributo per uno sviluppo "duraturo", oltre che sostenibile.

Ci si è trovati, comunque, a parlare di sviluppo sostenibile in un periodo molto delicato, in cui si è assistito ad atti di terrorismo internazionale portati alla stregua di veri e propri atti di guerra. Le cifre relative ad emergenze ambientali (numero di persone che vivono al di sotto della soglia di povertà, concentrazioni massime di anidride carbonica in atmosfera, crescita del livello medio dei mari dal secolo scorso, insufficienza delle riserve globali di acqua potabile) non suscitano certamente la stessa immediata preoccupazione, ma è opportuno non dimenticare che i danni provocati da queste emergenze possono dimostrarsi alla lunga ben più gravi.

Assemblea Generale e molteplici commissioni, programmi, istituti di ricerca, agenzie, Segretariati, Conferenze delle Parti, organi tecnici, gruppi di lavoro, gruppi di esperti, sistemi e strumenti informativi (*Clearing-House Mechanism*), ha prodotto molta carta, anche di ottimo livello tecnico-scientifico o eco-diplomatico, ma pochi risultati tangibili.

Il processo avviato a Rio avrebbe potuto permettere la messa in opera di strumenti vincolanti, o comunque più stringenti di quelli realizzati, così come pure servire a rafforzare e a dare nuova energia a processi preesistenti nell'ambito delle Nazioni Unite, rilevanti per lo sviluppo sostenibile, a carattere globale, regionale o transfrontaliero (quale il processo dell'*International Undertaking on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture* - IUPGRFA); le Convenzioni internazionali sul mare e contro l'inquinamento transfrontaliero; quelle per la protezione di flora e fauna; il protocollo di Montreal per l'ozono stratosferico ecc.). I risultati effettivi sono stati ben altri. Probabilmente, anche a valle della lunghezza e della complessità dei processi di implementazione, è venuta meno l'intenzione da parte degli Stati di volersi impegnare in qualcosa che superasse i confini territoriali: invece che all'ambiente nel suo complesso si è data ancora una volta priorità ad interessi politici nazionali e si è preferito giungere, il più delle volte, a compromessi di tipo politico ed economico.

**non c'è stata  
inversione di  
tendenza dei  
modelli  
produttivi e  
di consumo**

I risultati di dieci anni di "eco-diplomazia" non sono serviti a garantire l'auspicata inversione di tendenza dei modelli produttivi e di consumo. Se a livello internazionale molti organi delle Nazioni Unite hanno istituito comitati o processi di supporto scientifico al processo decisionale (uno per tutti, l'*Intergovernmental Panel on Climate Change*) a livello nazionale le politiche rimangono per lo più ancora "compartimentalizzate", nonostante il riconoscimento della trasversalità della tematica in tutti i settori produttivi, e mantengono una visione strategica "a breve termine", che non tiene conto della sostenibilità limitata delle risorse.

Nel rapporto della Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo (*World Commission on Environment and Development* - WCED) del 1987, meglio noto come "Rapporto Brundtland", lo sviluppo sostenibile venne definito come: "lo sviluppo che deve rispondere alle necessità del presente senza compromettere le necessità delle generazioni future". Più di recente, nel 1999, lo sviluppo sostenibile viene definito: "la riconciliazione, nel lungo termine, degli obiettivi dello sviluppo sociale con i suoi limiti ambientali" (*National Research Council* - NRC). Da qui la proposta italiana di cambiare la dizione di "sviluppo sostenibile" in "sviluppo duraturo".

Ci troviamo in un'era di grande transizione, in cui si prevede che la popolazione mondiale raggiunga i nove miliardi nel 2050. La crescita avverrà, per la maggior parte, nei paesi in via di sviluppo dove la necessità di ridurre la povertà senza danneggiare l'ambiente sarà particolarmente importante. Non è un caso che a Johannesburg siano state ampliate le tematiche da affrontare, affiancando all'aspetto ambientale dello Sviluppo Sostenibile, tema centrale di Rio, problematiche sociali ed economiche, con particolare attenzione al tema della riduzione della povertà. Le nuove scadenze fissate vanno dal breve termine (2003-2008) al medio e lungo termine (2010-2020).

A Johannesburg si è avuta la conferma che per il raggiungimento di uno sviluppo sostenibile è indispensabile il coinvolgimento e l'interazione di diversi settori, tutti ugualmente importanti: la politica, la ricerca scientifica, lo sviluppo tecnologico, il mondo economico e quello sociale per ottenere un miglioramento del benessere umano in rispetto con l'ambiente. È necessario sottolineare che il concetto di sviluppo sostenibile sottende un processo dinamico di continuo adattamento ad una realtà che cambia.

## Bibliografia

- Agenzia Europea per l'Ambiente, 1999. *L'ambiente nell'Unione europea alle soglie del 2000*. Copenaghen, DK.
- BRUNTLAND G., 1987. *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.
- CANTONI G., 2002. *Basta perdere tempo a Johannesburg*, p. 158. Panorama del 19/09/2002. Mondadori, Milano.
- CLUB DI ROMA, 1972. *I limiti dello sviluppo*. Meadows D.H., Mondadori, Milano.
- COMMISSIONE EUROPEA, 1999. *L'ambiente in Europa: quali direzioni per il futuro?*. COM(1999)543.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2001. *Dieci anni dopo Rio: prepararsi al vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile del 2002*. COM(2001)53.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2001. *Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta - Sesto programma di azione per l'ambiente - COM (2001) 31 definitivo*.
- COMUNITÀ EUROPEE, 1997. Trattato di Amsterdam che modifica il trattato sull'Unione europea, i trattati che istituiscono le Comunità europee ed alcuni atti connessi, con allegato e protocolli.
- Convenzione sulla Diversità Biologica. Vedi: <http://www.biodiv.org>
- EUROPEAN COMMISSION, 1992. *Towards sustainability*. COM(92)23.
- EUROPEAN COMMISSION, 2001. *A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development*. COM(2001)264.
- FOCUS LAB, 2002. *Agenda 21 Locale in Italia. Indagine sullo stato di attuazione dei processi di Agenda 21 Locale in Italia*. Vedi: <http://www.focus-lab.it/>
- GARAGUSO G.C., MARCHISIO S., 1993. *Rio 1992: Vertice per la terra*, Franco Angeli.
- METZ B. ET AL. (a cura di), 2001. *Climate Change 2001: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO. Linee guida per la valutazione ambientale strategica (Vas). Fondi strutturali 2000-2006. Supplemento al mensile del Ministero dell'Ambiente *L'Ambiente informa* n. 9 - 1999.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE, 1994. *Linee strategiche e programma preliminare per l'attuazione della Convenzione della Biodiversità in Italia*.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE, 2001. *Relazione sullo stato dell'Ambiente*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO, 2002. *Piano nazionale di riduzione dei gas serra*. Vedi: <http://www.minambiente.it/>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. BOARD ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Policy Division, 1999. *Our Common Journey. A transition toward sustainability*. National Academy Press. Washington, D.C.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES. Committee for Survey and Analysis of Science Advice on Sustainable Development to International Organisations, 2002. *Knowledge and Diplomacy: Science Advice in the United Nations System*. National Academy Press. Washington, D.C.
- NGO Documents for CSD. Preparations for Earth Summit III - 2002. Vedi: <http://www.earthsummit2002.org/>
- Rapporti Italiani sullo stato di implementazione in Italia della Convenzione sulla diversità biologica, 1998 e 2001. Vedi: <http://www.biodiv.org/>
- SWIDERSKA K., 2002. *Implementing the Rio Conventions: Implications for the South*. International Institute for Environment and Development (IIED).
- UNITED NATIONS - Economic and Social Council, 2002. *Implementing Agenda 21*. Commission on Sustainable Development acting as the preparatory committee for the World Summit on Sustainable Development. E/CN.17/2002/PC.2/7.
- WORLDWATCH INSTITUTE, 2002. *State of the World '02*. Edizioni Ambiente, Milano.

# Introduzione ai **processi nucleari** a bassa energia nella materia condensata

VITTORIO VIOLANTE\*  
EMILIO SANTORO\*\*  
FRANCESCA SARTO\*\*  
LUIGI CAPOBIANCO\*\*\*  
ALBERTO ROSADA\*\*\*\*

ENEA,

\*UTS Fusione,

\*\*Tecnologie Fisiche Avanzate

\*\*\*Ospite c/o i Laboratori ENEA di Frascati

\*\*\*\*UTS, Materiali e Nuove Tecnologie

Vengono riportate le analisi di evidenze sperimentali relative a possibili fenomeni nucleari a bassa energia nella materia condensata. Storia, risultati salienti e una loro possibile interpretazione teorica

studi & ricerche

## Introduction to **low-energy nuclear processes** in condensed matter

### Abstract

*The controversy that arose in the late 1980s regarding the alleged discovery of nuclear fusion at room temperature never halted experimental activities in this field. Back in the laboratory, they have continued to produce a series of extremely encouraging results, all evidencing aspects of a highly complex phenomenology involving low-energy nuclear processes that occur, under certain conditions, in condensed matter. Moreover, a great deal of theoretical work has been done on these aspects. This is the first of a series of articles presenting research activities in this field and the results already obtained at the ENEA laboratories.*

A distanza di circa quattordici anni dall'annuncio dell'ottenimento di reazioni nucleari in reticoli metallici a temperatura ambiente, nonostante il generale scetticismo da parte della maggior parte della comunità scientifica internazionale, in numerosi e prestigiosi laboratori internazionali continua un interessante lavoro di ricerca non privo di risultati promettenti.

A tale riguardo e con lo scopo di fornire sia una *review* dello stato dell'arte sia una possibile interpretazione del fenomeno, si vuole affrontare il problema delle Reazioni Nucleari a Bassa Energia nella materia condensata nell'ambito di una descrizione basata sullo studio dei processi nucleari che hanno luogo nei plasmi densi. La cornice teorica proposta, fondata su una visione elettrodinamica dei fenomeni, riconduce la materia condensata, nelle condizioni che caratterizzano il manifestarsi dei fenomeni oggetto dello studio, ad un plasma denso.

Gli argomenti esposti sono stati, nella quasi totalità dei casi, pubblicati (da alcuni degli autori) nella letteratura internazionale.

Un rapido excursus sui risultati sperimentali più significativi può consentire di comprendere la grande diversificazione degli approcci sperimentali.

Evidenze di fenomeni riconducibili a processi nucleari a bassa energia si sono manifestate in esperimenti di calorimetria accompagnati da misure di  $^4\text{He}$  e raggi X, durante esperimenti elettrochimici con catodi di palladio (lamine o *rod*). Catodi a doppia struttura hanno prodotto un imponente spostamento della composizione isotopica, rispetto al valore naturale tra  $^3\text{He}$  e  $^4\text{He}$ . Esperimenti condotti stimolando con ultrasuoni un sistema di nano-particelle in acqua pesante hanno mostrato con chiarezza una produzione di eccesso di potenza e di  $^4\text{He}$ ; analoghi esperimenti effettuati stimolando con luce laser un sistema di nano-particelle confinate in un ambiente di deuterio gas hanno evidenziato, con la medesima chiarezza, una produzione di eccesso di potenza e di  $^4\text{He}$ . Micro-particelle

di palladio depositate su particolari supporti dielettrici, in presenza di deuterio gassoso hanno manifestato un evidente innalzamento di temperatura del letto con associata produzione di  $^4\text{He}$ . Emissione di raggi X e forti spostamenti della composizione isotopica di alcuni elementi, talvolta accompagnati da produzione di eccesso di potenza, sono stati osservati con esperimenti elettrolitici condotti su film di metalli quali palladio e nichel; analoghi risultati sono stati ottenuti bombardando membrane o film sottili di palladio deuterato con particelle cariche, come, ad esempio, ioni deuterio. I risultati poc'anzi citati si riferiscono ad esperimenti condotti in prestigiosi laboratori di ricerca governativi, universitari o di grandi industrie. Lo scopo principale di questa *review* è quello di offrire, prendendo spunto dalle evidenze sperimentali, una visione in grado di ricondurre l'insieme delle osservazioni, anche se apparentemente molto diversificate tra esse, all'interno di un'unica cornice teorica derivata dalla rappresentazione dei fenomeni come processi elettrodinamici in plasmi densi.

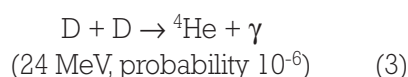
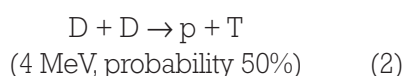
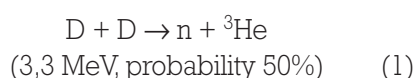
La problematica verrà affrontata attraverso una iniziale esposizione delle principali caratteristiche dei sistemi metallo idrogeno, con particolare riferimento agli idruri, a cui farà seguito una trattazione del problema della solubilizzazione dell'idrogeno e dei suoi isotopi nei reticoli metallici, sia attraverso un'analisi delle problematiche relative ai problemi di equilibrio termodinamico, sia attraverso una trattazione teorica dei processi di non equilibrio legati alla cinetica diffusionale nel reticolo. Verranno quindi affrontati gli aspetti di natura elettrodinamica, con particolare riferimento ai fenomeni collettivi degli elettroni e poi si esporrà uno studio, che parte, appunto, dalla natura elettrodinamica dei fenomeni, al fine di presentare sia una descrizione analitica di possibili meccanismi collisionali, all'interno del reticolo, sia una interpretazione dello spostamento dei canali di reazione rispetto a quanto generalmente osservato nei pla-

smi non densi o nel vuoto. Infine si affronterà il problema generale dei fenomeni di trasmutazione a bassa energia.

## L'inizio

Durante il mese di marzo del 1989 due eminenti elettrochimici, M. Fleishmann e S. Pons, dettero l'annuncio della scoperta che nuclei di deuterio (D), confinati nel reticolo metallico del palladio (Pd), davano luogo a reazioni di fusione nucleare a temperatura ambiente (fusione fredda)<sup>1</sup>. Il fenomeno forniva essenzialmente eccesso di potenza (come produzione di eccesso di calore) durante il caricamento, in elettrolisi con acqua pesante, di catodi di palladio; l'entità del calore prodotto era tale da rendere difficile se non impossibile una interpretazione in termini di reazione chimica. I bilanci di energia portavano a concludere che per spiegare l'entità dell'eccesso era necessario ritenere che esistessero legami chimici dell'ordine di diverse decine o centinaia di eV. La riproducibilità del fenomeno, tuttavia, risultava essere molto modesta.

La reazione di fusione tra nuclei di deuterio (D) è stata ampiamente studiata nella fisica nucleare e i canali di reazione noti, quando il processo avviene nel vuoto o in un plasma non denso sono:



Il primo *step* della reazione è sempre la formazione di un nucleo eccitato di  ${}^4\text{He}$  (instabile a causa dell'eccesso di energia); questo prodotto instabile decade, pertanto, secondo i canali (1-3).

I gruppi di ricerca, che inizialmente studiarono il fenomeno della fusione fredda, osservarono produzione di eccessi di potenza, con scarsa riproducibilità e senza signifi-

ficativa emissione di prodotti di reazione attesi, come previsto dai canali di reazione noti.

Neutroni e trizio, anche se con tecniche differenti, possono essere rivelati senza alcuna particolare difficoltà, pertanto, nella fase iniziale degli studi, queste ceneri nucleari sono state cercate come firma del processo nucleare ritenuto responsabile della produzione dell'eccesso di potenza talvolta osservato. Tuttavia le misure dimostravano che la produzione di trizio e di neutroni era diversi ordini di grandezza minore del valore atteso sulla base dell'eccesso di calore prodotto.

La scarsa riproducibilità, insieme all'assenza di neutroni durante la produzione di eccesso di potenza, convinse la maggior parte della comunità scientifica che il fenomeno annunciato era essenzialmente un errore o, al più, un processo sconosciuto di natura chimica. Tuttavia quest'ultima interpretazione obbligava ad accettare, come menzionato poc'anzi, l'esistenza di legami chimici di diverse decine o centinaia di eV. Questa situazione dette origine ad una controversia che si manifestò attraverso molte conferenze e *workshop* durante il primo anno dopo l'annuncio. Alcuni prestigiosi laboratori furono coinvolti con il compito di investigare il fenomeno. Le risposte furono, in generale, negative e la fusione fredda non fu accettata dalla comunità scientifica e fu definita cattiva scienza. Solo alcuni laboratori decisero di continuare a lavorare in questo campo così controverso. Nel 1991, in occasione della Seconda Conferenza Internazionale sulla Fusione Fredda, svoltasi a Como, lo scienziato statunitense Melvin Miles, del Naval Research Laboratory, per primo, mostrò risultati che sottolineavano l'origine nucleare del fenomeno, attraverso una correlazione tra la produzione di eccesso di potenza e la produzione di  ${}^4\text{He}$  quale cenere nucleare<sup>2</sup>. Inoltre Miles dimostrò che durante la produzione dell'eccesso di potenza venivano emessi raggi X di bassa energia. Questo



risultato, anche se ottenuto con scarsa riproducibilità, fu molto importante, in quanto dimostrava che la reazione  $D + D$ , nel reticolo del palladio, avveniva con produzione di  $^4\text{He}$  e calore, seguendo, pertanto, un canale di decadimento diverso rispetto a quelli relativi alla stessa reazione quando essa decorre nel vuoto o in un plasma non denso. Questa situazione era stata, peraltro, prospettata teoricamente dal fisico italiano Giuliano Preparata<sup>3</sup>.

La modesta riproducibilità fu la principale ragione per cui la fusione fredda fu respinta dalla comunità scientifica internazionale, anche se è lecito ricordare che la storia della scienza insegna che, talvolta, la modesta riproducibilità non impedisce che una nuova scoperta o un nuovo fenomeno vengano accettati come tali. Parlando di riproducibilità è stato detto<sup>4</sup>: "(...) Cosa significa riproducibile? Consideriamo un semplice esperimento da banco. Quando lo conduciamo scegliamo un campione e definiamo una procedura, quindi otteniamo dei risultati. Se riusciamo ad ottenere gli stessi risultati utilizzando lo stesso tipo di campione e la stessa procedura possiamo dire che l'esperimento è riproducibile. Uno stadio successivo consiste nel descrivere l'esperimento in una pubblicazione scientifica, in maniera tale che ogni altro ricercatore che effettua lo stesso esperimento, basandosi sul contenuto della pubblicazione, ottenga gli stessi risultati. Immaginiamo ora di condurre il nostro esperimento, prendendo nota accuratamente dei suoi parametri (campione e procedura), tuttavia, questa volta, la ripetizione dell'esperimento non consente di ottenere gli stessi risultati; in questo caso l'esperimento risulta essere irriproducibile. Esistono due possibili spiegazioni: o il primo esperimento era sbagliato oppure non abbiamo usato un campione identico e/o non abbiamo seguito la stessa procedura. Se il riesame del primo esperimento conduce alla conclusione che la misura era corretta e attendibile non resta che accettare la seconda

spiegazione. A tal punto ha inizio una ulteriore fase della nostra ricerca: possiamo cercare di comprendere quali siano gli aspetti, mal compresi, nella scelta del campione e della procedura, che possono aver condizionato i risultati. Non è corretto affermare, come molti hanno fatto per la fusione fredda, che l'assenza di riproducibilità equivale ad un esperimento errato. (...)".

Nel 1992, presso il Centro Ricerche ENEA di Frascati, furono condotti esperimenti, con un accurato calorimetro a flusso, utilizzando elettrodi ottenuti da una lamina di palladio. I primi tre esperimenti, per i quali si utilizzava la stessa procedura, dettero, senza ombra di dubbio, evidenza di produzione di eccesso di potenza molto al di sopra della potenza immessa, con un segnale che era circa due ordini di grandezza più elevato dell'errore sperimentale.

Purtroppo il palladio a disposizione non consentì di realizzare più di tre elettrodi, pertanto, una volta utilizzato il materiale disponibile, si rese necessario l'acquisto di una nuova lamina di palladio, la quale, pur avendo le stesse caratteristiche commerciali della prima, proveniva da un diverso *batch* di produzione. La nuova serie di esperimenti, condotti con il nuovo materiale, osservando la stessa procedura adoperata nella prima serie, non fornì alcun eccesso di potenza significativo dopo settimane di elettrolisi.

Questa esperienza, alla luce dei risultati ottenuti, mostrava, come vedremo nel seguito, che il fenomeno della fusione fredda è un fenomeno a soglia. Ciò indusse ad intraprendere uno studio sugli aspetti metallurgici del palladio e sui meccanismi di trasporto degli isotopi dell'idrogeno nel reticolo.

### Gli sviluppi storici e lo stato dell'arte

Nel 1993, nel corso della Terza Conferenza Internazionale sulla Fusione Fredda, un altro scienziato statunitense, M. McKubre dello Stanford Research Institute della

California, mostrò un altro importante risultato con il quale si metteva bene in evidenza che la produzione di eccesso di potenza era un fenomeno a soglia, il quale aveva luogo, a temperatura ambiente, solo quando la concentrazione del deuterio nel palladio, espressa in frazione atomica, risultava circa eguale all'unità<sup>5</sup>. Inoltre, i dati sperimentali mostravano anche che, al disopra della soglia di innesco, l'eccesso di potenza aveva un comportamento parabolico rispetto all'aumentare della concentrazione di deuterio. Tale risultato fu di importanza fondamentale per lo sviluppo degli studi di scienza dei materiali svolti presso i Laboratori ENEA di Frascati nell'ambito del programma di ricerca sulla fusione fredda. Si comprese l'importanza, ai fini della riproducibilità, della conoscenza dello stato del materiale metallico. L'attenzione si spostò quindi dal problema della riproducibilità della produzione di eccesso di potenza a quello della riproducibilità delle condizioni in cui questo fenomeno aveva luogo. Questa impostazione, nel tempo, è risultata essere molto efficace ai fini del controllo del fenomeno e della sua riproducibilità, in particolare su campioni robusti di palladio, quali, ad esempio, lamine e membrane, per i quali, alla fine del 1996, si raggiunse

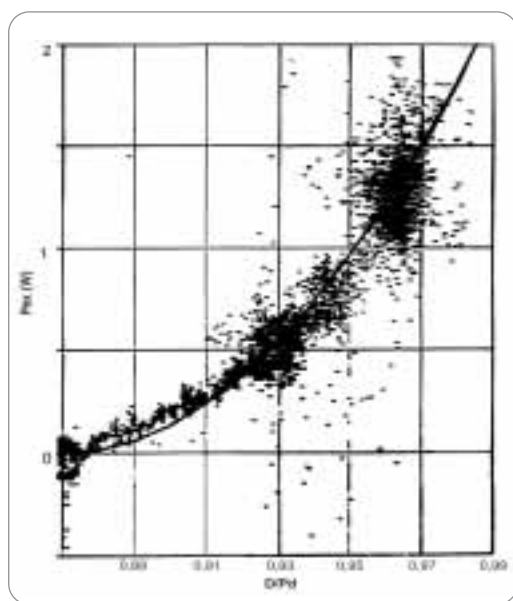
una riproducibilità quasi totale della produzione di eccesso di potenza.

Nel seguito, una parte del lavoro di ricerca fu svolta sia sulla identificazione della struttura metallurgica più idonea all'ottenimento di elevate concentrazioni di deuterio e/o idrogeno nel palladio, sia sulla comprensione teorica dei meccanismi controllanti il processo di solubilità e diffusione del gas nel metallo<sup>6-9</sup>. Una considerevole produzione scientifica è stata sviluppata, nel recente passato, al fine di ottenere una correlazione tra l'eccesso di potenza osservato e la quantità di <sup>4</sup>He prodotto dalla reazione di fusione ritenuta responsabile della produzione dell'eccesso di potenza<sup>10-12</sup>. I risultati, ottenuti con sperimentazioni rigorose, hanno mostrato, al di là di ogni ragionevole dubbio, l'esistenza di un nesso evidente tra l'anomalia termica e la produzione di <sup>4</sup>He, nonché l'emissione di raggi X di bassa energia contestualmente al fenomeno termico.

Uno sviluppo ulteriore della sperimentazione, in tale direzione, si è ottenuto utilizzando catodi a doppia struttura realizzati e sperimentati presso l'Università di Osaka e successivamente sperimentati anche presso Lo Stanford Research Institute della California (SRI)<sup>13-14</sup>. La particolarità dei catodi a doppia struttura risiede nel fatto che delle nano-particelle di palladio poroso (*palladium black*) vengono alloggiare in cilindri di palladio con pareti spesse alcuni millimetri, in grado di sopportare l'elevata pressione di deuterio (500-1000 atm) che si raggiunge all'interno del cilindro durante l'elettrolisi in acqua pesante.

Tali esperimenti evidenziarono molto chiaramente che nella materia condensata potevano aver luogo processi nucleari a bassa energia, in quanto fu possibile rivelare un fortissimo spostamento (fino ad un fattore superiore a 40.000), rispetto al valore naturale, del rapporto isotopico <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He. Lo studio dei profili di concentrazione di <sup>3</sup>He nel metallo fecero comprendere che questo isotopo dell'elio era stato prodotto

**Figura 1**  
Eccesso di potenza in funzione della concentrazione di deuterio nel palladio (frazione atomica) (risultato ottenuto da M. C. H. McKubre allo SRI - USA)



dal decadimento del trizio (isotopo radioattivo dell'idrogeno non presente in natura), del quale, in esperimenti di fusione fredda, era già stata segnalata la presenza in quantità non spiegabili con normali processi di arricchimento isotopico. Catodi a doppia struttura sono stati realizzati anche presso i Laboratori ENEA di Frascati e sperimentati, con successo, presso l'SRI<sup>15</sup>.

Alcuni gruppi di ricerca preferirono concentrare la loro attenzione su anomalie termiche che si manifestavano in alcuni esperimenti elettrochimici nei quali venivano usati acqua leggera e catodi realizzati con film sottili metallici. A tale proposito, uno studio effettuato dal Fusion Studies Laboratory dell'Università dell'Illinois evidenziò una variazione della composizione isotopica di alcuni elementi presenti nei film metallici utilizzati. Studi analoghi sono stati condotti anche presso l'Università dell'Okkaido in Giappone<sup>16</sup>. Tuttavia, molte critiche furono mosse nei riguardi di questi esperimenti, in quanto fu detto che i processi di elettrodeposizione potevano produrre inquinamenti dei film catodici capaci di ridurre fortemente il rapporto segnale rumore. Per questo motivo, gli sviluppi successivi di questi studi furono articolati in maniera tale da rimuovere tali dubbi, monitorando alcuni elementi marcatori e ricorrendo a sofisticate tecnologie per il controllo di eventuali inquinamenti al fine, appunto, di elevare quanto più possibile il rapporto segnale/rumore.

Un importante lavoro, con deuterio gassoso ed isotopi marcatori è stato svolto presso il centro ricerche della Mitsubishi<sup>17</sup>. Con una misura XPS (spettroscopia di fotoemissione mediante raggi X) è stata seguita l'evoluzione di isotopi marcatori depositati sulla superficie di un film sottile di palladio, depositato su un sottile strato di CaO, supportato a sua volta da una membrana di Pd. Sui campioni ove era stato depositato Cs si è osservata una progressiva diminuzione del Cs con comparsa di Pr, mentre sui campioni sui quali era stato depositato Sr si

è osservata, in maniera analoga, una progressiva diminuzione dello Sr con comparsa di Mo. Presso l'ENEA sono stati condotti, da chi scrive, esperimenti in elettrolisi su film sottili, rivolti a rivelare emissioni di raggi X e variazioni della composizione isotopica di alcuni elementi marcatori come ad esempio Cu, Zn e Ag<sup>18</sup>. Le misure condotte utilizzando un laboratorio classe 1000 e materiali puri, hanno consentito di elevare il rapporto segnale/rumore e di rivelare quindi una emissione di raggi X, nel range di energia compreso tra 2 e 20 keV, da parte di elettrodi a film sottile i quali, all'analisi SIMS (spettroscopia secondaria ionica di massa) o a quella di attivazione neutronica, hanno manifestato una forte variazione della composizione isotopica degli elementi marcatori.

Una particolare attenzione meritano i recenti risultati ottenuti da Y. Arata dell'Università di Osaka<sup>19</sup>, il quale è riuscito, stimolando con ultrasuoni nano-particelle di Pd poste in un bagno di acqua pesante, ad ottenere una notevole produzione di eccesso di potenza, accompagnata da una produzione di <sup>4</sup>He, riconducibile ad un processo di fusione D + D, quale responsabile del fenomeno termico. Lo stesso Arata ha poi ottenuto un analogo risultato stimolando con luce laser nano-particelle di Pd a contatto con deuterio gassoso. Questi ed altri risultati, nel corso degli anni, hanno contribuito a sostenere l'idea che nella materia condensata possano aver luogo, a bassa energia, processi nucleari, con modalità e percorsi differenti rispetto a quelli tipici dei plasmi prodotti in laboratorio.

### Materia condensata e decadimento nucleare

È stato detto che occorrono tre miracoli per poter spiegare il decorrere di processi nucleari, come la fusione D + D e più in generale reazioni a bassa energia, nella materia condensata. Il primo miracolo è un aumento imponente della probabilità che av-

venga una reazione nucleare. Se consideriamo, ad esempio, la reazione  $D + D$  poc' anzi menzionata ed estrapoliamo alle basse energie le probabilità di reazione note per le alte energie, troviamo che la probabilità per questo evento è più bassa di oltre 50 ordini di grandezza rispetto alla probabilità attesa in base all'eccesso di potenza misurato. Pertanto, non dovrebbe esservi alcuna possibilità che avvenga una reazione di fusione  $D + D$  a temperatura ambiente.

Il secondo "miracolo" riguarda l'assenza di una adeguata produzione di trizio e di neutroni, in grado di giustificare la produzione di eccesso di potenza in termini della nota reazione di fusione tra nuclei di deuterio. Occorre pertanto assumere che le probabilità relative delle tre branche (1-3) sono profondamente modificate, dando luogo al seguente scenario: le prime due branche diventano altamente improbabili, mentre la terza, che porta alla formazione di  ${}^4\text{He}$ , raggiunge una probabilità, che generalmente è circa del 100%.

L'assenza di produzione di raggi  $\gamma$ , tipica della terza branca, rende obbligatoria l'accettazione del terzo "miracolo": l'eccesso di energia, che è pari a 24 MeV per evento, è trasformato, in qualche maniera, in calore, il quale viene poi rilasciato ad una regione del reticolo sufficientemente estesa da poter essere considerata come un *reservoir* infinito.

Nel prosieguo verrà proposto uno sviluppo teorico in grado di fornire una possibile spiegazione dei tre miracoli, i quali, in linea di principio, possono essere chiamati in causa per lo studio di altri processi nucleari a bassa energia osservati nella materia condensata. Con riferimento alla reazione di fusione tra nuclei di deuterio, possiamo dire che la cenere nucleare attesa è proprio  ${}^4\text{He}$ ; per questo motivo la ricerca sulla misura di elio ha assunto una importanza rilevante nello scenario più generale della ricerca di ceneri quale firma del decorrere di fenomeni nucleari nella materia condensata.

Accettare i tre miracoli non comporta, in

nessun caso, la violazione delle leggi fondamentali della fisica: ad esempio, massa ed energia si conservano.

La cornice interpretativa generale deve basarsi sul fatto che proprio lo svolgersi dei fenomeni nella materia condensata, invece che in un plasma o nel vuoto, costituisce la differenza.

Il problema fondamentale diventa il seguente: possiamo accettare che una struttura atomica, come un reticolo metallico, condizioni, in qualche maniera, il percorso di un processo nucleare? E come?

È noto che il sistema atomico è caratterizzato da distanze, tempi ed energie rispettivamente dell'ordine di  $10^{-10}$  metri,  $10^{-12}$  secondi e  $10^0$  eV. Di contro, il sistema nucleare è caratterizzato da distanze, tempi ed energie rispettivamente dell'ordine di  $10^{-15}$  metri,  $10^{-20}$  secondi e  $10^6$  eV.

Apparentemente, i due sistemi sembrano incapaci di interagire. Tuttavia esistono due esempi di interazione tra questi due universi ben noti e comunemente accettati. Il primo è l'*Effetto Mossbauer*, riguardante l'emissione di fotoni (raggi  $\gamma$ ) da un nucleo eccitato, il quale, decadendo allo stato fondamentale, trasferisce in questo modo l'energia in eccesso. In alcune circostanze, caratterizzate dallo stato microscopico del reticolo nel quale è confinato il nucleo che decade, questa emissione avviene con caratteristiche differenti rispetto a quando lo stesso decadimento avviene nel vuoto. Il reticolo assorbe completamente – comportandosi come un tutt'uno – l'energia di rinculo del nucleo, dando luogo ad una significativa variazione della riga di emissione. È opportuno, a tale riguardo, sottolineare che le energie coinvolte nell'*Effetto Mossbauer* sono dell'ordine dei keV, mentre le energie tipiche in gioco in un processo di fusione sono dell'ordine dei MeV. Tuttavia, da un punto di vista qualitativo, è significativo che tutti gli atomi di un cristallo partecipino per assorbire l'energia emessa durante una emissione fotonica.

Altro esempio di interazione (elettrodinami-

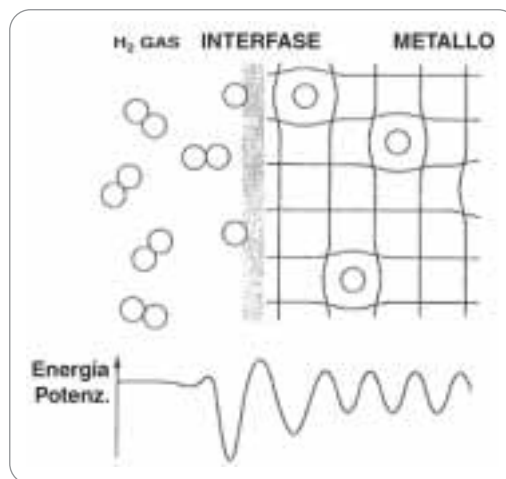
ca) tra atomi e nuclei è il processo di conversione interna: esso interviene sul decadimento di un nucleo eccitato il quale, invece di trasferire il proprio eccesso di energia attraverso una emissione  $\gamma$ , preferisce, con una certa probabilità, un accoppiamento con un elettrone di *shell* K, che viene emesso come  $\beta^-$ . È stato osservato che la probabilità di decadimento per conversione interna è condizionata dall'ambiente chimico che circonda il nucleo che decade.

Vedremo che per spiegare la genesi di reazioni nucleari nella materia condensata ed il decadimento dei nuclei prodotti, si potrà chiamare in causa un meccanismo elettrodinamico. Da un lato esso infatti assicura il superamento della barriera Colombiana, dall'altro consente un accoppiamento tra il nucleo che decade ed il reticolo.

### Aspetti di scienza dei materiali

Nel corso degli ultimi quattordici anni, lo studio dell'interazione degli isotopi dell'idrogeno con i metalli ha guadagnato un interesse crescente tra gli elettrochimici, i fisici dello stato solido, i fisici nucleari, i metallurgisti, gli ingegneri dei materiali e tutti quei ricercatori che contribuiscono a trovare una ragionevole interpretazione dei fenomeni nucleari che avvengono nella materia condensata a bassa energia. Un sistema metallo-idrogeno è costituito da un metallo, da idrogeno in fase gassosa o condensata e da una interfase. Il primo approccio alla materia richiede la conoscenza del meccanismo di reazione dell'idrogeno all'interfase e del processo diffusivo di trasferimento di materia nel reticolo metallico che poi conduce alla formazione di una soluzione solida.

Un idruro metallico è definito come una singola fase composta da un metallo ospite e da idrogeno, come ad esempio: PdH<sub>0.66</sub>, MgH<sub>2</sub>, LaNi<sub>5</sub>H<sub>6.5</sub>. La conoscenza delle proprietà di questi materiali e gli effetti isotopici indotti dalla dissoluzione di deuterio e trizio, sono aspetti fondamentali di questo



**Figura 2**

Rappresentazione schematica della dissociazione di idrogeno molecolare all'interfase metallica e dissoluzione dell'idrogeno atomico nel bulk

studio. Nel prosieguo, lo studio di particolari sistemi metallo-idrogeno consentirà di indagare la possibilità che due particelle confinate nel reticolo (ad esempio protoni o deutoni) possano avvicinarsi fino al punto da produrre una reazione nucleare<sup>20-25</sup>.

In figura 2 è mostrata una schematica rappresentazione mono-dimensionale dell'idrogeno gassoso che si solubilizza (assorbe) in un metallo. Una molecola di idrogeno che si avvicina al metallo può essere dissociata all'interfase, adsorbita da opportuni siti superficiali e adsorbita nei siti interstiziali del metallo ospite. Quando la concentrazione locale dell'idrogeno supera un certo limite, precipita una fase idruro. Durante il caricamento elettrochimico, la polarizzazione catodica del metallo ospite produce una reazione in cui un trasferimento di elettroni trasforma l'H<sub>2</sub>O adsorbita in H e OH adsorbiti.

La termodinamica della formazione degli idruri è descritta dalle isoterme pressione-composizione, mostrate in figura 3.

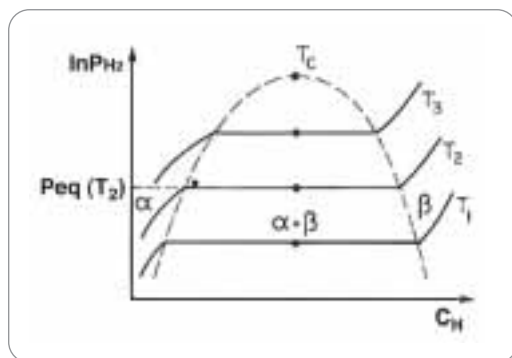
L'idrogeno si solubilizza nel metallo come soluzione solida (fase  $\alpha$ ). La concentrazione di idrogeno nel metallo aumenta all'aumentare della pressione esterna di H<sub>2</sub>, conseguentemente inizia a formarsi la fase  $\beta$ .

Se l'interfase è elettrochimica, il potenziale elettrochimico sostituisce la pressione dell'idrogeno secondo una legge tipo Nernst, come si vedrà nel seguito.

La coesistenza delle due fasi è caratterizza-

**Figura 3**

Isoterme pressione composizione per la soluzione solida di idrogeno con formazione dell'idruro



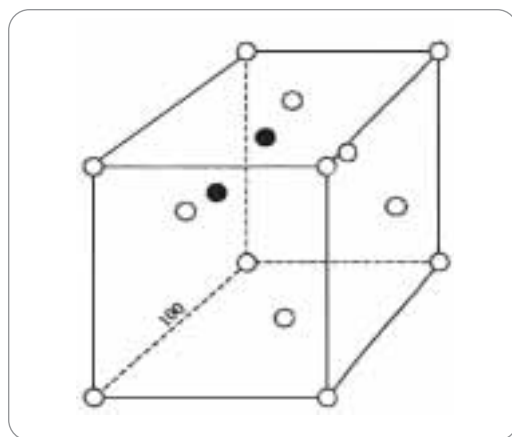
ta da un plateau: la sua estensione determina quanto idrogeno può essere accumulato con una piccola variazione della pressione. La regione di coesistenza delle due fasi ha termine al punto critico  $T_c$ . Il plateau  $p_{eq}(T)$  dipende fortemente dalla temperatura.

La maggior parte dei reticoli metallici si espande durante il processo di dissoluzione dell'idrogeno; il cristallo si modifica in maniera significativa e si forma un sottoreticolo idrogeno. L'effetto isotopico produce un aumento della pressione di equilibrio del deuterio e del trizio rispetto a quella dell'idrogeno. La posizione di equilibrio dell'idrogeno e dei suoi isotopi nei siti interstiziali è ottenuta sperimentalmente mediante diffrazione neutronica; non esiste evidenza sperimentale di cluster di idrogeno negli idruri.

In figura 4 è mostrata la cella elementare del reticolo del palladio (cubico a facce centrate, gli atomi del metallo sono contrassegnati dalle sfere bianche), gli atomi di idrogeno formano l'idruro collocandosi nei siti ottaedrici che si trovano sugli spigo-

**Figura 4**

Cella elementare del reticolo del palladio



li della cella, al centro tra due atomi di palladio. Durante il processo diffusivo, a temperatura prossima a quella ambiente, gli atomi di idrogeno diffondono da un sito ottaedrico ad un altro, superando una barriera di energia di circa 0,2 eV. Le posizioni contrassegnate dalle sfere scure sono i siti tetraedrici, accessibili all'idrogeno, come vedremo nel seguito, ad elevate concentrazioni e attraverso il superamento di una barriera di di energia di 0,3 eV.

Il primo passo verso la formazione dell'idruro metallico e della soluzione solida da idrogeno gassoso molecolare o da caricamento elettrochimico avviene alla superficie del metallo ospite. L'interazione di  $H_2$  consiste di una adesione della molecola alla superficie, di un chemiadsorbimento dissociativo, di un processo di diffusione superficiale e di dissoluzione nella regione prossima alla superficie o nel *bulk* del metallo. La dissoluzione dell'idrogeno nel metallo, a cui segue la formazione dell'idruro metallico, perturba fortemente gli elettroni ed i fononi<sup>(1)</sup> del reticolo ospite. Gli effetti osservati più rilevanti sono:

1. l'espansione del reticolo, la quale spesso comporta una variazione della struttura del cristallo;
2. il potenziale attrattivo dei protoni influenza quelle funzioni d'onda del metallo che hanno una densità finita nei siti dell'idrogeno e conduce alla formazione della banda relativa ai legami idrogeno-metallo, al disotto della banda-d del metallo;
3. l'apporto di elettroni prodotto dall'ingresso degli atomi H produce uno spostamento del livello di Fermi.

Gli atomi di idrogeno disciolti nel metallo danno luogo a fenomeni di trasporto con scale temporali molto diverse da quelle tipiche degli atomi metallici. Gli atomi H vibrano nei siti interstiziali a frequenze molto più elevate di quelle tipiche degli atomi metallici vi-

<sup>1</sup> I modi di vibrazione degli atomi del reticolo vengono chiamati fononi e sono il corrispondente vibrazionale "meccanico" dei fotoni, quanti di radiazione elettromagnetica.

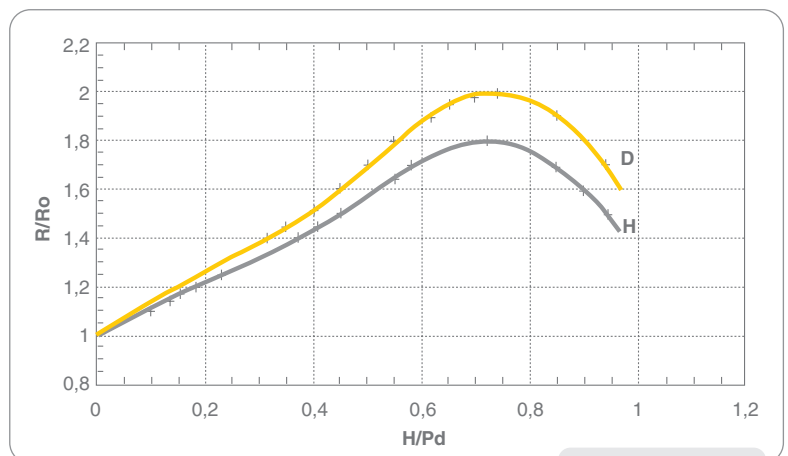
cini, con ampiezze dell'ordine di 0,1-0,2 Å. Un atomo di idrogeno, dopo numerose oscillazioni in un sito, può saltare in un altro sito. Poiché il palladio è il metallo maggiormente investigato, nel prosieguo verranno esposte le caratteristiche salienti di questo materiale a seguito di una idrurazione.

a) È stato osservato<sup>26-27</sup> che tra  $x = 0,6$  e  $x \approx 1$  il coefficiente di diffusione dell'idrogeno nel palladio aumenta di almeno due ordini di grandezza fino a  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ .

b) È noto<sup>28-29</sup> che la variazione di volume ( $\Delta V/V$ ) della cella reticolare del palladio in funzione della concentrazione di idrogeno è una linea retta, la quale mostra un deciso cambio di pendenza in prossimità di  $x = 0,8$ , il che indica una diversa interazione con il reticolo.

c) Misure di suscettività magnetica e di calore specifico elettronico<sup>30</sup> mostrano che la densità degli stati al livello di Fermi diminuisce quando aumenta il contenuto di idrogeno. Tuttavia, misure di effetto Hall<sup>31</sup> mostrano una rapida diminuzione della costante di Hall intorno a  $x = 0,83$ , in corrispondenza di un aumento della resistività elettrica. Questa evidenza porta a ritenere che alle elevate concentrazioni altri portatori di carica, come le lacune elettroniche, contribuiscano alla conducibilità del materiale. La variazione della resistività dell'idruro di palladio consente di stimare il livello di concentrazione di idrogeno nel reticolo. L'andamento della resistenza elettrica dell'idruro di palladio, in funzione della concentrazione di idrogeno (deuterio) è mostrato in figura 5.

d) La configurazione elettronica del palladio è  $[\text{Kr}]4d^{10}$ ; comunque il suo comportamento metallico conduce all'ibridizzazione con la banda 5sp. Gli elettroni riempiono la banda 4d fino al livello dell'energia di Fermi, lasciando 0,36 stati disponibili per atomo di palladio al top della banda. Nel composto palladio-idrogeno gli elettroni riempiono un gruppo di stati al disotto del livello di



**Figura 5**

Andamento della resistenza dell'idruro di palladio, normalizzata rispetto a quella del palladio puro, in funzione della concentrazione di idrogeno (deuterio D) in frazione atomica

Fermi<sup>30</sup>, quindi riempiono gli stati nelle bande 4d e 5sp. Questa è una operazione dal basso costo energetico fino a quando sono accessibili stati liberi e coincide con il plateau dell'isoterma di adsorbimento della figura 3. Dopo diventa obbligatorio un innalzamento dell'energia di Fermi, il che è in genere molto costoso in termini di bilancio di energia per il sistema e si traduce in una brusca variazione della pendenza delle isoterme, come risulta dalla figura 3.

Queste caratteristiche mostrano che la dissoluzione degli isotopi dell'idrogeno in un metallo come il palladio modifica fortemente il sistema e le proprietà del sistema, anche se in questi termini non esiste evidenza di un meccanismo in grado di produrre una interazione nucleare tra isotopi dell'idrogeno confinati nel reticolo, in quanto, sulla base delle conoscenze disponibili, la distanza tra le particelle resta dell'ordine di alcuni Å. Nel prosieguo si vedrà che, un meccanismo capace di ridurre queste distanze può essere ricondotto al comportamento coerente degli elettroni al livello di Fermi.

### Equilibrio termodinamico e solubilità dell'idrogeno nei metalli

La termodinamica ed i fenomeni di equilibrio che caratterizzano i sistemi metallo-idrogeno sono aspetti fondamentali sia per lo studio della riproducibilità della soglia di

caricamento sia per il controllo di gran parte dei processi riconducibili a reazioni nucleari a bassa energia che avvengono nella materia condensata.

Poiché è stato dimostrato che la produzione di eccesso di potenza nel sistema palladio-deuterio è un fenomeno a soglia, il primo passo da compiere è quello di identificare una opportuna funzione che ci consenta di descrivere la termodinamica dell'equilibrio la quale definisce il limite di concentrazione di deuterio che può essere raggiunto nel reticolo metallico. Questa funzione è la ben nota funzione termodinamica potenziale chimico, essa ci dice come cresce o decresce l'energia di un sistema quando rispettivamente aggiungiamo o sottraiamo una particella. Il limite di concentrazione per l'idrogeno (deuterio) che si assorbe in un metallo è raggiunto quando il potenziale chimico dell'idrogeno nel reticolo e nell'ambiente esterno risultano essere eguali.

Il potenziale chimico dell'idrogeno che si solubilizza in un metallo, come ad esempio il palladio, se sono assenti campi di forza in grado di modificare l'energia libera del sistema, si scrive come segue:

$$\mu_H = \mu_H^0 + RT \cdot \ln \frac{x}{1-x} + \Delta\mu_H \quad (4)$$

ove  $\mu_H^0$  è il potenziale standard, il secondo termine è il termine configurazionale della distribuzione statistica dell'idrogeno nei siti ottaedrici (questo termine diventa dominante quando la concentrazione di idrogeno, in frazione atomica, diventa prossima all'unità), l'ultimo termine contiene la somma del contributo ionico ed elettronico<sup>32</sup>.

Un'analisi del termine logaritmico che compare nella equazione (4) porta a concludere che, quando la concentrazione di idrogeno (o altro suo isotopo) nel reticolo raggiunge un valore, espresso in frazione atomica, molto prossimo all'unità, il potenziale chimico del soluto tende all'infinito. Questa è una situazione termodinamicamente inaccettabile, quindi è plausibile

che il sistema si riorganizzi assumendo una configurazione a cui compete una energia libera più elevata, ma un potenziale chimico finito. Di conseguenza, è lecito supporre che la frazione di atomi di idrogeno che eccede l'unità finisca con il collocarsi negli altri siti accessibili del sottoreticolo, ossia nei siti tetraedrici.

La solubilità di un gas in un metallo, intesa come concentrazione del gas nel metallo all'equilibrio, ad una data temperatura  $T$  e a pressione costante  $P$ , può essere calcolata facendo uso della termodinamica statistica.

### Equilibrio con ambiente esterno in fase gassosa

In prima analisi affrontiamo il problema della dissoluzione di un gas in un reticolo metallico, assumendo che il metallo si trovi alla temperatura  $T$  ed in contatto con il gas  $G_2$  (i.e.  $H_2$ ) alla pressione  $P$ . Il potenziale chimico, funzione della pressione  $P$  e della temperatura  $T$ , vale  $\mu_{G_2}$  all'esterno del metallo. Il gas adsorbito alla superficie penetra, in forma atomica, nel metallo e diffonde mediante salti non correlati, attraverso i siti interstiziali. Il potenziale chimico degli atomi assorbiti nel reticolo è dato dalla condizione di equilibrio per la seguente reazione:



ossia:

$$\mu_G = \frac{1}{2} \mu_{G_2} \quad (6)$$

dove

$$\mu_{G_2} = \mu^0 + RT \ln(f^*). \quad (7)$$

$R$  è la costante dei gas e  $f^*$  è la fugacità del gas. Quest'ultima può essere calcolata mediante l'equazione di stato per gas non ideali:

$$f^* = \frac{p^2 V}{RT} \quad (8)$$

dove  $V$  è il volume esterno.



## Equilibrio in un sistema elettrochimico

L'assorbimento di idrogeno, da parte di un reticolo, durante un processo di polarizzazione catodica di un metallo è direttamente legato al meccanismo di reazione elettrochimica riconducibile alle due reazioni seguenti:

1) reazione di Tafel:



2) reazione di Volmer:



$H_a$  è l'idrogeno adsorbito sulla superficie metallica e  $H^+$  è il protone che si solubilizza nel reticolo.

La teoria sviluppata da Enyo<sup>33-36</sup> stabilisce una relazione tra la concentrazione superficiale, la sovratensione  $\eta$ , e la densità di corrente  $J$ . Il concetto che il potere riducente del catodo possa essere tradotto in una pressione efficace è comunemente accettato ed è deducibile dalla ben nota equazione di Nernst, la quale però non può essere applicata ai sistemi oggetto del nostro studio. Per essi è stata ricavata una opportuna formulazione da Enyo.

Con riferimento alle reazioni di Tafel e Volmer<sup>9-10</sup>, possiamo scrivere per esse le variazioni di energia libera di Gibbs in funzione della variazione di potenziale chimico:

$$-\Delta g_T = \mu_{H_2} - 2\mu_H \quad (11)$$

$$-\Delta g_V = \mu_H - (\mu_{H^+} + \mu_{e^-}) \quad (12)$$

L'attività termodinamica  $a$  è legata al potenziale chimico dalla relazione:

$$\mu = \mu^0 + RT \ln(a) \quad (13)$$

Indicando con  $a_H$  e  $a_H^0$  rispettivamente l'attività dell'idrogeno adsorbito ed il suo valore in condizioni di corrente di equilibrio<sup>36</sup>, le equazioni (11) e (12) possono essere riscritte come segue:

$$-\Delta g_T = -2RT \ln\left(\frac{a_H}{a_H^0}\right) = -2RT \ln(\gamma_H) \quad (14)$$

$$-\Delta g_V = F\eta + RT \ln(\gamma_H) \quad (15)$$

Sommando la (14) e la (15) otteniamo la variazione complessiva di energia libera per l'intero processo:

$$-\Delta G = 2F\eta \quad (16)$$

Poiché  $\gamma_{H_2} = (\gamma_H)^2$ , la pressione equivalente di idrogeno può essere espressa come:

$$(17)$$

ossia:

$$P_{H_2} = \exp\left(-\frac{2mf\eta}{m+2}\right) \quad (18)$$

dove:

$$m = \frac{\Delta g_T}{\Delta g_V}; f = \frac{F}{RT} \quad (19)$$

L'equazione (18) è simile all'equazione di Nernst e mostra che nell'intervallo dei valori tipici di sovratensione che si raggiungono durante i processi elettrochimici, la pressione efficace dell'idrogeno può raggiungere valori fino a  $10^6$  atm.

Questo valore chiarisce perché, negli esperimenti di fusione fredda, nella maggior parte dei casi, si è adottato il procedimento di caricamento elettrochimico invece del procedimento in gas.

## Conclusioni

Al termine di questa prima esposizione è possibile focalizzare l'attenzione su alcuni aspetti del problema in particolare. In primo luogo, il consistente sforzo sperimentale che è stato compiuto nel corso di questi anni in molti paesi, al fine di dimostrare non solo che il fenomeno della produzione di eccesso di potenza esiste, ma anche che la natura del fenomeno è effettivamente nucleare.

Si è potuto, inoltre, stabilire che nel caso del processo di fusione fredda il fenomeno è a soglia e che esistono indicazioni sufficienti per ritenere che, nella materia condensata, in determinate condizioni, avvengono anche altri processi di natura nucleare diversi dalla reazione:



## Bibliografia

- M. FLEISHMANN, S. PONS, *Electrochemically Induced Nuclear Fusion of Deuterium*, J. Electroanal. Chem., 261, 301 (1989); J. Electroanal. Chem., 263, 197 (1989).
- M.H. MILES, B.F. BUSH, G.S. OSTROM, J.J. LAGOWSKI, *Heat and Helium Production in Cold Fusion Experiments*, Como '91, 363 (1991).
- G. PREPARATA, *Some Theoretical Ideas*, Trans. Fusion Technology. 26, 397 (Dec. 1994).
- F. SCARAMUZZI, *La Fusione Fredda Otto Anni Dopo*, Energia Ambiente e Innovazione N.1 (1997).
- M.C.H. MCKUBRE, S. CROUCH-BAKER, A.M. RILEY, S.I. SMEDLEY, F.L. TANZELLA, *Excess of Power Observations in Electrochemical Studies of the DIPd System: the Influence of Loading ICCF3*, 5 (1993).
- F. DE MARCO, A. DE NINNO, A. FRATTOLILLO, A. LA BARBERA, F. SCARAMUZZI, V. VIOLANTE, Progress Report on the Research Activities on Cold Fusion at ENEA Frascati, Proc. Six<sup>th</sup> International Conference on Cold Fusion, October 13-18, 1996, Toya, Japan, (145).
- A. DE NINNO, A. LA BARBERA, V. VIOLANTE, *Selection of Palladium metallurgical parameters to achieve very high loading ratios*, Proc. Six<sup>th</sup> International Conference on Cold Fusion, October 13-18, 1996, Toya, Japan (192).
- A. DE NINNO, A. LA BARBERA, V. VIOLANTE, *Deformations Induced by High Loading Ratios in Palladium-Deuterium Compounds*, J. Of Alloys and Compounds, 253-254 (1997) 181-184.
- A. DE NINNO, A. LA BARBERA, V. VIOLANTE, *Consequences of Lattice Expansive Strain Gradients on Hydrogen Loading in Palladium*. Phys. Rev. B, Vol. 56, N. 5 (1997) 2417-2420.
- D. GOZZI, F. CELLUCCI, L. CIGNINI, G. GIGLI, M. TOMELLINI, E. CISBANI, S. FRULLANI, G.M. URUIOLI, *Erratum to "X-Ray, Heat Excess and <sup>4</sup>He in the DIPd System"*, J. Electroanal. Chem. 435 (1997) 251-271.
- Y. ARATA, Y.C. ZHANG, *Anomalous Difference between Reaction Energies Generated within D<sub>2</sub>O Cell and H<sub>2</sub>O Cell*. Jpn. J. App. Phys. Vol. 37 (1998) 1274-1276.
- Y. ARATA, Y.C. ZHANG, *Observation of Anomalous Heat and Helium-4 Production from Highly Deuterated Palladium Fine Particles*, Jpn. J. App. Phys. Vol. 38 (1999) 774-775.
- Y. ARATA, Y.C. ZHANG, *Deuterization and Deuterium Reactions in the Electrolyses of D<sub>2</sub>O with the double Structure Cathode and the Bulk Cathode*. Jpn. J. App. Phys. Vol. 39 (2000) 4198-4202.
- W. CLARKE, B. OLIVER, M. MCKUBRE, F. TANZELLA, P. TRIPODI, *Search for <sup>3</sup>He and <sup>4</sup>He in Palladium-Black from Arata-Style Palladium cathodes, II; Evidence for Tritium Production*, Fusion Science and Technology, 40, September 2001.
- M. MCKUBRE, V. VIOLANTE ET AL., *Progress Towards Replication*, Proceedings ICCF-9, Pechino Maggio 2002.
- T. MIZUNO, *Nuclear Transmutations*, Infinite Energy Press, 1997.
- Y. IWAMURA, M. SAKANO, T. ITHO. *Elemental Analysis of Pd Complexes Effects of D<sub>2</sub> Gas Permeation*. Jpn. J. Appl. Physics Vol 41 (2002) pp 4642-4650.
- V. VIOLANTE, M. MCKUBRE ET AL., *X-Ray Emission During Electrolysis of Light Water on Palladium and Nickel Thin Films*, Proceedings ICCF-9, Pechino Maggio 2002.
- Y. ARATA, HIROSHI FUJITA, Y.C. ZHANG, *Intense deuterium nuclear fusion of pycnodeuterium-lumps coagulated locally within highly deuterated atom cluster*. Proc. Japn Acad., 78, Ser. B (2002).
- L. SHLAPBACH, *Hydrogen and its Isotopes in and on Metals*, Conference Proc. Vol. 33 "The Science of Cold Fusion. T. Bressani, E. Del Giudice, G. Preparata (Eds). Italian Phys. Soc., Bologna 1991.
- W.M. MULLER, J.P. BLACKLEDGE, G.G. LIBOWITZ, *Metal Hydrides* (Academic Press, New York 1968).
- G. ALEFELD, J. VOLKL, *Hydrogen in Metals*, Vols. I and II, Topics in Applied Physics Vols. 28 and 29, Springer-Verlag Berlin, 1978.
- G. BAMBAKIDIS, R.C. BOWMANN, *Hydrogen in Disordered and Amorphous Solids*, NATO ASI, Series B: Physics Vol 136 (plenum Press, New York 1986).
- L. SCHLAPBACH, *Hydrogen in Intermetallic Compounds*, Vol I and II, Springer Topics in Applied Physics, 63 (1988) and 67 (1990), Springer Verlag Berlin.
- J.J. REILLY, G.D. SANDROCK, Sci. Am. 242, 118 (1980).
- G. MENGOLI ET AL., *Surface and Bulk Effects in the Extraction of Hydrogen from Highly Loaded Pd Sheet Electrodes*, J. Electroanal. Chem., 350, 57 (1993).
- V.I. CHERNENKO, T.G. YAKUNINA, *Diffusion of Hydrogen through Pd Membranes* Elektrokhimiya, 18, 7, 904 (1982).
- H. PEISEL, *Lattice Strains Due to Hydrogen in Metals*, *Hydrogen in Metals*, Vol I, p. 53, G. Alefeld and J. Volkl, Eds., Springer-Verlag, Berlin (1978).
- J.E. SHIRBER, B. MOROSIN, *Lattice Constant of  $\beta$ -PdH<sub>x</sub> and  $\beta$ -PdD<sub>x</sub> with x near 1.0*. Phys. Rev. B, 12, 1, 117, (1975).
- J. ZBANSNIK, M. MAHNING, *The Electronic Structure of Beta-Phase Palladium Hydride*, Z. Phys. B, 23, 15 (1976).
- R. WISNIEWSKY, A. ROSTOKY, *Hall Effect in The Pd-H System*, Phys. Rev. B, 3,2,251 (1971).
- E. WICKE, H. BRODOWSKY, *Hydrogen in Palladium and Palladium Alloys*, *Hydrogen in Metals II*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1978) Chap. 3.
- T. MAOKA, M. ENYO, Surf. Technology, 9, 147 (1979).
- M. ENYO, J. Electroanal. Chem., 134, 75 (1982).
- M. ENYO, P.C. BISWAS, J. Electroanal. Chem., 357, 67 (1993).
- B.E. CONWAY, J. O'M. BOCKRIS, E. YEAGER, S.U.M. KHAN, R.E. WHITE, *Comprehensive Treatise of Electrochemistry*, Vol. 7, Chap. 5, p. 241, Plenum Press, New York (1983).

# Biomasse: dal legno “calore sostenibile”

GIUSEPPE TOMASSETTI \*  
LUCA CASTELLAZZI\*\*  
FRANCESCO VIVOLI\*\*

ENEA,

\*Unità di Agenzia

\*\*Fonti Rinnovabili  
e Cicli Energetici Innovativi

La biomassa è la più antica e tra le più rilevanti fonti di energia rinnovabile a livello mondiale. Le innovazioni tecnologiche nel settore rendono il riscaldamento dei grandi edifici sensibilmente più economico di quello convenzionale e comparabile nelle emissioni di gas e polveri

studi & ricerche

## **Biomass:** “sustainable heat” from wood

### Abstract

*Biomass was the first energy source available to humans and is still the major renewable energy source in many developing countries, and one of the most important world-wide. In Italy, where biomass for energy is produced from multiple sources, the number of plants fueled by biomass and waste is growing steadily. The success of this technology in Italy is the result of its cost-effectiveness as well as of greater sensitivity to environmental issues.*

**S**i definiscono biomasse tutte quelle sostanze a matrice organica, appartenenti al mondo animale o vegetale, aventi stato fisico solido, liquido o gassoso, che possono essere impiegate a scopo energetico; l'energia chimica in esse contenute deriva, in ultima analisi, dal sole ed è accumulata attraverso la sintesi clorofilliana.

Nell'ambito delle fonti rinnovabili di energia il termine biomassa si applica solo alle sostanze che hanno la possibilità di essere rinnovate in termini di tempo congruenti con la vita umana, per cui sono escluse quelle forme completamente fossilizzate, quali carboni, ligniti, catrami, petroli e metano.

Le biomasse costituiscono una forma sofisticata di accumulo dell'energia solare. Questa, infatti, consente alle piante di convertire la CO<sub>2</sub> atmosferica in materia organica, tramite il processo di fotosintesi. La biomassa è ampiamente disponibile ovunque e rappresenta una risorsa locale, pulita e rinnovabile.

Alcune tipologie di biomassa, come la legna da ardere, sono coltivate, raccolte e commercializzate direttamente per uso energetico. Al contrario, altre tipologie di biomasse hanno un ciclo principale di vita, di valore maggiore, come materia prima per l'industria delle costruzioni, per la carta, per i mobili o per uso alimentare, mentre sia gli scarti dei processi di trasformazione (lolla del riso) che i prodotti stessi a fine vita (pellets e cassette da imballo) possono essere poi valorizzati a scopo energetico. Sulla base di queste premesse le biomasse sono raggruppabili nelle seguenti famiglie principali:

1. biomasse forestali, legno ricavato da piante destinate alla combustione (legna da ardere);
2. colture energetiche dedicate (sia per combustione diretta che per trasformazione in biocombustibili);
3. residui delle attività agricole (paglie e patate arboricole), residui delle attività forestali (ramaglie e cime, scorze,

- ceppi), residui della lavorazione del legname (segatura, refile, intestature), residui agroindustriali (sanse, raspi, lolla di riso) e dell'industria alimentare (grassi di macellazione, noccioli di frutta, gusci);
4. rifiuti speciali a matrice biologica (tavole dei cantieri, legno delle demolizioni degli edifici, mobili a fine vita, oli di frittura, pali e traversine);
5. frazione biogenica dei rifiuti solidi urbani (carta, legno, tessuti, residui alimentari, residui di giardinaggio e patate urbane);
6. rifiuti organici degli impianti delle fognature urbane e degli allevamenti zootecnici.

Le biomasse, la prima fonte energetica che l'umanità ha avuto a disposizione, ancora oggi costituiscono la fonte di energia rinnovabile più importante in molti paesi in via di sviluppo e a livello mondiale, insieme all'idroelettrico, tra le più rilevanti.

Dal punto di vista tecnico le biomasse accumulano energia negli anni, fino a una densità, a parità di peso secco pari a poco meno della metà di quella del petrolio; è pertanto possibile utilizzare questa fonte rinnovabile se l'utente ne ha bisogno, mentre altre fonti rinnovabili sono disponibili solo in alcuni momenti del giorno e dell'anno, per di più difficilmente prevedibili; le biomasse, quindi, hanno per l'utente affidabilità comparabile con quella delle fonti fossili.

Ultimo aspetto, non meno importante è quello tecnologico. Sono già sul mercato dispositivi, a costi contenuti e complessità limitata, che permettono di utilizzare subito le biomasse anche in maniera decentrata.

## L'utilizzo delle biomasse in Italia

Per l'utilizzo delle biomasse coesistono oggi, in particolare in Italia, sia impianti con tecnologia obsoleta, quasi senza strumentazione, che impianti più moderni (dalle tecnologie del letto fluido alla fiamma rovescia), e tecnologie che invece puntano ad una valoriz-

zazione delle potenzialità termiche nel rispetto dei vincoli ambientali sulle emissioni. Il primo tipo di impianti è basato sull'autoconsumo di materiali di scarto considerati di poco valore, mentre nel secondo caso si impiegano combustibili lavorati per migliore efficienza e comodità del cliente, come i pellets, con prezzi che, nel caso di utilizzo per caminetti, possono arrivare ad avvicinarsi a quelli del gasolio. La coesistenza di tecnologie così disparate costituisce un indicatore del fatto che l'Italia non ha condotto, nel campo delle biomasse, una politica molto efficace; il punto più debole del sistema italiano delle biomasse per uso energetico è costituito dal mancato raccordo fra consumatori e disponibilità del combustibile. Inoltre il patrimonio boschivo risulta essere particolarmente degradato sia per la scarsa manutenzione, a causa dell'abbandono generalizzato della montagna e della ripidezza dei pendii, sia per il numero sempre crescente di incendi estivi nonostante ci siano decine di migliaia di persone impegnate nelle foreste, anche se a titolo di occupazione di emergenza. In compenso è generalizzato l'autoconsumo, il prelievo diretto, al limite dell'illegalità, sui terreni di proprietà pubblica.

Da queste considerazioni si evince che in Italia il combustibile "legno" costa e costerà sempre molto e perciò risulta proponibile solo per impieghi che accettino tali prezzi. È questo il caso del riscaldamento nel settore civile, ove si sostituiscono combustibili di qualità costosi e tassati per la produzione di elettricità; ove si sostituiscano combustibili meno tassati, non sembra invece avere prospettive all'infuori del CIP 6, fatto salvo l'uso di rifiuti per i quali gli aspetti di smaltimento sono preponderanti. Sono invece disponibili grandi quantità di scarti dalle attività agricole e dalle industrie dei mobili; inoltre vengono importate, prevalentemente dalla Germania, circa 1,5 milioni di tonnellate all'anno di legno dalle demolizioni, legno peraltro conside-

rato tossico e pericoloso per la presenza di vernici ed impregnanti, legno che in Italia viene riciclato per costruire pannelli in parte riesportati dall'industria come mobili.

La normativa presenta un altro punto debole. A partire dagli anni 80 si è venuta sviluppando una legislazione ambientale secondo la quale tutti gli scarti delle attività produttive dovevano essere classificati come potenzialmente pericolosi e perciò essere ammessi alla combustione solo in grandi impianti dotati di particolari strumentazioni di controllo.

Anche il sistema degli incentivi, per lungo tempo centrato solo sulla produzione di elettricità (dal CIP 6 ai certificati verdi), non è risultato particolarmente efficace per la diffusione di questa tecnologia. Inoltre, a livello di programmi di ricerca europei si è preferito considerare le biomasse come possibile fonte "alternativa" e non "integrativa" di quella fossile; sono stati così privilegiati e finanziati progetti a lungo termine come quelli relativi alle colture energetiche dedicate, alla gassificazione, alla produzione di biocombustibili, piuttosto che concentrarsi sulle problematiche della combustione di prodotti già commerciali, dai caminetti alle stufe, fino alle caldaie.

Questo approccio si è adattato male alla realtà italiana, dove la produzione di biomassa non è concentrata nelle grandi segherie come in Svezia e Canada, ma avviene in modo molto diffuso su tutto il territorio; per questo motivo gli impianti dedicati alla produzione di sola elettricità (CIP 6) stentano a trovare oggi il materiale a loro necessario e, per via dei costi di esercizio, difficilmente continueranno ad operare quando gli incentivi non saranno più elargiti.

Tuttavia negli ultimi anni la situazione si è finalmente evoluta; infatti nel 1999 è stato messo in opera un sistema di incentivi per gli impianti di teleriscaldamento nelle zone montane, e nel marzo 2002, un decreto legislativo ha classificato le biomasse residuali

**Figura 1**  
Pellets di legno



Fonte: AA.VV., *Combustibili legnosi: calore sostenibile per gli edifici residenziali*, ENEA 2002

fra i combustibili solidi ammissibili, anche se sussistono alcune incongruenze con il complesso delle altre leggi; inoltre i decreti sull'efficienza energetica del 24/4/2001, "certificati bianchi", valorizzano in modo adeguato il calore prodotto dalle biomasse. Infine l'entrata nel mercato del legno compattato in pastiglie, "pellets", e delle relative stufe e caldaie totalmente meccanizzate, sta rivoluzionando il mercato; esiste tuttavia il pericolo che la diffusione rapida del loro utilizzo porti solo ad un aumento delle importazioni dall'estero del combustibile legnoso senza un reale beneficio per i nostri agricoltori e per il "sistema boschi" italiano<sup>1</sup>.

### La disponibilità di biomasse in Italia

Stimare le quantità di biomasse prodotte e utilizzate nel nostro Paese non è un compito facile sia perché spesso i dati relativi a questi prodotti provengono da diverse fonti e non sono omogenei, sia perché spesso vengono utilizzati e scambiati in circuiti non commerciali (autoconsumo, fuori commercio ecc).

Si vuole dare, di seguito, un'idea degli ordini di grandezza in gioco per avere una stima approssimativa della grande potenzialità di questa fonte energetica.

### Biomasse forestali

A seconda della metodologia e dei parametri di rilevamento della superficie boschiva si ottengono stime differenti<sup>2</sup>. Secondo l'Annuario di Statistica del 1995, la superficie forestale italiana è di 6.821.281 ettari, pari al 22,4% del territorio nazionale; i dati sono basati sui parametri di copertura minima pari al 50% e superficie minima di 0,5 ettari. Invece, secondo recenti stime EUROSTAT (1998), che si basano anche su rilevamenti satellitari, le foreste italiane si estendono su 9.857.000 ettari, poco meno di un terzo della superficie territoriale nazionale: queste stime sono state elaborate in base ai parametri internazionali ossia di copertura minima del 10% e superficie minima di 0,5 ettari.

Inoltre, in base a stime dell'Inventario Forestale Nazionale, mentre l'accrescimento boschivo si attesta a 3 metri cubi per ettaro l'anno il tasso di utilizzazione risulta essere di circa 1 metro cubo per ettaro l'anno; questo enorme accumulo di legno mostra quale sia la potenzialità energetica dei nostri boschi, ma anche di quanta maggiore cura e gestione avrebbero bisogno, dal momento che l'abbandono dei boschi, un tempo utilizzati a ceduo, cioè a taglio di breve periodo per produrre carbone, li rendono vulnerabili verso incendi e malattie. Secondo i dati ufficiali dell'ISTAT, la superficie tagliata copre l'1,9% di quella totale, per una quantità pari a circa 9.912.000 metri cubi l'anno.

### Residui delle attività agricole, forestali, agro-industriali e dell'industria alimentare

Non è facile fornire una stima sulle quantità di residui in quanto non esiste alcun lavoro analitico nazionale recente e attendibile. Per avere un'idea degli ordini di grandezza in gioco ci si può riferire alla stima su un totale di 17,2 Mt/anno effettuata nel 1994 dall'AIGR (Associazione Italiana Genio Rurale):

- residui agricoli: 7,8 Mt/anno;
- residui industria legno: 7,7 Mt/anno;
- residui industria agroalimentare: 1,6 Mt/anno.

Per quanto riguarda la sola sansa ci si riferisce ai dati forniti dall'ASSITOL che indica in 0,5 Mt/anno la quantità disponibile di sansa esausta escludendo le importazioni. A seguito del fenomeno della “mucca pazza” ci sono anche centinaia di migliaia di tonnellate di farine animali alle quali vanno aggiunte i grassi e gli oli vegetali usati.

### Frazione organica, detta anche biogenica, dei rifiuti solidi urbani

La quota prodotta ogni anno è stimabile in 5 Mt di cui ne vengono utilizzate, per il recupero energetico, solo 0,27 tonnellate in 23 impianti.

### Rifiuti speciali a matrice biologica

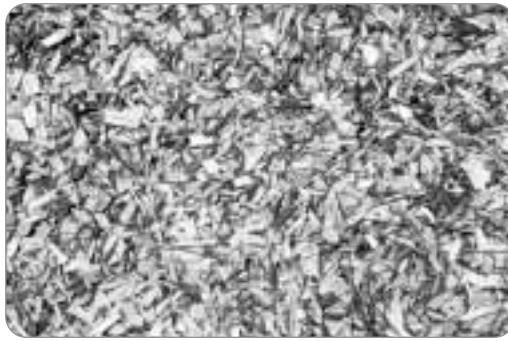
Non esistono dati che permettano di effettuare una stima precisa. Tuttavia secondo Federlegno, l'industria mobiliera italiana produce da sola 4 Mt/anno di residui legnosi di cui 1 Mt/anno autoconsumati.

### Coltivazioni energetiche

Attualmente le aree destinate a colture energetiche dedicate sono molto ridotte ed essenzialmente dedicate ad attività di ricerca. Attualmente infatti sono solo 40 gli ettari coltivati con specie forestali a rapido accrescimento e a breve turno di rotazione con finalità specificatamente energetiche, ma si prevede che entro il 2005 si possa arrivare a 3500-5000 ettari, procedendo anche alla sostituzione della pioppicoltura classica<sup>2</sup>.

### Importazioni

L'Italia alimenta un forte flusso di importazioni di legna da ardere, di carbone di legna, di legna di recupero dalla selezione



**Figura 2**  
Cippato di legno

Fonte: AA.VV., *Combustibili legnosi: calore sostenibile per gli edifici residenziali*, ENEA 2002

dei rifiuti (0,5 Mt/anno dalla sola Germania), di residui dell'industria agroalimentare (sansa e noccioli da tutto il bacino del Mediterraneo); mentre si sta aprendo ora l'enorme mercato mondiale del cippato e dei pellets.

### Come trarre energia dalle biomasse

Le biomasse, a seconda del tipo e della composizione, possono essere: bruciate per fornire calore; convertite in altro combustibile (metano, etanolo, metanolo, prodotti carboniosi) mediante l'impiego di microrganismi oppure dall'azione di elevate temperature o di agenti chimici; infine, direttamente usate per la generazione di energia elettrica. I processi di conversione delle biomasse sono, quindi, di due tipi:

- termochimici: combustione diretta, gassificazione, pirolisi, carbonizzazione, estrazione di oli vegetali, a seconda dei contenuti in carbonio e azoto (rapporto C/N) e dell'umidità presente nella materia organica da trattare;
- biochimici: digestione anaerobica, fermentazione alcolica, digestione aerobica.

#### *Tecnologie di conversione termochimica*

Tali tecnologie possono essere così individuate:

- combustione diretta in caldaie di vario tipo secondo la taglia (vedi Appendice su “La tecnologia di combustione della legna”);

- gassificazione, ossidazione incompleta per la produzione di un gas combustibile (CO, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>) utilizzabile per alimentare direttamente motori alternativi a ciclo Otto;
- pirolisi, decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuto mediante l'applicazione di calore, a temperature comprese tra 400 e 800 °C in assenza di un agente ossidante;
- estrazione di oli e produzione di biodiesel, estratti da piante oleaginose, quali soia, colza, girasole ecc., che possono essere utilizzati come combustibili nello stato in cui vengono estratti.

#### Processi di conversione biochimica

Questi processi permettono di ricavare energia per reazione chimica dovuta al contributo di enzimi, funghi e micro-organismi che si formano nella biomassa sotto particolari condizioni:

- digestione anaerobica, un processo di conversione di tipo biochimico, consistente nella demolizione, ad opera di micro-organismi, di sostanze organiche complesse (lipidi, protidi, glucidi) contenute nei vegetali e nei sottoprodotti e ri-

fiuti (deiezioni animali, reflui civili, rifiuti alimentari e frazione organica dei rifiuti solidi urbani con rapporto C/N inferiore a 30%), che produce un gas (biogas) costituito per il 50÷70% da metano e per la restante parte soprattutto da CO<sub>2</sub> ed avente un potere calorifico medio dell'ordine di 23.000 kJ/Nm<sup>3</sup>;

- fermentazione alcolica, un processo, di tipo micro-aerofilo, di trasformazione in etanolo dei glucidi contenuti nelle produzioni vegetali; un derivato dell'etanolo è l'ETBE (EtilTertioButilEtere); l'etanolo e l'ETBE sono utilizzabili anche nei motori a combustione interna;
- digestione aerobica, un processo consistente nella metabolizzazione delle sostanze organiche per opera di micro-organismi, il cui sviluppo è condizionato dalla presenza di ossigeno. Questi batteri convertono sostanze complesse in altre più semplici, liberando CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e producendo un elevato riscaldamento del substrato, proporzionale alla loro attività metabolica. Il calore prodotto può essere così trasferito all'esterno, mediante scambiatori a fluido.

**Tabella 1**

Produzione lorda di energia elettrica da biomasse e rifiuti (1994-2001)

GWh	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Solo produzione di energia elettrica</b>	<b>156,6</b>	<b>202,8</b>	<b>365,7</b>	<b>527,5</b>	<b>770,6</b>	<b>995,4</b>	<b>933,5</b>	<b>1060,1</b>
Solidi	135,6	167,6	239,7	231,1	317,8	454,2	409,4	465,0
RSU	133,2	154,1	223,1	216,6	259,3	235,1	266,5	313,0
Colture e rifiuti agroindustriali	2,4	13,5	16,6	14,5	58,5	219,1	142,8	152,0
Biogas	21	35,2	126	296,4	452,8	541,2	524,1	595,0
Da discariche	21	35,1	125,9	296,1	452	539,6	539,6	593,8
Da fanghi	0	0,1	0,1	0,2	0,6	0,5	0,3	0,1
Deiezioni animali	-	-	-	-	-	0,8	0,2	1,1
Colture e rifiuti agroindustriali	-	-	-	-	-	0,3	0,2	-
<b>Cogenerazione</b>	<b>128</b>	<b>184,3</b>	<b>238,5</b>	<b>292,8</b>	<b>458,2</b>	<b>826,9</b>	<b>972,8</b>	<b>1527,3</b>
Solidi	113,4	116,9	157,5	216,3	417	785,4	930,7	1437,8
RSU	55,3	14,3	17,1	35,5	204,9	417,9	537,0	945,5
Colture e rifiuti agroindustriali	58,1	102,6	140,4	180,8	212,1	367,5	393,8	492,4
Biogas	14,6	67,4	81	76,5	41,2	41,5	42,0	89,4
Da discariche	3,4	53,8	67,9	64,5	26,8	26,8	27,8	70,8
Da fanghi	2,4	2,9	3,1	2,7	4,2	5,8	5,8	4,5
Deiezioni animali	6,3	8,1	7,6	6,9	5,7	5,6	4,7	8,7
Colture e rifiuti agroindustriali	2,5	2,6	2,4	2,4	4,5	3,3	3,7	5,3
<b>Totale</b>	<b>284,7</b>	<b>387,1</b>	<b>604,2</b>	<b>820,3</b>	<b>1.228,8</b>	<b>1.822,3</b>	<b>1.906,2</b>	<b>2.587,3</b>

Fonte: GRTN, dati statistici sull'energia elettrica in Italia 2001.



## Legna per riscaldamento domestico e per calore di processo industriale

Due recenti indagini statistiche dell'ENEA sul consumo di legna per il riscaldamento domestico<sup>3</sup>, basate su 6.000 interviste telefoniche, hanno stimato un consumo residenziale di legna da ardere tra 16 e 20 Mt/anno. Questo dato risulta essere di gran lunga superiore a quello rilevato dall'ISTAT, sia per una prevedibile sottostima delle indagini ufficiali sia perché più della metà della legna deriva da autoapprovvigionamento per autoconsumo.

Per quanto riguarda la produzione di calore di processo industriale, l'ENEA ha rilevato l'installazione di circa 1.300 impianti per un totale di 2.400 MWt installati.

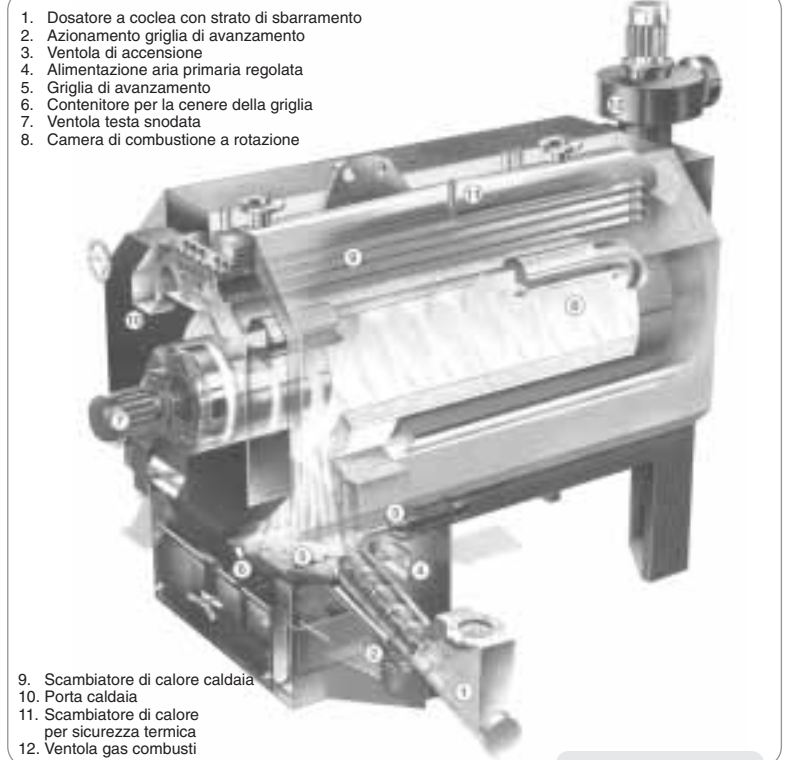
## Una nuova tecnologia per il riscaldamento residenziale a legna

Ogni anno un ettaro di bosco produce tra gli 8.000 e i 40.000 kWh di energia termica potenzialmente utilizzabili e sufficienti per il riscaldamento di una singola unità abitativa o di una piccola scuola materna<sup>4</sup>.

Gli attuali canali di approvvigionamento possono variare a seconda della realtà produttiva locale: la legna da ardere, proveniente dai boschi e dalle potature dei viali e dei parchi; il cippato ed i pellets, provenienti dai residui di produzione, dalle segherie e dalle imprese di costruzione e di carpenteria; i residui derivanti dalla produzione agricola o dall'industria alimentare, come i gusci di nocciola e la sansa di olivo, che possono costituire una eccellente fonte energetica.

Dove risulti necessario il trasporto su lunghe distanze ed è necessaria una logistica completamente automatizzata, conviene ricorrere ai pellets.

I pellets sono prodotti pressando i residui dalla lavorazione del legno, e trasformano così un materiale da smaltire in un combustibile di alta qualità. Inoltre, il prodotto ot-



Fonte: AA.VV., *Combustibili legnosi: calore sostenibile per gli edifici residenziali*, ENEA 2002

**Figura 3**

Caldaia con caricamento automatico del combustibile e scarico delle ceneri

tento presenta caratteristiche termochimiche e merceologiche superiori, sia in termini qualitativi che di omogeneità, rispetto a quelle del cippato e della legna tal quale: maggiore contenuto energetico, minore contenuto di acqua, pezzatura più uniforme e costante. Queste qualità rendono i pellets di più facile gestione e trasportabilità, e consentono periodi di immagazzinamento più lunghi: pertanto il prodotto può essere commercializzato economicamente su un raggio distributivo più ampio e rappresentare un passo avanti verso un sistema energetico più diversificato e ambientalmente sostenibile.

Recentemente sono stati realizzati diversi impianti per la produzione di pellets in varie parti d'Europa. Un elenco dei fornitori di questo combustibile è riportato sul sito [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info) al quale si può accedere per consultare l'elenco dei produttori di caldaie e dei fornitori di combustibili legnosi nonché le schede relative agli impianti realizzati con successo.

**Figura 4**  
Caldaia a combustibile sfuso



Fonte: AA.VV., *Combustibili legnosi: calore sostenibile per gli edifici residenziali*, ENEA 2002

Il riscaldamento residenziale risulta essere responsabile di circa un quarto della domanda energetica totale del nostro sistema energetico. Utilizzare fonti di energia rinnovabile in questo settore può rappresentare un passo avanti verso un sistema energetico più diversificato e ambientalmente sostenibile.

In Italia, negli ultimi anni e soprattutto nelle regioni del Nord, è stato realizzato un numero sempre crescente di impianti a biomasse. Il successo di questa tecnologia nel nostro Paese è legato, oltre che alla crescente sensibilità alle tematiche ambientali,

**Tabella 2**  
Costi di impianti a biomassa e di impianti a combustibile fossile

Unità	Cippato	Pellets	Gasolio	Metano
€	10.000	10.000	4.000	3.000
€	2.500	2.500	1.500	1.500
€	10.000	8.500	4.500	4.000
<b>€</b>	<b>22.500</b>	<b>21.000</b>	<b>10.000</b>	<b>8.500</b>
€	15.750	14.700	10.000	8.500
€/a	1.110	1.049	704	594
<b>€/anno</b>	<b>1.110</b>	<b>1.049</b>	<b>704</b>	<b>594</b>
€/anno	4.982	6.112	14.968	11.663
€/anno	120	80	60	50
<b>€/anno</b>	<b>5.102</b>	<b>6.192</b>	<b>15.028</b>	<b>11.713</b>
€/anno	175	168	78	65
€/anno	1.000	750	0	0
€/anno	250	200	150	80
€/anno	400	400	200	200
€/anno	250	200	100	100
<b>€/anno</b>	<b>2.075</b>	<b>1.718</b>	<b>528</b>	<b>445</b>
<b>€/anno</b>	<b>8.287</b>	<b>8.959</b>	<b>16.259</b>	<b>12.752</b>
<b>€/MWh</b>	<b>55,25</b>	<b>59,72</b>	<b>108,39</b>	<b>85,01</b>

Fonte: AA.VV. - *Combustibili legnosi: calore sostenibile per gli edifici pubblici*. ENEA 2002

alla loro indubbia convenienza economica. Da notare, in particolare, che spesso sono disponibili diverse possibilità di supporto attraverso programmi di finanziamento regionali, nazionali ed europei che possono essere sfruttati per rendere ancora più conveniente questa opzione di riscaldamento. Negli ultimi 20 anni le caldaie a legna hanno registrato una notevole evoluzione tecnologica, passando dai vecchi sistemi a caricamento manuale alle moderne e sofisticate caldaie ad elevato grado tecnologico, dotate di dispositivo di controllo automatico, e in grado di soddisfare da sole il fabbisogno energetico delle unità abitative con rendimenti termici che possono raggiungere il 90%.

Le caldaie moderne infatti bruciano sia combustibili legnosi di alta qualità, come i pellets, sia il cippato e gli scarti di lavorazione, con emissioni paragonabili a quelle dei sistemi convenzionali a gas e gasolio. Sono dotate di sistemi per l'accensione automatica, di segnalazione in remoto di eventuali malfunzionamenti, di dispositivi automatici per la rimozione delle ceneri e per la pulizia degli scambiatori di calore. La combustione può venire controllata in modo automatico a seconda della domanda energetica, della qualità del combustibile e della composizione dei gas di scarico. Il raggiungimento di queste prestazioni è stato possibile principalmente grazie alle seguenti innovazioni tecnologiche:

- introduzione di almeno due flussi distinti di aria primaria e secondaria in modo da ottenere una regione di post-combustione dei gas prodotti durante la pirolisi;
- introduzione della sonda lambda che permette un controllo ottimale della combustione regolando l'immissione dell'aria secondaria in relazione alla percentuale di ossigeno presente nei gas combusti;
- ricircolo dei fumi in camera di combustione per controllare la temperatura ed aumentare la turbolenza.

(segue a pag. 60)

## Sette requisiti per un valido progetto di riscaldamento a legna

### 1. Affidarsi a consulenti esperti

La realizzazione di un impianto di riscaldamento a biomassa in un edificio pubblico deve essere curata con particolare attenzione in modo che possa rappresentare un ottimo esempio da seguire sul piano economico, ambientale e architettonico. È quindi molto importante affidarsi per la progettazione e realizzazione ai migliori professionisti del settore e alla migliore tecnologia presente sul mercato. Come primo approccio si potrebbero contattare le Agenzie locali per l'Energia per una consulenza e un supporto tecnico, il cui elenco è reperibile sul sito [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info).

### 2. Verifica della disponibilità del combustibile

È di fondamentale importanza individuare il combustibile (trattato o non) maggiormente disponibile in loco e scegliere di conseguenza la caldaia più adatta alla sua combustione. Gli impianti sono, infatti, progettati per funzionare al meglio con determinate tipologie di combustibile.

### 3. Scelta dell'edificio più adatto

Scegliere attentamente l'edificio dove realizzare l'impianto. L'edificio scelto deve disporre, oltre che di un locale caldaia sufficientemente ampio, anche di uno spazio adatto all'accumulo del combustibile legnoso facilmente accessibile ai mezzi di rifornimento.

### 4. Informare e coinvolgere l'intera comunità

È bene, comunque, che i cittadini e i rappresentanti politici vengano opportunamente informati, sin dalle prime fasi, sullo sviluppo del progetto, in modo che si sentano coinvolti il più possibile nel processo decisionale e aprire quindi un importante momento di confronto.

È utile e opportuno ricorrere quanto maggiormente a operatori ed esperti locali, in modo da aumentare ulteriormente l'interesse intorno all'iniziativa e gli effetti positivi sulla comunità.

### 5. Scegliere una caldaia di elevata qualità

Occorre, quindi, scegliere una caldaia di alta qualità che risponda almeno ai seguenti requisiti:

- abbia un'efficienza energetica > 85%;
- garantisca emissioni basse ( $CO < 200 \text{ mg/m}^3$ , polveri <  $150 \text{ mg/m}^3$ ) sia a pieno che a mezzo carico, e che comunque soddisfi la normativa vigente (DPCM 8 marzo 2002);
- sia dotato di un sistema automatico per la pulizia dello scambiatore di calore e per lo scarico delle ceneri;
- sia affidabile, facile da gestire e da mantenere; richiedere le referenze ai produttori e farsi consigliare dagli operatori del settore.

### 6. Affidarsi a un serio responsabile per la gestione della caldaia

Un impianto di riscaldamento a legna necessita di una supervisione costante e competente. Per la sua gestione è possibile scegliere tra le seguenti opzioni:

- individuare un dipendente comunale motivato e qualificato che diventi il responsabile della gestione globale dell'impianto;
- affidarsi a una struttura esterna di servizi, per esempio lo stesso fornitore del combustibile o una società di servizi energetici (ESCO), che fornisce all'amministrazione il calore.

### 7. Pubblicizzare e documentare la realizzazione del progetto

È di notevole utilità che la realizzazione di un progetto di riscaldamento a biomassa venga opportunamente promossa a livello locale e pubblicizzata nell'intera regione. Spesso, infatti, questi primi impianti diventano luoghi molto visitati e attirano diversi curiosi. Essere preparati a questa prospettiva, avendo preventivamente raccolto informazioni durante le fasi di realizzazione e predisposto materiale divulgativo sulla progettazione e funzionamento dell'impianto, è il modo migliore per stimolare la realizzazione di altre simili iniziative.

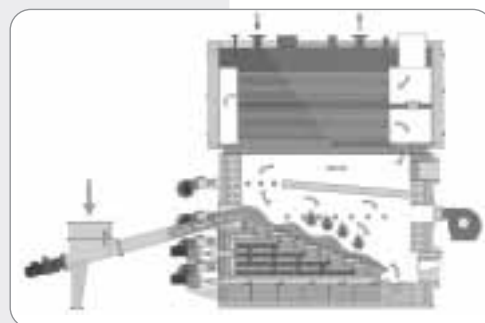


Figura 5a  
Caldaia con bruciatore sottoalimentato

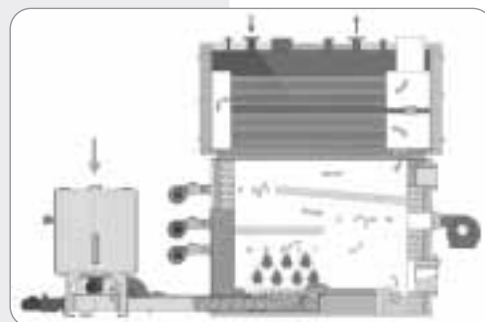


Figura 5b  
Caldaia a griglia mobile

Fonte: AA.VV., *Riscaldamento dei grandi edifici con combustibili legnosi*, ENEA 2002

## I costi

Le valutazioni economiche relative a sistemi a combustibile legnoso si basano sui costi d'investimento, che sono generalmente più alti di quelli per impianti a combustibile tradizionale, e sui costi d'esercizio, che risultano essere più bassi.

I costi presentati nella tabella 2 sono relativi ad un impianto da 100 kW che opera per circa 1500 ore/anno, per cui è stato ipotizzato un contributo in conto capitale del 30% per gli impianti a biomassa.

In Italia spesso è possibile usufruire di contributi regionali in conto capitale in percentuale variabile dal 30% al 60% a seconda della regione.

I combustibili legnosi, inoltre, a parità di contenuto energetico, sono significativamente più economici di quelli tradizionali.

## Impatto ambientale della combustione a legna

È convinzione comune che la combustione della legna sia molto inquinante: questo è vero per le caldaie tradizionali, dove la combustione non è ottimizzata, ma non per le moderne caldaie ad alta tecnologia, progettate per ottenere una combustione della legna quasi perfetta e con emissioni comparabili a quelle di una caldaia a combustibile convenzionale. Tale risultato è stato possibile grazie all'introduzione di diversi dispositivi, come la sonda lambda e, nelle caldaie di grossa taglia, di cicloni e filtri a manica ed elettrostatici, ma anche grazie alla separa-

zione dell'aria primaria da quella secondaria e dal ricircolo dei fumi di combustione. Molto deve essere però ancora fatto per quanto riguarda i piccoli dispositivi domestici, come ad esempio i termocaminetti. Infatti bisognerebbe separare la zona di combustione dalla zona di scambio termico e utilizzare dei catalizzatori che permettano di bruciare la fuliggine per aumentare sensibilmente i rendimenti termici e la qualità della combustione. Le emissioni climalteranti, nella combustione delle biomasse vegetali a ciclo rapido possono essere trascurate solo nel caso in cui non si prendano in considerazione le spese energetiche relative al taglio, al trattamento e al trasporto del combustibile legnoso, per cui una valutazione più puntuale richiede un'analisi sull'intero ciclo di vita del combustibile.

Le caldaie a legna hanno emissioni di SO<sub>2</sub> simili o inferiori ai sistemi convenzionali a metano, leggermente maggiori per quanto riguarda NO<sub>x</sub> e CO, mentre sono più alte, ma comunque accettabili, le emissioni di polveri<sup>4</sup>.

## Bibliografia

1. A. PANVINI, *Aspetti di mercato: la situazione nazionale e le prospettive* – Atti Convegno Progetto Fuoco, Verona 23 Marzo 2002;
2. ITABIA, *Rapporto biocombustibili al 2001*.
3. V. GERARDI, G. PERRELLA, *Il consumo di biomassa a fini energetici nel settore domestico*, ENEA 1998 e 2000;
4. L. CASTELLAZZI ET AL., *Combustibili legnosi: calore sostenibile per gli edifici pubblici*. ENEA 2002.

## Appendice

### LA TECNOLOGIA DI COMBUSTIONE DELLA LEGNA

L'impiego energetico dei combustibili di origine vegetale si presenta complesso per una serie di motivi che possono essere così raggruppati:

- la composizione chimica e la quantità d'acqua dipendono dalla specie e dalla parte utilizzata della pianta, dal luogo di crescita, dal momento della raccolta e infine, dalla modalità di conservazione;
- la pezzatura fisica, spesso molto variabile, dipende dal tipo di materiale, dal tipo di raccolta e dalle lavorazioni subite;
- il processo di combustione avviene per stadi di essiccazione, pirolisi e gassificazione ed infine ossidazione; essi rispondono a leggi differenti tra loro.

#### Le varie fasi della combustione e conseguenti implicazioni

Un combustibile vegetale è composto principalmente da cellulosa e lignina, di composizione  $CH_m O_n N_o$ , da acqua e, infine, da elementi scheletrici quali fosfati e potassio. Se si impiegano foglie o residui di coltivazioni si possono avere presenze anche di zolfo e cloro.

La prima fase, quella dell'essiccazione, si svolge per effetto del calore irraggiato dalle pareti e dalle braci ardenti; essa avviene a temperature da 20 °C di partenza fino a 150 °C circa e consiste nell'evaporazione dell'acqua contenuta tra fibra e fibra, legata non chimicamente. Il vapore d'acqua emesso dalle fibre viene asportato dall'aria primaria che attraversa il letto di materiale da bruciare. La seconda fase è costituita da due fenomeni che si sovrappongono, la pirolisi e la gassificazione. Per effetto della temperatura, crescente fino ai 600 °C, le macromolecole delle cellule vegetali si rompono dando luogo, in dipendenza soprattutto della velocità di riscaldamento, alla produzione di molecole più piccole, allo stato gassoso e tutte combustibili a quelle temperature, quali alcoli, aldeidi, acqua, radicali liberi, metano e composti vari. Il residuo della pirolisi è sostanzialmente un carbone poroso, il carbone di legna.

Contemporaneamente per la presenza dell'aria primaria, all'interno del letto di materiale solido, si ha la combustione parziale sia del carbone residuo, sia di parte delle sostanze emesse con formazione di ossido di carbonio. In questa zona, specialmente in vicinanza del materiale, si ha quindi una atmosfera riducente, con carenza di ossigeno ( $I < 1$ ).

La corrente gassosa (dall'azoto dell'aria ai prodotti di pirolisi formati) può trascinare particelle solide ancora non completamente combuste.

La terza fase, quella della ossidazione, avviene al di sopra del letto di materiale combustibile; si ha l'aggiunta di altro ossigeno (aria secondaria) che si fa mescolare bene con i gas prodotti dal materiale solido, procurando la combustione completa con formazione di  $CO_2$ , a temperature fra i 900 °C e i 1000 °C, a seconda dell'eccesso d'aria.

Il meccanismo di combustione completo esposto è molto delicato: per effetto della pezzatura del materiale le condizioni cambiano. Se si brucia del polverino di legno la prima e la seconda fase si sovrappongono e c'è il rischio di trascinamento del residuo carbonizzato. Per dimensioni maggiori mentre lo strato esterno è già carbone l'interno continua a degasare e pirolizzare perché il legno è un buon isolante termico. Se si brucia su una griglia mobile, alimentata da un lato, le tre fasi si susseguono nello spazio, quindi nello stesso momento esse coesistono in zone differenti; in una tradizionale caldaia a caricamento manuale di tronchetti di piccolo diametro le tre fasi tendono a scalarsi nel tempo con una certa omogeneità in tutto il volume, mentre, se si bruciano pezzi grandi, quando l'esterno è già carbone, l'interno è ancora nella fase di degasaggio-pirolisi. La tabella riporta schematicamente il processo di combustione. Altri parametri sono, poi, da considerare; l'ossido di carbonio miscelato all'azoto ha una bassa velocità di combustione ed il processo di pirolisi assorbe energia. Ne consegue che, se i prodotti della gassificazione si disperdono in una corrente di aria fredda o lambiscono una parete fredda, la combustione rischia di non mantenersi e si ha il fumo acido e tossico, tipico dei caminetti che non tirano.

Altri problemi sono costituiti dalle ceneri, la loro composizione dipende dal tipo di pianta e dal

tipo di terreno; l'aumento del tenore di potassio provoca un abbassamento del punto di fusione delle ceneri stesse, con il rischio di produrre intasamenti dei condotti dell'aria.

Gli obiettivi da raggiungere sono: alta efficienza di combustione e basse emissioni di incombusti e di inquinanti.

Per un'alta efficienza occorre limitare l'eccesso d'aria, richiesto per evitare gli incombusti, occorre un lungo tempo di residenza ad alta temperatura; ne deriva uno schema di caldaia piuttosto diverso da quello dei combustibili tradizionali nel quale spesso le fiamme scaldano le pareti fredde per irraggiamento. Nel caso delle biomasse vegetali occorre prima assicurarsi la combustione completa in un ambiente caldo, isolato dal fluido freddo da scaldare, occorre dividere l'aria in due immissioni, una, quella primaria, sotto il materiale in combustione e l'altra, quella secondaria, che si miscela con i gas prodottisi dal legno, senza raffreddarli troppo.

Varie soluzioni sono state sviluppate per conciliare queste diverse esigenze.

Lo schema di una caldaia a griglia del riquadro che segue, con camera di combustione primaria e secondaria indica uno schema classico. La zona di gassificazione e quella di ossidazione sono ben separate, l'aria primaria, ridotta, limita il trascinarsi di polveri e ceneri, l'aria secondaria è distribuita in modo omogeneo al fine di assicurarsi la combustione del CO senza un forte eccesso d'aria, in ampio spazio di rivestimento da refrattari ben caldi.

### Il regolamento

L'aria primaria controlla la gassificazione, quindi va regolata secondo la domanda di potenza. La portata di aria secondaria deve invece ossidare tutti i gas che si sono formati. Il legame con la portata primaria non è diretto; serve relativamente poca aria secondaria all'avviamento, al contrario, in fase di riduzione di potenza, l'aria sotto le braci va ridotta mentre va lasciata l'aria secondaria. Questo problema è stato finalmente risolto da pochi anni, grazie allo sviluppo dei sensori elettrochimici dell'ossigeno che permettono di controllare in tempo reale la richiesta di ossigeno. L'uso di sonde specifiche per l'ossido di carbonio permette di operare con minori eccessi d'aria.

Le caldaie di potenza elevata, con combustione su griglia, hanno diversi sistemi di riciclo dei fumi prelevati dopo lo scambiatore. Questo riciclo può essere effettuato in punti diversi, l'effetto è di mantenere un'omogeneità delle temperature e delle portate anche in condizioni di carico ridotto, di limitare le temperature troppo elevate e quindi la formazione degli ossidi di azoto di origine termica, senza danneggiare il rendimento energetico.

Nelle caldaie a biomassa è in genere difficile ottenere variazioni rapide del carico, specie se il caricamento del materiale è discontinuo. La maggioranza delle caldaie di piccola potenza vendute in Italia prevedono un funzionamento on-off comandato da un termostato. Se nella caldaia è rimasto del materiale acceso esso continuerà a decomporsi e a degasare e perciò, anche chiusa l'aria primaria occorre garantire abbastanza aria secondaria per lungo tempo per evitare sia emissioni dannose che formazione di fuliggine sui tubi di scambio e nel camino. Senza una sonda per l'ossigeno è difficile controllare questo processo. Il modo più corretto previsto dalle normative per caldaie più semplici è quello di operare a portata d'aria costante fino all'esaurimento del materiale combustibile, accumulando il calore in un serbatoio di adeguato volume (qualche m<sup>3</sup>, non uno scaldabagno).

Per mantenere alta l'efficienza occorre disporre di sistemi per togliere la cenere dagli scambiatori, cosa facile se i tubi di fumo sono verticali.

Per caldaie di impiego per riscaldamento degli edifici è possibile far condensare i fumi con recupero di calore a temperature attorno ai 50 °C, con quantità rilevanti se si brucia materiale umido, come le scorze.

### Il controllo delle emissioni

Gli accorgimenti per limitare l'ossido di carbonio valgono anche per gli altri possibili idrocarburi incombusti, i policiclici, i catrami, la fuliggine. Anni fa negli USA, per stufe metalliche era proposto un catalizzatore ceramico a base di corderite, che abbassava l'innesco della combustione della fuliggine a 250 °C; sembra opportuno puntare a questo risultato col corretto progetto della zona di ossidazione. Per quanto riguarda gli ossidi di azoto ci sono problemi con quelle biomasse ric-

che in azoto. Possono utilizzarsi camere di riduzione o soprattutto sistemi secondari di tipo catalitico e non catalitico.

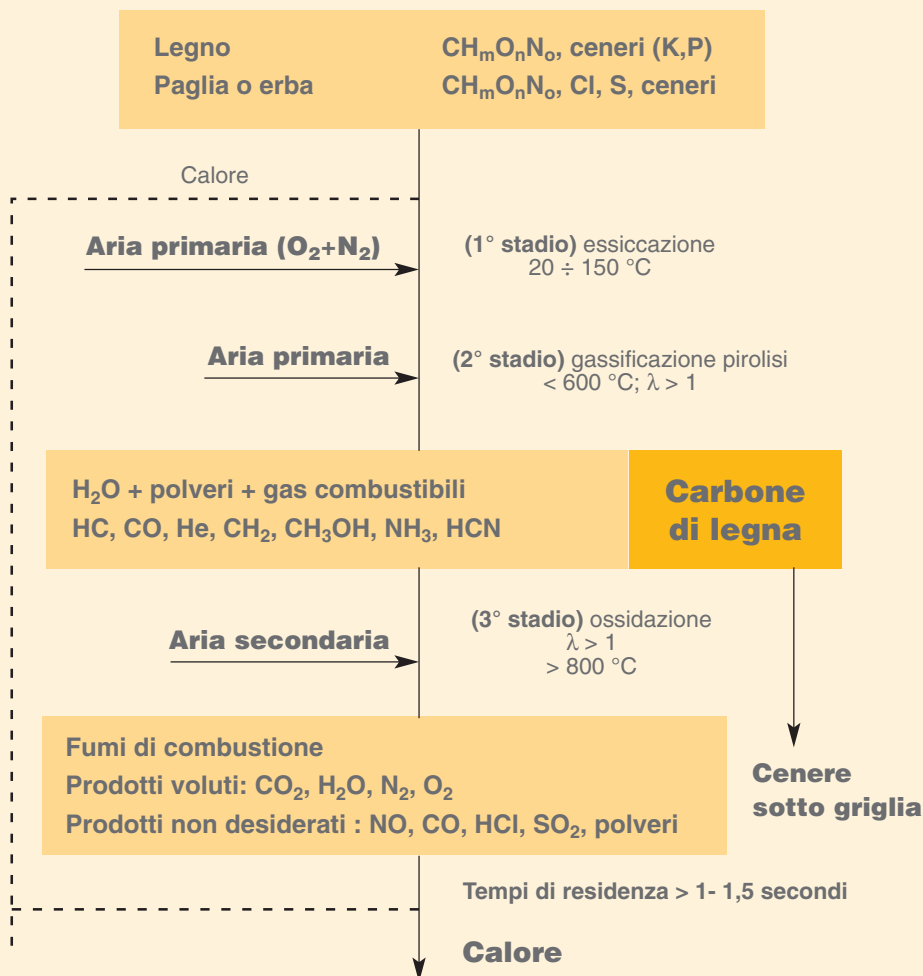
Il controllo delle polveri è importante sia per la loro capacità irritante (per effetto della potassa) sia perché possono contenere adsorbite sostanze incombuste, potenzialmente cancerogene.

Un'aria primaria ridotta aiuta a trattenere la cenere nella zona di base, mentre le emissioni di polveri richiedono una particolare attenzione. Un sistema a cicloni è certamente efficace per le particelle incombuste, lo è molto meno per materiale così poroso e leggero come le ceneri volanti del legno.

Un filtro a maniche in tessuto potrebbe essere danneggiato da una particella ardente, magari durante le fasi di accensione; per questo può essere necessario o accoppiarlo con un ciclone o usare un filtro ceramico.

Sono stati sviluppati anche separatori rotanti di particelle, mentre nei sistemi a condensazione è la precipitazione dell'acqua che contribuisce alla pulizia dei fumi da scaricare nell'atmosfera. Se si usano i legni di recupero, verniciati o impregnati, allora si ha presenza di metalli pesanti (Cd, Zn, Pb, Cu, As, Cr, Ni); al di sopra di certe percentuali si entra nel settore dei rifiuti. È importante che questi metalli restino nelle ceneri del focolare e che queste ceneri siano poi gestite separatamente da quelle volanti. Ugualmente la presenza di Hg e di Cl pone problemi da inceneritori per il trattamento dei fumi. Problemi aperti possono aversi con la paglia, i cereali o il mais (meno costosi delle pastiglie), i gusci, i noccioli ecc, più ricchi di K, Na, Cl e S rispetto al legno degli alberi, essi possono dare problemi sia di corrosione a caldo che di fusione delle ceneri, con depositi negli scambiatori.

### IL PROCESSO DI COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE SOLIDE SU GRIGLIA



Fonte: OBERBERGER I., *Biomass Combustion-Technological Overview, possibilities of optimization, unsolved problems*. 2<sup>nd</sup> Biomass Summer School 1997

# Un combustibile nucleare "esotico" per l'economia dell'idrogeno

**VALERIO BENZI**  
**ENEA-UNIBO-UNIFE**  
Convenzione per lo Sviluppo  
del Plasma Focus

In questi ultimi anni si è posto il problema di individuare una sorgente di energia pulita e abbondante da impiegare come fonte primaria per la produzione dell'idrogeno liquido. In alternativa all'energia nucleare da fissione, tale ruolo potrebbe essere svolto dall'energia nucleare da fusione con un "combustibile esotico" formato da una miscela di idrogeno e boro

studi & ricerche

## An "exotic" nuclear fuel for the *hydrogen economy*

### Abstract

*It would seem worthwhile for Italy, like other nations, to undertake an adequate R&D activity aimed at a deeper analysis of the possibilities offered by the "Dense Plasma Focus" fusion device, using an exotic hydrogen-boron fuel, as one of the themes of potential interest for the development of the hydrogen economy.*



Nel 1973, in concomitanza con la grande crisi petrolifera, fu proposta una "Economia dell'Idrogeno" ("Hydrogen Economy") basata sull'utilizzo dell'energia nucleare come fonte primaria per produrre idrogeno liquido in grandi parchi di reattori *breeders* situati, per motivi di sicurezza, in remote isole dell'Oceano Pacifico. L'idrogeno liquido così prodotto doveva essere inviato all'utenza finale per mezzo di navi opportunamente attrezzate, in maniera del tutto analoga a quanto avviene attualmente con le grandi navi petroliere<sup>1,2</sup>.

In questi ultimi anni il progetto di una "Economia dell'Idrogeno" (tecnicamente prematuro negli anni della sua originaria formulazione) è stato ripreso con rinnovato interesse a causa del frequente ripetersi delle crisi petrolifere e per la preoccupazione dell'"effetto serra" che potrebbe derivare dall'accumulo nell'atmosfera della CO<sub>2</sub> prodotta dal bruciamento dei combustibili fossili. Ulteriori motivi di preoccupazione sono inoltre sorti per la inevitabile, progressiva diminuzione dei giacimenti petroliferi economicamente coltivabili, a fronte di una continua crescita dei consumi e della popolazione mondiale. Come è stato rilevato anche recentemente<sup>3</sup>, non sembra pertanto che possano sussistere ragionevoli dubbi sul fatto che in un prossimo futuro si dovrà fare fronte a una rapida crescita della domanda di energia con fonti energetiche che siano largamente disponibili e non inquinanti, come quella proposta dalla "Economia dell'Idrogeno". Si pone conseguentemente il problema di individuare una sorgente di energia "pulita" e abbondante da impiegare nel ruolo di fonte primaria per la produzione dell'idrogeno liquido.

Secondo quanto proposto nei riferimenti citati, tale ruolo dovrebbe essere svolto dall'energia nucleare da fissione, stante la larga disponibilità di materiale fissile potenzialmente ottenibile con processi di *breeding* e la totale assenza di emissioni inquinanti nell'atmosfera (in normali condi-

zioni di funzionamento) da parte delle centrali nucleari. Tuttavia, i problemi posti dallo smaltimento delle "scorie" radioattive e il timore di eventuali rilasci ambientali radio-tossici da parte dei reattori a fissione (critici o subcritici) non sono stati ancora del tutto superati e continuano ad avere un ruolo primario nelle argomentazioni dell'opposizione antinuclearista. Una possibile alternativa potrebbe essere rappresentata dai reattori a fusione di tipo Tokamak, per i quali però non è stata ancora concretamente dimostrata la possibilità di raggiungere le condizioni di criticità (*breakdown*); anche in questo caso, inoltre, i rischi di radiocontaminazione ambientale non possono essere totalmente esclusi, a causa della presenza del trizio e delle attivazioni indotte dai neutroni di reazione, sebbene tali rischi risultino decisamente inferiori a quelli che potrebbero derivare da reattori a fissione di pari potenza.

Contemporaneamente alla proposta della "Economia dell'Idrogeno" e al manifestarsi della crisi energetica, ma senza alcuna relazione con esse, Weaver et al.<sup>4</sup> dei Laboratori LLL di Livermore proposero che oltre ai "combustibili standard" fino ad allora presi in esame per i reattori a fusione (quali le miscele D-D, D-T o D-<sup>3</sup>He), venisse considerato anche un "combustibile esotico" formato da una miscela di idrogeno e boro che può "bruciare" nuclearmente secondo lo schema di reazione



con  $Q = 8,78$  MeV. Tra i maggiori vantaggi offerti da questo combustibile deve essere annoverato il fatto che in oltre il 99,9% delle reazioni non vengono prodotte scorie radioattive o comunque inquinanti, poiché l'<sup>4</sup>He (particella  $\alpha$ ) è nuclearmente "magico" e chimicamente "nobile". Il restante 0,1% di casi è dovuto alle reazioni primarie (p, $\gamma$ ) e (p,n) o a reazioni secondarie ( $\alpha$ ,n) e ( $\alpha$ ,p) indotte nel boro; tuttavia, a parità di energia generata, la radioattività globalmente prodotta da questi inquinanti risulterebbe

rebbe inferiore per molti ordini di grandezza rispetto a quella che si produrrebbe con i “combustibili standard”. Un altro fondamentale vantaggio della reazione “esotica” [1] è rappresentato dal basso costo e dalla grande abbondanza dei combustibili, dato che  $^{11}\text{B}$  costituisce l’80,1% del diffusissimo boro naturale ed è facilmente separabile per ultracentrifugazione dal restante 19,9% di  $^{10}\text{B}$ . Si può incidentalmente notare che l’Italia è un paese particolarmente ricco di giacimenti boraciferi.

Sulla base di considerazioni riportate in <sup>4</sup>, Weaver et al. conclusero che la reazione [1] non può essere favorevolmente impiegata in reattori di tipo Tokamak, in quanto in questo caso il plasma non avrebbe la densità necessaria per riassorbire la quantità di radiazione da Bremsstrahlung richiesta per realizzare la condizione di equilibrio energetico (criterio di Lawson).

Secondo quanto proposto in <sup>4</sup> si potrebbe invece ottenere un bilancio energetico positivo con una tecnica di confinamento inerziale laser, per mezzo della quale sarebbe possibile implodere per ablazione delle microsfere di “combustibile”, raggiungendo i valori di densità e temperatura necessari per la fusione.

In questi ultimi anni è stata segnalata da più parti la possibilità di realizzare la reazione di fusione [1] per mezzo del cosiddetto “Dense Plasma Focus” (DPF). Si tratta di un apparato estremamente semplice, compatto ed economico ideato indipendentemente nella seconda metà degli anni 50 da Filippov in Unione Sovietica e da Mather negli Stati Uniti. Il tipo di DPF oggi maggiormente in uso è quello ideato da Mather: schematicamente, esso consiste di due elettrodi cilindrici coassiali in rame, separati alla base da un anello di materiale isolante e collegati ad un banco di condensatori a scarica rapida. I due elettrodi, l’esterno dei quali ha generalmente un diametro di una quindicina di centimetri e una altezza circa doppia, sono posti all’interno di un recipiente a tenuta di vuoto che

contiene il “combustibile” sotto forma di gas a bassa pressione. La chiusura di un interruttore rapido provoca una scarica elettrica tra gli elettrodi e per qualche microsecondo si produce una intensa corrente ionica, che per effetto del campo magnetico ad essa concatenato viene sospinta ad implodere in un punto (“focus”) situato sull’asse di simmetria degli elettrodi. Nell’intorno di questo punto, il gas viene fortemente compresso per qualche milionesimo di secondo, raggiungendo concentrazioni ioniche e temperature così elevate da provocare delle fusioni nucleari. Nel suo insieme, un DPF risulta avere dimensioni assai ridotte: infatti, l’intero impianto, comprensivo dell’alimentazione, potrebbe essere integralmente contenuto in una normale sala di laboratorio.

La potenza specifica  $P_s$  prodotta nei processi di fusione dipende ovviamente dalle densità ioniche dei nuclidi reagenti, dal  $Q$ -valore della reazione di fusione e dal tasso medio di reazione  $\langle\sigma v\rangle$ , che a sua volta dipenderà dalla temperatura ionica  $T_i$ . Per un plasma binario, se indichiamo con  $n_1$  e  $n_2$  le concentrazioni dei reagenti si ha

$$P_s = n_1 n_2 \langle\sigma v\rangle Q \quad [2]$$

per una frequenza di scarica del DPF di 1 Hz; nel caso della reazione [1], se si vuole ottenere un “bruciamento” significativo del plasma, è necessario che la temperatura ionica  $T_i$  sia superiore al miliardo di gradi ( $kT_i > 100$  keV).

Recentemente, un gruppo di ricercatori statunitensi<sup>5</sup> ha annunciato di avere misurato, nel “focus” di un DPF, temperature di plasma superiori a 100 keV e densità ioniche superiori a  $\sim 10^{21}$  nuclei/cm<sup>3</sup> con “combustibile” formato da una miscela DHe, per molti versi simile al “combustibile”  $^1\text{H}^1\text{B}$ . La ricerca, finanziata dal Jet Propulsion Laboratory della NASA, è stata svolta impiegando un DPF con banco di scarica da 268  $\mu\text{F}$  e 30-35 kV (240-330 kJ); il volume  $\Omega$  del plasma reagente era di  $\sim 6 \cdot 10^{-9}$  cm<sup>3</sup>.

Sulla base di questi risultati, si può stimare l'energia ottenibile con un DPF che operi in maniera ottimale con atmosfera ionica di decaborane  $B_{10}H_{14}$  (un composto solido che vaporizza a  $\sim 60$  °C). Per una valutazione di massima delle potenzialità energetiche del "combustibile esotico", assumiamo che il volume di reazione  $\Omega$  nell'intorno del "focus" sia quello sopraindicato, con una densità ionica pari a  $10^{21}$  nuclei/cm<sup>3</sup>, ad una temperatura  $T_i$  di 150 keV, alla quale corrisponde un tasso medio di reazione  $\langle \sigma v \rangle \approx 10^{-16}$  cm<sup>3</sup>/s. Poiché il rapporto stechiometrico B/H del decaborane è 5/7, le concentrazioni ioniche dell'<sup>1</sup>H e del <sup>11</sup>B saranno  $8,75 \cdot 10^{20}$  e  $6,25 \cdot 10^{20}$ , rispettivamente; si ha inoltre  $Q = 8,78$  MeV ( $1,4 \cdot 10^{-15}$  kJ) e quindi  $W \approx 460$  kJ.

A seguito dei processi di fusione in considerazione, si forma nel DPF una corrente assiale di particelle  $\alpha$  (nuclei di He) con la quale è possibile, in linea di principio, produrre una corrente indotta in un avvolgimento coassiale esterno al DPF, con un rendimento che può essere stimato del  $\approx 60-70\%$  pari, nel caso in esame, a 276-332 kJ. Su questa base, sembra quindi lecito ritenere che con i valori dei parametri precedentemente indicati sarebbe possibile superare la condizione di *breakeven*, anche considerando la spesa energetica relativa alla separazione isotopica del boro.

In base alle stime precedenti e assumendo la validità della legge di scala (validata empiricamente dalla sperimentazione con "combustibili standard" D-D e D-T), secondo la quale il tasso di reazione in un DPF è proporzionale al quadrato dell'energia di scarica, dovrebbe essere dunque possibile ottenere una resa di  $\sim 4-5$  MW operando con un banco di condensatori da 1 MJ alla frequenza di 1 Hz, con un guadagno netto di 3-4 MJ/impulso.

A conclusione delle considerazioni esposte, sembra pertanto auspicabile che anche in Italia venga intrapresa una adeguata attività di R&S, finalizzata ad una più approfondita analisi delle possibilità offerte dal DPF con "combustibile esotico" come uno dei temi di potenziale interesse per lo sviluppo della "Economia dell'Idrogeno".

## Bibliografia

1. C. MARCHETTI, *Hydrogen and Energy*, Chemical Economy and Engineering Review: CEER, Vol. 51, January 1973.
2. C. MARCHETTI, *On Hydrogen and Energy Systems*, International Journal of Hydrogen Energy, Vol.5(1), pp. 1-10, 1976.
3. C. RUBBIA, *Energy: the Necessary 'Evil'? - Paths of sustainable development, Ten Nobles for the Future*, 1996 Ed.
4. T. WEAVER, G. ZIMMERMAN AND L. WOOD, *Exotic CTR Fuels: Non-thermal Effects and Laser Fusion Applications* - UCRL-74938, (1973).
5. E.J. LERNER, *Towards advanced-fuel fusion: Electron, ion energy > 100 keV in a dense plasma* - t.b.p.

# Blob cervello

a cura di  
**FAUSTO BORRELLI**



scienza, tecnica,  
storia & società

Gli anni 90 dello scorso secolo – detti anche “decennio del cervello” – hanno visto fiorire una gran quantità di pubblicazioni sugli sviluppi delle neuroscienze e della filosofia della mente.

Questo palinsesto di citazioni d’autore si concentra sul rapporto “mente-cervello”. Un tema cruciale che da oltre due millenni costituisce il luogo privilegiato in cui convergono speculazione filosofica, pensiero scientifico e fede religiosa. Nonostante gli straordinari risultati della ricerca contemporanea, il groviglio di ambiguità, oscurità e incertezze – che da sempre ha caratterizzato questo ineludibile problema – sembra aumentato piuttosto che diminuito.

Il palinsesto va dal canone buddista (IV sec. a.C.) ad Agostino di Tagaste (V sec. d.C.), da Averroè (1190) a Cartesio (1641), da Leibniz (1714) a Hegel (1807), da Nietzsche (1887) a Freud (1917), da Einstein (1936) a Erwin Schroedinger (1950), da Richard Feynman (1978) a Francis Crick (1994), a Erich Kandel (1997), da John Searle (1997) a Gerald Edelman (2000), da Igor Aleksander (2001) a Edoardo Boncinelli (2002), a Roth (2003)

## **Blob** cervello

*The 1990s – dubbed the “Brain Decade” – saw a flowering of publications about developments in neuroscience and philosophy of the mind. This selection of quotations focuses on the relationship between mind and brain, a subject that has intrigued philosophers, scientists and religious thinkers for more than two thousand years. Despite the extraordinary results of research in our own day, the tangle of ambiguities, obscurities and uncertainties that has always characterised this inescapable issue seems to be growing larger rather than smaller.*

*The quotations range from the Buddhist canon (4<sup>th</sup> cent. B.C.) to Augustine (5<sup>th</sup> cent. A.D.), Averroës (1190), Descartes (1641), Leibniz (1714), Hegel (1807), Nietzsche (1887), Freud (1917), Einstein (1936), Schroedinger (1950), Feynman (1978), Crick (1994), Kandel (1997), Searle (1997), Edelman (2000), Aleksander (2001), Boncinelli (2002) and Roth (2003)*

## PRIMA PARTE

**Eddy Carli** (2002), *filosofa della mente*

Da alcuni decenni la riflessione attorno alla natura della mente ha assunto un ruolo di sempre maggiore rilievo, al punto da costituire un vero e proprio ambito disciplinare: la filosofia della mente. Le domande riguardanti che cos'è uno stato mentale, quale rapporto esiste tra la mente e il corpo, che cos'è la coscienza e quali sono le sue proprietà, si susseguono a ritmo incalzante e coinvolgono non soltanto la filosofia, ma anche la psicologia, le scienze cognitive, la linguistica, la *computer science* e le neuroscienze... Le indagini sul sistema nervoso centrale, sulla corteccia cerebrale, su neuroni e sinapsi, assoni e dendriti, lobi frontali e prefrontali si sono susseguite a un ritmo esplosivo. Ciononostante, un consenso diffuso su come la mente effettivamente lavora, su che cosa sono gli stati mentali, che cos'è la coscienza, che cosa sono l'intenzionalità e la razionalità, sembra ben lontano dall'essere raggiunto... un problema filosofico antico, che già Aristotele poneva nel *De anima* chiedendosi che cos'è la *psyché*... Questione che ancora oggi, pur con il grande progresso delle scienze mediche, biologiche, fisiche e matematiche, della psicologia, delle scienze cognitive e delle neuroscienze, dell'informatica e dell'intelligenza artificiale, rimane in un certo senso aperta.

**Virginia Woolf** (1935), *scrittrice*

Membrane, ragnatele di nervi bianchi e molli invadono lo spazio e galleggiano come filamenti che rendono l'aria tangibile, catturando suoni remoti mai uditi finora...

Il mio cervello è per me la più inspiegabile delle macchine – sempre ronzante, affaccendato, lanciato, ruggente, in picchiata, quindi sepolto nel fango. E perché? Per quale motivo questo fervore?

**Alwyn Scott** (1995), *matematico*

Il numero di neurostati possibili del cervel-

lo – composto da cento miliardi di neuroni ciascuno dei quali riceve segnali da circa diecimila altri neuroni – è calcolato intorno a  $10^{10^{17}}$ . Si tratta di un numero molto grande: se lo scrivessimo per esteso avremmo bisogno di oltre duemila miliardi di libri. Se lo esprimessimo mediante il numero immenso  $J$  ( $=10^{110}$ ), esso risulterebbe superiore a  $J^{10^{16}}$ , superiore cioè al numero immenso moltiplicato per se stesso diecimila miliardi di volte.

Di fronte a valori come questi, i numeri utilizzati in astronomia appaiono addirittura piccoli; si tenga poi conto che questa stima è stata effettuata secondo ipotesi molto prudenti circa la dinamica della cellula nervosa.

**Julian Jaynes** (1976), *psicologo*

Mondo di visioni non vedute e di silenzi uditi è questa regione inconsistente della mente! E ineffabili essenze questi ricordi impalpabili, queste fantasticherie che nessuno può mostrare! E quanto privati, quanto intimi! Un teatro segreto fatto di monologhi senza parole e di consigli prevenienti, dimora invisibile di tutti gli umori, le meditazioni e i misteri, luogo infinito di delusioni e di scoperte. Un intero regno su cui ciascuno di noi regna solitario e recluso, contestando ciò che vuole, comandando ciò che può. Eremo occulto dove possiamo studiare fino in fondo il libro tormentato di ciò che abbiamo fatto e ancora possiamo fare. Un introcosmo che è più me di ciò che io posso trovare in uno specchio. Questa coscienza, che è il mio me stesso più segreto, che è ogni cosa eppure non è nulla di nulla, che cos'è? E da dove venne? E perché?

**Paul M. Churchland** (1995), *filosofo della mente*

La capacità di rappresentare il mondo di un normale, comune cervello umano ridicolizza quella degli schermi televisivi. Per otte-

nera uno schermo televisivo abbastanza grande da competere con i poteri di rappresentazione di un solo cervello umano, dovremmo ricoprire l'intera superficie esterna di una delle due torri gemelle del World Trade Center – tutti i suoi 450.000 metri quadrati – con circa mezzo milione di schermi TV da 17 pollici, tutti stretti l'uno accanto all'altro e rivolti all'esterno. In questo modo avremmo ricoperto tutta la torre con una superficie quasi continua di pixel con la normale densità di 200.000 per ciascun televisore e, approssimativamente, 222.000 per metro quadro: in tutto avremmo 100 miliardi di pixel.

Immaginate ora di guardare una singola immagine proiettata su una simile scala monumentale. Uno schermo di queste immense dimensioni e di questa straordinaria risoluzione potrebbe ritrarre ogni situazione in un dettaglio perfetto e spettacolare. E questo è esattamente il potere di rappresentazione di cui noi tutti siamo dotati. E, a differenza di tale composito schermo montato su una delle torri gemelle, il cervello non ha la limitazione di poter formare rappresentazioni puramente visive. Il cervello ritrae infatti la realtà in molte altre dimensioni sensoriali, oltre che morali, emotive, sociali.



La superficie esterna di una delle Torri Gemelle di New York, ricoperta interamente da pixel, viene compattata in un volume delle dimensioni di un cervello (da P.M. CHURCHLAND, *Il motore della ragione la sede dell'anima. Viaggio attraverso il cervello umano*, Il Saggiatore, Milano 1998)

**Antico Egitto** (3000 a.C.) [da *Diz. della memoria e del ricordo*]

Il più antico documento scritto che chiama il cervello con un nome specifico proviene dall'antico Egitto. Vi si parla di un malato con le tempie schiacciate che non è più in grado di parlare. Il paziente ha perduto una qualità appresa, il linguaggio, ed è la prima volta che in un documento scritto si collega qualcosa di appreso con il cervello.

**Canone buddhistico**, Dhammapada (IV sec. a.C.)

Ho trasmigrato in più vite, turbinando senza sosta; ho costruito dimore e ho sperimentato la vita, rinnovato dolore! Costruttore di dimore, vedi, non costruirai una nuova casa. Tutte le travi sono spezzate, infranta la trave di colmo: la mente, raggiunta la liberazione da "ciò che predispone a nuove dimore", consegue la fine della sete [di vivere].

Esclamazione del Buddha nell'attimo dell'illuminazione, cioè, nell'attimo in cui riconosce come fittizia la realtà dell'io unitario, individuale. Nell'attimo dell'illuminazione l'io unitario fittizio crolla, come crolla la dimora e conclude il ciclo della rinascita (*sāmsarā*).

**Il ridimensionamento e la svalutazione dell'io individuale unitario è l'atteggiamento di fondo della cultura estremorientale.**

**Gerald O'Collins e Edward G. Farrugia** (1995), *teologi*

Reincarnazione: questa teoria è chiamata anche metempsicosi ("trasmigrazione delle anime"). Consiste nel ritenere che le anime abitano una serie di corpi e possono vivere più volte su questa terra prima di essere completamente purificate e perciò libere di trasmigrare in altri corpi. Secondo questa credenza, l'anima preesiste alla sua incarnazione e dopo la morte esiste in uno stato disincarnato prima di animare di nuovo un corpo della stessa specie o di un'altra. In varie forme, la reincarnazione è ammessa dai Buddisti, Induisti, neoplatonici e altri.

**Platone** (VI sec. a.C.), *filosofo*

“Sacerdoti e sacerdotesse hanno a cuore il potere di rendere ragione delle cose di cui si occupano. Lo dice anche Pindaro e molti altri poeti divini. Vedi tu, Menone, se ti pare che dicano la verità. Essi affermano che l'anima umana è immortale, e che a volte finisce – e questo lo chiamano morire – a volte rinasce, ma non s'estingue mai... Essendo dunque l'anima immortale e molte volte nata e avendo visto ogni cosa qui e nell'Ade, non c'è nulla che non abbia appreso; sicché non fa meraviglia che possa ricordare, intorno alla virtù come intorno ad altre cose, ciò che prima sapeva. Essendo infatti tutta la natura congenita ed avendo l'anima appreso tutto, nulla impedisce che ci si ricordi d'una sola cosa – che è poi quel che si dice imparare – trovi da sé tutto il resto, ove abbia coraggio e non si stanchi nella ricerca, perché il ricercare e l'apprendere non è che ricordanza”.

**Aristotele** (IV sec. a.C.), *filosofo e naturalista*

Se qualcosa permanga anche dopo il processo di corruzione, è da vedere. Per certi esseri nulla lo impedisce: ad esempio, l'anima (psyché) può esser tale, non tutta, ma la mente (nous). Tutta è impossibile, forse. Ma è ben evidente che non c'è bisogno per questo che esistano le idee: l'uomo genera l'uomo, l'individuo genera l'individuo. Il cuore è la sede delle sensazioni e dell'intelletto... Il cervello serve a raffreddare il sangue e a indurre il sonno.

**Galeno** (II sec. a.C.), *medico* [da: *Diz. della memoria e del ricordo*]

Galeno dimostrò che il cervello ha un ruolo decisivo per il controllo del corpo e dell'attività intellettuale, e suppose che quest'ultima avesse origine nei ventricoli. La tesi di Galeno era la prima ipotesi di localizzazione delle funzioni intellettive in una zona specifica del cervello.

**Aurelio Agostino di Tagaste e Nemesio di Emesa** (IV e V sec. d.C.), *filosofi* (da: *Diz. della memoria e del ricordo*)

Agostino e Nemesio localizzarono tre facoltà nelle cavità cerebrali: la facoltà rappresentativa in quella anteriore, la ragione in quella intermedia e la memoria in quella posteriore. Per quanto erroneo possa essere considerato oggi (2001), il principio è pertinente e indicativo perché distinte funzioni del cervello vengono attribuite a differenti zone cerebrali.

**Aurelio Agostino di Tagaste** (V sec. d.C.), *filosofo*

Il vantaggio principale che trassi dalla lettura dei testi platonici fu che cominciai a cercare, o Dio, la tua luce eterna e immutabile non nelle cose sensibili e basse, ma nell'intimo dell'anima mia, e vidi che essa era al di sopra di ogni creatura e della mia stessa mente, come quella che di me e di ogni altra cosa era stata creatrice.

*In interiore homine habitat veritas... Est Deus in nobis.*

**L'esaltazione dell'io unitario, dell'attività del soggetto individuale sarà l'atteggiamento di fondo della cultura occidentale.**

**Averroè (Ibn Rushd)** (~1190), *filosofo, medico e giurista*

Il punto centrale è la distinzione fra l'anima passiva (biologica) e l'intelletto attivo, cosciente (non biologico). Ogni uomo ha una sua anima, e ciascuno ce l'ha diversa dagli altri. Ma non ogni uomo raggiunge l'autentica conoscenza dell'intelletto: e quando la raggiunge, egli non si distingue più da quegli altri uomini che pure hanno raggiunto il livello dell'intelletto, perché l'intelletto attivo è unico per tutti gli uomini. Esso solo è immortale, mentre le singole anime (biologiche) muoiono con la morte del corpo.

**Mosè Maimonide (Mosheh ben Maymun)** (~1204), *filosofo e medico*

Per quanto riguarda la natura di Dio, la ragione umana non è in grado di conoscere

nessuno dei suoi attributi, con una sola eccezione: l'Intelletto attivo, una emanazione divina che si espande nella ragione e nell'immaginazione di alcuni uomini, i profeti, ai quali incombe la missione di conciliare i conflitti e di guidare l'umanità verso la pacifica e perfetta convivenza. L'Intelletto attivo, è l'ultima delle dieci intelligenze delle sfere celesti; mentre le altre nove presiedono alle rispettive sfere, l'Intelletto attivo sta tra il cielo della luna e i quattro elementi. L'Intelletto attivo è una sostanza unica e separata, a sè stante. Invece l'intelletto dell'uomo è solo un intelletto passivo, forma corruttibile del corpo. Ma questa corruttibilità non è assoluta: con l'accogliere il patrimonio di conoscenze accumulato nell'intelletto attivo, l'uomo può sviluppare in sé un suo intelletto acquisito, cioè una particolare modificazione positiva dell'intelletto passivo; una modificazione che non si cancellerà del tutto quando, con la morte, dovrà riunirsi, come goccia nel mare, all'Intelletto attivo, solo immortale, come tutti gli esseri celesti.

**Tommaso d'Aquino** (~1273), *filosofo e teologo*

Sia l'anima che il corpo sono due sostanze autonome, ma ciò che le tiene insieme è che entrambe si individuano in singole individualità: così come il corpo di un uomo è un'individualità di tipo materiale, ma indissolubile (per cui un braccio non può vivere separato dal corpo), altrettanto l'anima è un'individualità di tipo spirituale, per cui si trova tutta sia nella totalità del corpo, sia in ciascuna delle sue parti. L'anima è tanto strettamente legata al corpo da essere la sua 'forma'; però mantiene, ciononostante, la sua autonomia, per cui può continuare a sussistere anche dopo la morte del corpo. È impossibile che il nostro intelletto, nella vita presente in cui è congiunto al corpo caratterizzato dal suo essere passivo, possa conoscere qualcosa senza rivolgersi alle immagini delle cose sensibili... Solo attraverso le realtà materiali arriviamo a co-

noscere le cose immateriali... Gli angeli invece conoscono gli esseri materiali mediante le realtà immateriali.

**René Descartes** (Cartesio, 1641), *filosofo e matematico*

La prima e principale cosa che si richiede per conoscere l'immortalità dell'anima, è di formarne un concetto chiaro e lucido, **e interamente distinto** da tutti i concetti che si possono avere del corpo.

... L'anima grazie alla quale io sono quello che sono, è del tutto distinta dal corpo e a paragone del corpo anche più facile a conoscersi, l'anima che non cesserebbe di essere tutto quello che è anche se il corpo non fosse.

*Cogito ergo sum.*

**Francis Bacon** (Bacone, 1620), *filosofo*

Lasciar perdere l'idea di far derivare l'universo da un pensiero e cercare invece di far derivare il pensiero dell'universo.

**Daniel Clement Dennett** (1993), *filosofo della mente*

Cartesio, uno dei primi pensatori a riflettere seriamente su ciò che accade all'interno del corpo dell'osservatore, ha elaborato un'idea che è così immediatamente naturale e attraente da aver permeato sin da allora il nostro modo di pensare alla coscienza. Cartesio pensava che il cervello avesse effettivamente un centro: la ghiandola pineale, che serviva come cancello verso la mente cosciente. La ghiandola pineale è un organo del cervello che si trova in una posizione mediana, senza essere duplicato in una versione destra e in una sinistra.

Più piccola di un pisello, risiede in splendido isolamento sul suo stelo, che la connette al resto del sistema nervoso più o meno nel centro della parte posteriore del cervello. Poiché le sue funzioni erano piuttosto oscure (e ancora lo sono), Cartesio propose un ruolo per essa: affinché una persona sia cosciente di qualcosa, è necessario che gli impulsi provenienti dai sensi arrivino in questa stazione intermedia, dove si verifica



una transazione speciale – magica, in effetti – tra il suo cervello materiale e la sua mente immateriale.

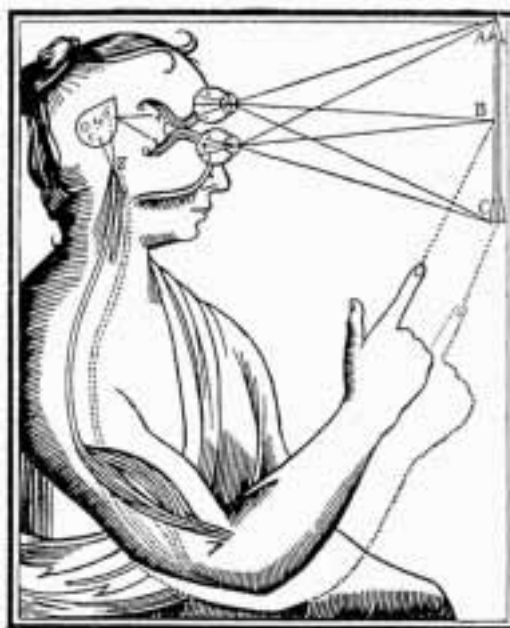
**Antonio R. Damasio** (1994), *neurobiologo*  
Credo che l'errore fondamentale di Cartesio si possa ricondurre essenzialmente all'aver proposto un modello di mente totalmente separato dalla natura. La mente è per Cartesio un ente innaturale, e quindi, non-biologico; questo ha avuto conseguenze devastanti nella storia del pensiero occidentale, e l'eredità di Cartesio è ancora molto presente non soltanto in filosofia, ma anche in medicina e in biologia... L'orientamento cartesiano ha avuto pesanti conseguenze negative: ha ritardato ogni serio sforzo di comprendere la mente in termini biologici; anzi è più giusto dire che tale sforzo è a malapena cominciato oggi.

**Pierre Gassendi** (1644), *filosofo*  
Quidquid est in intellectu preesse debere in sensu.  
Qualunque cosa è nell'intelletto, dev'essere stata in precedenza nei sensi.

**Baruch Spinoza** (1676), *filosofo e costruttore di lenti*  
Una substantia non potest produci ab alia substantia.  
Una sostanza non può esser prodotta da un'altra sostanza.  
Ordo et connexio idearum idem est ac ordo et connectio rerum.  
L'ordine e la connessione delle idee è lo stesso dell'ordine e della connessione delle cose.

**Nicolas Malebranche** (1688), *filosofo*  
La natura spirituale e la natura corporale dell'uomo interagiscono soltanto per effetto di un continuo intervento di Dio, in ogni occasione necessaria, su entrambe separatamente.

**Sefer ha Zohar** (il libro dello splendore) (fine XIII sec.), *mistica ebraica*  
Quando il Santo volle creare il mondo, guardò la Torah parola per parola, e in corrispondenza di esse compì l'arte del



La ghiandola pineale nel cervello, secondo Cartesio, poteva essere il luogo dove il corpo e la mente interagiscono (Francia, secolo XVIII)

mondo; giacché tutte le parole e tutte le azioni di tutti i mondi sono nella Torah.

**Gottfried Wilhelm Leibniz** (1714), *filosofo, matematico e logico*  
Se immaginiamo una macchina costruita in modo che pensi, senta, percepisca, si potrà concepire che venga ingrandita conservando le medesime proporzioni, in modo che vi si possa entrare come in un mulino. Ciò fatto, nel visitarla internamente non si troverà altro che pezzi, i quali si spingono scambievolmente e mai alcuna cosa che possa spiegare una percezione...

Un solo intervento iniziale di Dio è capace di programmare tutta la vita di un individuo facendo coincidere in ogni momento secondo un'armonia prestabilita le azioni del suo corpo con le intenzioni o desideri della sua volontà. Corpo e volontà così non interagiscono mai.

**John Locke** (1690), *filosofo e medico*  
Non sappiamo come la mente, che riflette sulle idee, deriva dai movimenti delle parti del corpo... La mente è una "tabula rasa".

**George Berkeley** (1710), *filosofo e vescovo*  
Esse est percipere aut percipi.  
L'essere [di una cosa] sta nel percepire o nell'essere percepita.

**David Hume** (1739), *filosofo*

Per parte mia, quando mi addentro più profondamente in ciò che chiamo me stesso, mi imbatto sempre più in una particolare percezione: di caldo o di freddo, di luce o di oscurità, di amore o di odio, di dolore o di piacere. Non riesco mai a sorprendere me stesso senza una percezione e a cogliervi altro che la percezione... Altri percepiscono qualcosa di semplice e continuo, che chiamano se stesso, mentre io sono certo che in me un tale principio non esiste.

**Samuel Johnson** (~1760), *letterato*

La materia può differire dalla materia solo per forma, dimensione, densità, moto e direzione del moto: a quale di essi, comunque variati o combinati, può essere annessa la coscienza? Essere rotondo o quadrato, solido o fluido, grande o piccolo, muoversi lentamente o velocemente in una direzione o in un'altra sono modi di esistenza materiale, tutti ugualmente estranei alla natura della coscienza.

**Immanuel Kant** (1765, 1787), *filosofo*

L'opinione dominante secondo la quale si attribuisce all'anima un posto nel cervello sembra aver la sua origine principalmente nel fatto che nel caso di intensa meditazione si sente lo sforzo nel cervello. Ma se questo ragionamento fosse esatto proverebbe anche altre sedi dell'anima. Nell'ansietà o nella gioia sembra che il sentimento abbia la sua sede nel cuore. Molte passioni, anzi la maggior parte di esse, esplicano la loro forza principalmente nel diaframma. La compassione commuove i visceri ed altri istinti esplicano la loro origine e sensibilità in altri organi. La causa per cui si crede di sentire l'anima pensante principalmente nel cervello è forse questa: ogni riflessione implica l'intervento dei segni per le idee da suscitare, allo scopo di dar loro con la presenza e con l'appoggio dei segni il necessario grado di chiarezza. Ora i segni delle nostre rappresentazioni sono principalmente quelli percepiti per mezzo dell'udito o della vista, che sono en-

trambi sensi mossi da impressioni cerebrali, in quanto i loro organi si trovano anche vicinissimi a questa parte.

L'“Io penso” deve poter accompagnare ogni rappresentazione permanendo identico, altrimenti io non ne potrei aver coscienza o sarebbe come se non l'avessi, e, col variare delle rappresentazioni, io diventerei “un me variopinto”, ossia muterei col mutare delle rappresentazioni medesime. Il punto focale in cui tutto il molteplice si unifica è la rappresentazione dell'Io penso, che non è l'io individuale di ciascun soggetto empirico, ma la struttura del pensare comune ad ogni soggetto empirico, ciò per cui ciascun soggetto empirico è soggetto pensante e cosciente.

**Johann Gottlieb Fichte** (1804), *filosofo*

Non v'è nulla di posto originariamente, tranne l'Io; e questo soltanto è posto assolutamente. Perciò, un'opposizione assoluta non può esservi se non ponendo qualcosa di opposto all'Io/ Ma ciò che è opposto all'Io è = Non-Io. ...Ed è l'Io a porre io Non-Io per potersi determinare come Io.

**Georg Wilhelm Friedrich Hegel** (1807), *filosofo*

Uno dei punti di vista essenziali della filosofia di Kant è che, prima di procedere a conoscere Dio, l'essenza delle cose, ecc., occorra indagare la facoltà del conoscere per vedere se sia capace di adempiere quel compito: si dovrebbe, cioè, imparare a conoscere lo strumento prima d'intraprendere il lavoro che per mezzo di esso deve esser portato a termine... Tuttavia, se non ci si vuole illudere con le parole, è facile vedere che, mentre altri strumenti possono pur esser indagati e giudicati in un modo che non consista nel lavoro stesso a cui sono destinati, invece indagare il conoscere è cosa che non può farsi altrimenti se non conoscendo: giacché indagare questo cosiddetto strumento non significa altro che conoscerlo. E voler conoscere prima che si conosca è non meno assurdo del saggio proposito di quel tale Scolastico, di

imparare a nuotare prima di arrischiarsi nell'acqua.

**Karl Marx** (1844), *filosofo*

Come non si può giudicare un uomo dall'idea ch'egli ha di se stesso, così non si può giudicare un'epoca di sconvolgimento dalla coscienza che essa ha di se stessa; bisogna invece spiegare questa coscienza con le contraddizioni della vita materiale, con il conflitto esistente tra le forze produttive della società e i rapporti di produzione...

Non è la coscienza degli uomini che determina la loro esistenza, al contrario, è la loro esistenza sociale che determina la loro coscienza.

**Phineas Gage** (1848), *supervisore ferroviario*

Dopo che una barra di ferro di 90 centimetri trapassò da parte a parte la testa di Phineas Gage, in un incidente durante la costruzione di una linea ferroviaria, questo onesto, meticoloso, riflessivo e responsabile cittadino – rimasto sempre lucido – divenne improvvisamente incostante, insolente, bizzarro e smodato. A partire da Gage, nacquero le “neuroscienze alla Gage” che iniziarono a studiare le aree cerebrali deputate alle più diverse funzioni.

La coscienza è l'ultima e più tarda evoluzione della vita organica e, conseguentemente, è ciò che nella vita organica vi è di meno compiuto e di più fragile (Horgan).

**Friedrich Nietzsche** (1844-1900), *filosofo*

Corpo io sono e anima – così parla il fanciullo. E perché non si dovrebbe parlare come i fanciulli? Ma il risvegliato e sapiente dice: corpo io sono in tutto e per tutto, e null'altro; e anima non è altro che una parola per indicare qualcosa del corpo. Il corpo è una grande ragione, una pluralità con un solo senso, una guerra e una pace, un gregge e un pastore. Strumento del corpo è anche la tua piccola ragione, fratello, che tu chiami “spirito”, un piccolo strumento e un giocattolo della tua più grande ragione!

**Thomas Henri Huxley** (1825-1895), *biologo*

Come avvenga che qualcosa di tanto degno di nota come uno stato di coscienza si produca quale risultato di una stimolazione del tessuto nervoso è inspiegabile quanto l'apparire del genio ad Aladino quando strofinava la lampada.

**William James** (1842-1910), *psicologo e filosofo*

Confesso che supporre l'esistenza di un'anima misteriosamente influenzata dai propri stati cerebrali e che risponda ad essi tramite le proprie affezioni coscienti, mi appare la linea di minore resistenza logica.

Nel cervello non esiste una cellula o un gruppo di cellule in una tale preminenza anatomica o funzionale da poter sembrare la chiave di volta dell'intero sistema.

**Henri Bergson** (1869-1941), *filosofo* (Nobel)

Sia che si consideri il pensiero come una semplice funzione del cervello e lo stato di coscienza come un epifenomeno dello stato cerebrale, sia che si ritengano gli stati del pensiero e gli stati del cervello come traduzioni in due lingue diverse dello stesso originale, si pone nell'un caso e nell'altro lo stesso principio: se potessimo penetrare nell'interno di un cervello che lavora e assistere all'incrociarsi degli atomi di cui è fatta la corteccia cerebrale, o se dall'altra parte possedessimo la chiave della psicofisiologia, sapremmo dettagliatamente tutto ciò che accade nella coscienza corrispondente... In una coscienza umana c'è infinitamente di più di quanto ci sia nel cervello corrispondente.

**Sigmund Freud** (1856-1939), *psichiatra e psicoanalista*

“Tu arrivi al punto di considerare 'psichico' identico a 'cosciente', cioè conosciuto da te; e questo, nonostante le prove più evidenti che nella tua vita psichica accadono molte più cose di quelle che si rivelano alla tua coscienza!”, esclamò Freud.

**Giovanni Gentile** (1875-1944), *filosofo*

Il punto di vista nuovo a cui conviene collo-



L'anima come "homunculus". L'artista medievale rappresenta l'anima come un piccolo uomo con le ali che entra in un più grande corpo umano.

*Creazione di Adamo*, mosaico in San Marco a Venezia

carsi è questo dell'attualità dell'Io, per cui non è possibile mai che si concepisca l'Io come oggetto di se medesimo. Ogni tentativo che si faccia... di oggettivare l'Io, il pensare, l'attività nostra interiore in cui consiste la nostra spiritualità, è un tentativo destinato a fallire.

La natura, e con essa tutto quello che non è azione dell'uomo, non è altro che un prodotto fittizio dell'Io, del pensiero pensante.

**Ludwig Wittgenstein** (1921), *filosofo*

Il soggetto non appartiene al mondo: è un limite del mondo.

**Karl Jaspers** (1941), *psichiatra e filosofo*

L'essere è sempre al di là di ogni tentativo di abbracciarlo. È l'orizzonte irraggiungibile che si sposta col movimento stesso della ricerca. L'uomo allora rivolge su se stesso, come singolo, la direzione del suo cercare, perché l'esistenza – in una compenetrazione che pare totale dell'indagine e del suo oggetto – offra una risposta meno elusiva alla domanda sull'essere.

**Ludwig Wittgenstein** (anni '40), *filosofo*

È forte la tentazione di immaginare che si possa guardare dentro la mente e vedersi

mentre si pensa. Ciò che osserveremmo sarebbe il significato delle parole!... Noi immaginiamo di poter indicare o guardare verso l'interno, come se disponessimo di una sorta di "spazio interiore" in cui si svolgono attività interne cui sia possibile dare un nome...

Sarebbe come voler capire – senza sapere come si gioca a scacchi – che cosa significa la parola "matto" osservando attentamente l'ultima mossa di una partita.

**Charles Sherrington** (1936 e 1940), *neurofisiologo* (Nobel)

Risveglio: il grande strato superiore della massa, in cui lampeggiavano e si muovevano poche luci, è ormai divenuto uno spazio luccicante di punti luminosi che lampeggiano ritmicamente mentre treni di scintille sfrecciano in ogni direzione. Il cervello si sta risvegliando, e con esso sta tornando la mente: è come se la Via Lattea si fosse lanciata in una danza cosmica. La massa cerebrale si trasforma rapidamente in un telaio incantato in cui milioni di spole lampeggianti tessono un disegno destinato ben presto a dissolversi, uno schema sempre denso di significati ma mai stabile e durevole; un'armonia mutevole di sottoschemi. Ho visto porre la domanda "Perché la mente dovrebbe avere un corpo?". La risposta può ben essere "Per mediare fra essa e le altre menti". Si potrebbe obiettare che questo è puro "antropismo". Ma a questa obiezione potremmo rispondere che l'antropismo sembra essere ciò a cui tende attualmente, anche se forse non durvolmente, il nostro pianeta.

**Alfred Einstein** (1936), *fisico* (Nobel)

I concetti fisici sono creazioni libere dell'intelletto umano e non vengono, come potrebbe credersi, determinati esclusivamente dal mondo esterno. Nello sforzo che facciamo per intendere il mondo rassomigliamo molto all'individuo che cerca di capire il meccanismo di un orologio chiuso. Egli vede il quadrante e le sfere in moto, ode il tic-tac, ma non ha modo di aprire la cassa.

Se è ingegnoso, potrà farsi una qualche immagine del meccanismo che considera responsabile di tutto quanto osserva, ma non sarà mai certo che tale immagine sia la sola suscettibile di spiegare le sue osservazioni. Egli non sarà mai in grado di confrontare la sua immagine con il meccanismo reale e non potrà neanche rappresentarsi la possibilità ed il significato di simile confronto.

**John Roger Searle** (anni '90), *filosofo*

Il cervello dimostra una complessità che, nonostante la rivoluzione delle neuroscienze, presenta ancora numerose zone oscure. Dalle indagini di Gerald Edelman, sappiamo che in alcune aree del cervello sono presenti miliardi di neuroni, e il numero di connessioni sinaptiche che essi stabiliscono è sbalorditivo: circa un milione di miliardi di connessioni. Se l'organizzazione della materia della mente, formata da neuroni, sinapsi, cellule, strati, lamine e nuclei è già di per sé complessa, tale complessità diviene necessariamente maggiore se posta in relazione all'agire cosciente dell'individuo.

(continua)

FINE DELLA PRIMA PARTE

(la seconda parte sarà pubblicata nel prossimo numero)

## Bibliografia

Questa bibliografia segue l'ordine delle citazioni.

CARLI EDDY, *La filosofia della mente*, in: *La filosofia del Novecento*, a cura di FORNERO G. e TASSINARI S., Bruno Mondadori, 2002.

SCOTT ALWYN, *Scale verso la mente. Nuove idee sulla coscienza*, Bollati Boringhieri, 1998 (1995).

PETHES NICOLAS e RUCHATZ JENS, *Dizionario della memoria e del ricordo*, Bruno Mondadori, 2002.

FROLA EUGENIO (a cura di), *Canone buddhistico. L'orma della disciplina (Dhammapada)*, Boringhieri, 1968.

O'COLLINS GERALD e FERRUGIA EDWARD G., *Dizionario sintetico di Teologia*, Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano, 1995.

PLATONE, *Menone*, in: *Tutte le opere*, a cura di Giovanni Pugliese Carratelli, Sansoni, 1993.

ARISTOTELE, *La Metafisica*, a cura di Armando Carlini, Laterza 1950.

CHURCHLAND PAUL M., *Il motore della ragione, la sede dell'anima. Viaggio attraverso il cervello umano*, Il Saggiatore, 1998 (1995).

DENNETT DANIEL C., *Coscienza. Che cosa è?*, Rizzoli, 1993 (1991).

DENNETT DANIEL C., *La mente e le menti. Verso una comprensione della coscienza*, Sansoni, 1997 (1996).

GILSON ETIENNE, *La filosofia nel medioevo*, La Nuova Italia, 1993 (1952); (per AVERROÈ, MAIMONIDE E TOMMASO).

DE LIBERA ALAIN, *Storia della filosofia medievale*, Jaca Book, 1995 (1993); (per AVERROÈ, MAIMONIDE E TOMMASO).

BALDUCCI ERNESTO, *Storia del pensiero umano (1)*, Cremonese, 1986; (per AVERROÈ, MAIMONIDE E TOMMASO).

COULOUBARITSIS LAMBROS, *Histoire de la philosophie ancienne et médiévale*, Grasset, 1998; (per AVERROÈ, MAIMONIDE E TOMMASO).

D'AQUINO TOMMASO, *Somma teologica (antologia)*, a cura di Petruzzellis N., Laterza, 1937 (1273).

DESCARTES RENÉ, *Meditazioni metafisiche*, Laterza, 1967 (1641).

DAMASIO ANTONIO R., *Emozione e coscienza*, Adelphi, 2000 (1999).

DAMASIO ANTONIO R., *L'errore di Cartesio*, Adelphi, 1995 (1994).

SPINOZA BARUCH, *Ethica ordine geometrico demonstrata*, Laterza, 1933 (1677).

*Mistica ebraica*. Testi della tradizione segreta del giudaismo dal III al IV secolo, a cura di Busi G. e Loewenthal E., Einaudi 1999.

MALEBRANCHE NICOLAS, *Entretiens sur la métaphysique et la religion*, Rotterdam, 1688.

LEIBNIZ GOTTFRIED WILHELM, *Mondologia*, Laterza, 1986 (1714).

GASSENDI PIERRE, *Dubbi e istanze contro la metafisica di Cartesio*, 1644.

LOCKE JOHN, *Trattato sull'intelletto umano*, 1690.

Berkeley George, *Trattato sui principi della conoscenza umana*, Laterza, 1974 (1710).

HUME DAVID, *Trattato sulla natura umana*, Laterza, 1971 (1740).

KANT IMMANUEL, *Critica della ragione pura*, Laterza, 1959 (1787).

FICHTE JOHANN GOTTLIEB, *Fenomenologia dello Spirito*, La Nuova Italia, 1960 (1807).

MARX KARL, *Manoscritti economico-filosofici*, Einaudi, 1968 (1844).

HORGAN JOHN, *Neuroscienze alla Gage: la mente inviolata*, Cortina, 2001 (1999).

NIETZSCHE FRIEDRICH, *Così parlò Zarathustra*, Adelphi, 1973 (1887).

NIETZSCHE FRIEDRICH, *La gaia scienza*, Adelphi, 1965 (1882).

JAMES WILLIAM, *Principi di Psicologia*, Bruno Mondadori, 1998 (1890).

BERGSON HENRI, *Materia e Memoria*, Mondadori, 1986 (1896).

FREUD SIGMUND, *Una difficoltà della psicoanalisi*, Vol. 8°, Opere Complete di S.F., Bollati Boringhieri, 1976.

JASPERS KARL, *La mia filosofia*, Einaudi, 1946 (1941).

Heaton J. e Grives J., *Wittgenstein*, Feltrinelli, 1994.

SHERRINGTON CHARLES, *Man on his nature*, 1941 (1937-38).

SEARLE JOHN R., *La riscoperta della mente*, Bollati Boringhieri, 1994 (1992).

EINSTEIN ALFRED, *Pensieri degli anni difficili*, Boringhieri, 1965 (1936).



## Specificità delle isole minori nella gestione dei rifiuti

F. ATTURA\*, S. CASSANI\*, P.G. LANDOLFO\*,  
C. BOMMARITO\*\*, F. MONTELEONE\*\*

\* ENEA, UTS Protezione e Sviluppo  
dell'Ambiente e del Territorio

\*\* ENEA, Palermo

**N**ell'ambito dell'adeguamento dei sistemi territoriali di gestione rifiuti ai principi e agli obiettivi del decreto legislativo 22/97, le isole minori necessitano di soluzioni particolari che tengano conto delle numerose specificità che le caratterizzano, in particolare quella costituita dal turismo su territori ambientalmente fragili e ad elevato valore ambientale.

L'ENEA, impegnato con il progetto "Sostenibilità ambientale nelle isole minori" nella conservazione e valorizzazione delle risorse locali attraverso interventi di riduzione degli impatti che le attività antropiche producono, ha dedicato una particolare cura alla gestione dei rifiuti, un settore che costituisce attualmente la parte più rilevante del progetto. Anche se risulta evidente l'ampio ventaglio di situazioni geomorfologiche, strutturali, demografiche, amministrative e socio-economiche rappresentate dalle isole minori, già in fase di analisi preliminare è stato possibile individuare un approccio e una logica di sistema applicabi-

le a tutte le isole, sulla cui base sviluppare una progettazione specifica nelle singole realtà.

Si è assunto il principio generale di limitare le infrastrutture e l'impiantistica a quanto necessario per l'attuazione di un sistema finalizzato a trasferire ad impianti in terraferma tutto ciò che non può essere recuperato sull'isola. Il lavoro è stato impostato in relazione ai seguenti criteri:

- l'assenza di nuove discariche;
- l'introduzione di misure di prevenzione orientate alla riduzione e contenimento della produzione dei rifiuti;
- l'attuazione di tutte le tipologie di raccolta e conferimento separato;
- una limitata impiantistica indirizzata al trattamento e recupero in loco. Tutta l'attività dovrà essere supportata con campagne informative/formative atte a favorire l'avvio del sistema.

### Stato di avanzamento del progetto

Le attività sono state avviate dall'ENEA nell'autunno 1999 con

l'impegno diretto del Ministero dell'Ambiente e delle strutture commissariali, delle Amministrazioni locali interessate e con il coinvolgimento di competenze di rilievo nazionale (Scuola Agraria di Monza, Istituto S. Michele all'Adige, Comieco) e il continuo interesse dell'UE (Direzione Ambiente). Sono stati condotti una serie di studi ed analisi ricognitive preliminari, che hanno permesso l'acquisizione delle informazioni di base precedentemente illustrate.

In sintonia con tali indicazioni sono stati elaborati dall'ENEA i progetti di massima per sistemi di gestione dei rifiuti urbani nell'isola di Pantelleria, Pelagie, Ustica, Egadi, Tremiti.

I progetti di massima sono stati fatti propri dalla Struttura Commissariale e sta per essere completato dalle Amministrazioni locali l'adeguamento in termini esecutivi per procedere al finanziamento da parte della struttura stessa.

### I progetti

In uno scenario di emergenza rifiuti, caratterizzato dall'esigenza di una rapida attivazione delle iniziative per la massima intercettazione dei rifiuti recuperabili, le priorità sono state indirizzate alla gestione dei seguenti flussi:

- rifiuto differenziato secco;
- rifiuto differenziato organico (umido e verde);
- rifiuto indifferenziato residuale.

I progetti prevedono, pur con le dovute specificità: sistemi di raccolta differenziata spinta delle frazioni secche e un sistema per il rifiuto indifferenziato residuale su tutto il territorio, un sistema di raccolta della frazione organica nelle aree urbane e, in particolare, presso le aree extraurbane (nuclei a prevalente economia agricola, abitazioni sparse, giardini, orti), una forte

riduzione alla fonte del rifiuto organico attraverso la promozione e la diffusione del compostaggio domestico.

A supporto dei circuiti di raccolta ed integrati con essi, si prevede di realizzare sul territorio:

- un Centro Comunale di Raccolta (CCR). Presso tale struttura è possibile il conferimento diretto da parte delle utenze domestiche e non domestiche di tutti i rifiuti da raccogliere in maniera differenziata. Inoltre, si prevede in esso una prima fase di trattamento dei materiali prima del loro trasferimento alle relative filiere;
- un'impiantistica, dove sussistano le condizioni, per la produzione di compost di qualità, ambientalmente e tecnologicamente integrata con le specificità delle singole isole. Il recupero in loco della frazione organica è supportato da studi di caratterizzazione dei settori agricoli finalizzati all'accertamento dei potenziali sbocchi commerciali nonché in quello paesistico ambientale;
- una stazione di trasferta con l'impiantistica idonea al condizionamento del rifiuto indifferenziato residuale.

Sotto il profilo dell'organizzazione e della gestione, il sistema per tutte le realtà, prevede:

- l'istituzione di un circuito coordinato per la promozione del compostaggio domestico, per la valorizzazione dei materiali organici di scarto a livello di singoli nuclei familiari;
- l'organizzazione di servizi di raccolta monomateriale e del rifiuto residuale mediante circuito porta a porta nelle aree urbane, integrato da un circuito con contenitori stradali opportunamente distribuiti sul territorio anche in relazione alle stagionalità e alle utenze, in modo da ottimizzare il conferimento delle diverse frazio-

ni del rifiuto da parte dei produttori;

- il trasporto del rifiuto differenziato secco al CCR e suo primo trattamento (riduzione volumetrica e predisposizione per il trasporto). Su tutte le isole è predisposto un servizio di raccolta (a chiamata) a giorni stabiliti, concordati con l'utenza per ingombranti, beni durevoli ed altro;
- trasporto della frazione organica all'impianto integrato per il trattamento della frazione umida + verde;
- condizionamento del rifiuto residuale (con filatura, processo di biostabilizzazione con tecnologia a biocelle o a teli) e degli altri materiali non riciclabili e loro stoccaggio;
- valorizzazione in loco del compost.

### Elementi operativi della gestione del sistema integrato

Per l'intercettazione delle diverse frazioni presenti nei rifiuti urbani, nei progetti elaborati sono state valutate:

- le modalità operative intrinseche ai vari circuiti, come ad esempio la tipologia e la volumetria dei contenitori di raccolta distribuiti per nuclei familiari (contenitore per la frazione organica e sacchi a perdere trasparenti dedicati in materiale biodegradabile) e/o messi a disposizione delle singole utenze (alberghi, ristoranti ecc.), in quanto favoriscono i quantitativi pro capite intercettati e il grado di purezza merceologica del materiale raccolto;
- la variazione nell'arco dell'anno della densità abitativa sulle isole sia in relazione ai residenti che alla dislocazione dei turisti, (si deve considerare la presenza di flussi turistici che generano una forte crescita della produzione di rifiuti pre-

valentemente da giugno a settembre);

- la distribuzione sul territorio, nell'arco dell'anno, delle attività stagionali (potature, mercati ecc.) che producono rifiuti;
- la densità abitativa e la tipologia degli insediamenti sul territorio (centro, case sparse, seconde case, zone rurali e produttive).

Al fine di pervenire nel più breve tempo possibile e comunque a regime, al raggiungimento degli obiettivi fissati in termini di RD (raccolta differenziata), il sistema viene promosso in via prioritaria nelle aree a maggiore densità abitativa e presso le principali strutture alberghiere e ristorative.

In particolare, le isole sono state divise tra zona urbana ed extra urbana.

Ad esempio, nella zona urbana di Pantelleria e Lampedusa si prevede:

*per le utenze domestiche:*

- la raccolta differenziata monomateriale porta a porta per la frazione organica, carta e cartoni, rifiuto indifferenziato residuale;
- la raccolta differenziata monomateriale a consegna presso il sistema di piccole isole ecologiche stradali per il vetro, la plastica, i metalli;

*per le utenze non domestiche in relazione all'attività produttiva svolta:*

- la raccolta differenziata monomateriale porta a porta o di prossimità con cassonetti dedicati per la frazione organica, carta e cartoni, vetro, plastica, metalli e indifferenziato residuale.

Nella zona extraurbana, data la dislocazione degli insediamenti e la lunghezza dei percorsi di raccolta, non si prevede la realizzazione di un circuito di rac-

colta porta a porta. Su tutte le isole, un sistema di isole ecologiche opportunamente distribuite sul territorio anche in relazione alle fluttuazioni stagionali, per la raccolta monomateriale delle frazioni secche e per le utenze non domestiche contenitori dedicati per tutte le tipologie di rifiuto (rifiuto indifferenziato residuale compreso). Per Linosa e Ustica il sistema di gestione proposto tiene conto delle caratteristiche ambientali, della limitata superficie del territorio e della diversa densità abitativa, del numero ridotto di utenze da servire. In relazione a queste caratteristiche non viene prevista la realizzazione di un circuito di raccolta dell'umido ma si promuove il compostaggio domestico, pratica favorita dalle caratteristiche insediative del territorio stesso e dal contesto culturale ed economico locale (quasi tutte le abitazioni dispongono di un giardino o di un orto, sono realtà a prevalente economia agricola e tale pratica è già diffusa). Inoltre, viene proposto per Linosa un sistema di RD delle frazioni secche a consegna, con il supporto di un Centro Ambiente

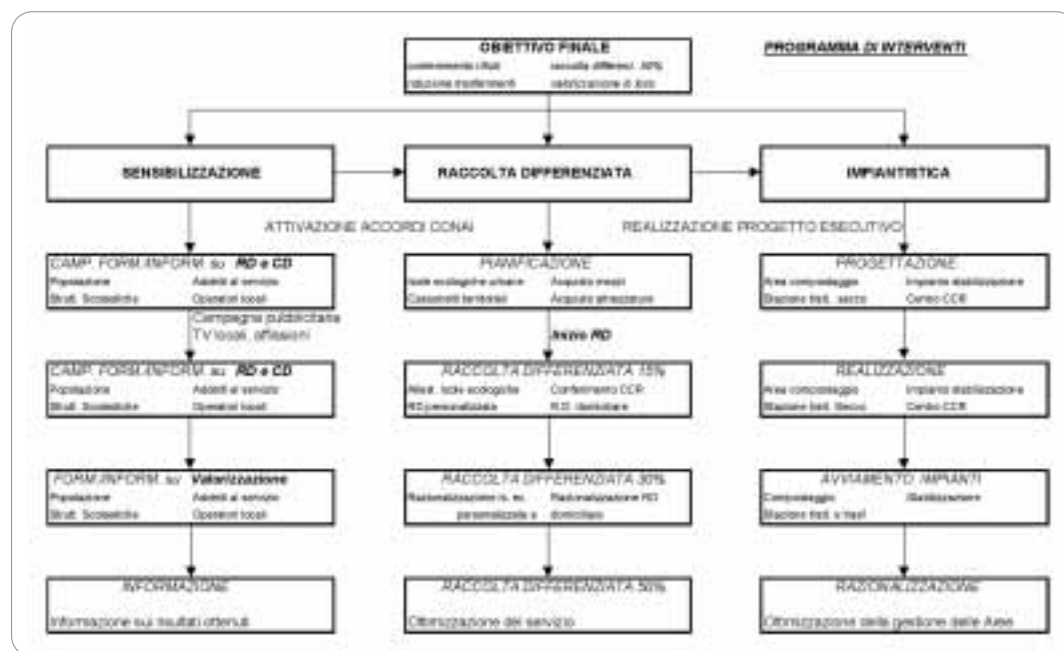
(mobile) e la sperimentazione di un software per predisporre il passaggio da tassa a tariffa. Per Ustica, dato che nelle zona urbana si effettua già il servizio porta a porta di raccolta dei rifiuti urbani con sacco nero, si prevede di valorizzare tale consuetudine puntando sulla raccolta porta a porta integrata di tutte le frazioni secche presenti nel rifiuto nella zona extraurbana da isole ecologiche. Il sistema di gestione prevede su tutte le isole un'unica area attrezzata con le infrastrutture e la relativa impiantistica dove confluiranno in maniera autonoma tutte le diverse tipologie di rifiuto. In quest'area si prevede anche lo stoccaggio provvisorio di tutte le tipologie di rifiuto che, raggiunta la quantità per un carico utile, verranno trasferiti. Per il rifiuto indifferenziato si prevede il suo condizionamento presso la stazione di trasferimento (filmatura su Pantelleria, biostabilizzazione con tecnologia a biocelle su Lampedusa e biostabilizzazione con tecnologia a teli su Ustica e Tremiti) prima di essere trasferito ai centri di produzione del CDR (combustibili derivati dai rifiuti).

## Conclusioni

È lecito affermare che le isole minori dell'Italia meridionale, oggetto dell'intervento dell'Accordo di Programma Ministero Ambiente – ENEA, rappresentano una realtà particolare rispetto al resto del territorio nazionale a causa della loro conformazione, della loro posizione geografica, delle loro caratteristiche strutturali e ambientali.

Tale particolarità, se da un lato le rende una risorsa per l'Italia e per il Mediterraneo, dall'altro, per le dimensioni ridotte, la fragilità degli ecosistemi che può condurre anche a fenomeni di desertificazione, nonché la lontananza dalla terraferma, richiede interventi mirati, qualificati e obiettivi particolarmente elevati di tutela ambientale.

La Direzione Ambiente dell'UE, che da tempo è sensibile al problema della gestione ambientalmente compatibile del territorio nelle isole minori con particolare riguardo ai rifiuti, segue con molta attenzione questo progetto nella sua fase di elaborazione preliminare nonché di realizzazione definitiva.







## Aspetti estetici e funzionali del fotovoltaico integrato in architettura

M. PELLEGRINO, G. FLAMINIO,  
G. LEANZA, C. PRIVATO,  
A. SCOGNAMIGLIO

ENEA, UTS

Fonti Rinnovabili e Cicli Energetici Innovativi



L'impiego della tecnologia fotovoltaica (FV) integrata in architettura si è diffuso negli ultimi anni in molte nazioni e ha dato luogo ad alcune realizzazioni molto interessanti. In tali applicazioni i componenti fotovoltaici impiegati possono sostituire integralmente alcuni componenti edili tradizionali e, di conseguenza, essi devono possederne anche i requisiti, come ad esempio l'isolamento termico e dall'umidità, la tenuta all'acqua, al vento e alla neve, la protezione dal rumore, la resistenza al fuoco. Inoltre, in un particolare tipo di applicazione, come le

schermature solari, essi devono assicurare una corretta illuminazione naturale, mediante determinate caratteristiche di trasparenza/opacità alla radiazione luminosa. In tutti questi casi l'aspetto estetico deve essere tenuto nella opportuna considerazione e il componente fotovoltaico non va più visto unicamente come un generatore elettrico, ma ne vanno valutate anche tutte le funzioni aggiunte rispetto alle sue prestazioni standard. Molte sono le applicazioni possibili del fotovoltaico in edilizia. Tuttavia, se da un lato sono innumerevoli le possibilità di impie-

go di sistemi fotovoltaici integrati in architettura, dall'altro questo tipo di utilizzo della tecnologia fotovoltaica possiede un limite intrinseco per il fatto che la geometria degli edifici è fissa e, quindi, generalmente l'esposizione dei moduli non può essere ottimizzata ai fini della massimizzazione del rendimento energetico, sia in termini di orientamento che di inclinazione al suolo (azimut e tilt).

Si può dire, quindi, che nelle applicazioni dei sistemi fotovoltaici integrati in architettura si assiste, in generale, a una perdita di energia complessiva, a parità di potenza di un componente, rispetto a un impiego tradizionale.

Con questo studio si vuole rispondere alla domanda su quanta energia vada persa e quanta invece possa essere accettabilmente sacrificata al fine di privilegiare l'aspetto estetico del fotovoltaico. A tale proposito sono stati presi in esame alcuni componenti vetro-vetro con funzione di frangisole e progettati con l'intento di costituire anche elementi decorativi della facciata, poiché per queste applicazioni gli aspetti estetici ricoprono decisamente un ruolo non marginale, a volte decisivo in sede di accettazione del progetto, e il loro confronto con le necessità funzionali del componente è sembrato molto interessante.

### Apparato sperimentale

La parte sperimentale del lavoro è stata eseguita utilizzando un inseguitore solare a due assi, in modo da variare l'esposizione dei moduli intervenendo sugli angoli di azimut e di tilt, ed effettuando misurazioni in diversi momenti della giornata. Il sistema utilizzato è costituito da una piattaforma rotante dell'area di m 2x2, che consente una inclinazione da 0° a 99° e una variazione

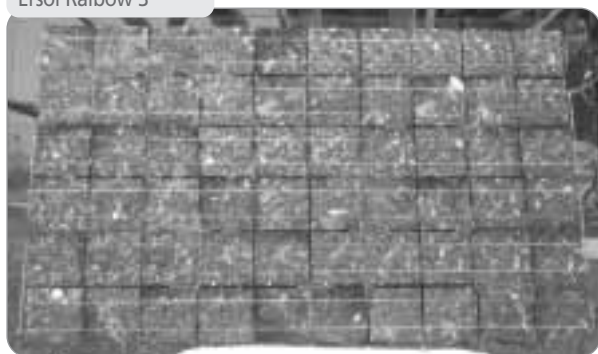
dell'angolo di azimut da  $-180^\circ$  (direzione est), fino a  $+327^\circ$  (ovest); la rotazione del piano del modulo è poi possibile in un arco compreso tra  $-35^\circ$  a  $+35^\circ$ .

### Design dei moduli

Obiettivo di questo genere di sperimentazione è stato anche quello di dimostrare che è possibile ottenere un aspetto estetico soddisfacente, e in una certa misura "decorativo", usando strumenti tradizionali del *design* (geometria e proporzioni) e caratteristiche formali intrinseche della tecnologia fotovoltaica (scelta delle celle e loro disposizione).

I moduli sono stati realizzati mediante una struttura a *sandwich* composta verso l'esterno da due lastre di vetro temperato ad alta resistenza dello spessore di mm 4 e composta all'interno dalle celle fotovoltaiche incapsulate mediante il ricorso ad una resina speciale altamente trasparente.

**Figura 1**  
Modulo con celle  
Ersol Rainbow 3



**Figura 2**  
Modulo con celle  
Ersol Rainbow 5



tipo	Ase EFG 1030	Sunways Power	Ersol Rainbow 3	Ersol Rainbow 5
numero celle	78	91	60	60
tecnologia	Si poly	Si poly	Si poly	Si poly
colore	blue	blue	rainbow	rainbow
dimensioni cella (cm <sup>2</sup> )	100x100	100x100	125x125	125x125
potenza cella (W)	1,44	0,77	1,67	1,84
Isc (A)	3,2	2,7	3,8	4,1
Voc (V)	46,4	51	36	36
efficienza modulo (%)	10,9	6,87	10	11
efficienza cella %	14,4	7,7	10,6	11,2
area celle (cm <sup>2</sup> )	7.800	9.100	9.375	9.375
area modulo (cm <sup>2</sup> )	11.940	11.940	11.940	11.940
densità celle (%)	65	76	78	78
potenza nominale (W)	1.12.3	70,5	100,2	105,8
densità di potenza (W/m <sup>2</sup> )	94,0	59,0	84,0	88,0

Le caratteristiche di componenti di questo tipo consentono una grande flessibilità di *design*; in questa fase possono, infatti, entrare in gioco molte variabili, tra le quali: la dimensione e la forma dell'elemento vetrato, la scelta della cella (colore, dimensione, forma, caratteristiche elettriche), il numero di celle impiegate (trasparenza/opacità del modulo in funzione del grado di illuminazione naturale desiderato), la disposizione delle celle (*pattern* decorativo) e il disegno delle connessioni elettriche.

Sono state elaborate differenti varianti di un modulo vetrato fotovoltaico con funzione di frangisole per un sistema di serramento apribile, mantenendo fisse le dimensioni dell'elemento vetrato (cm 83,5x143); i campioni realizzati hanno tutti un'area di 11.940 cm<sup>2</sup>, spessore di 10 mm (4/2/4) e peso di 30 kg, ma sono differenti per tipologia delle celle (dimensione e colore) e disposizione delle stesse (*pattern* ed interspazi). Tra di essi ve n'è anche uno eseguito con celle semitrasparenti.

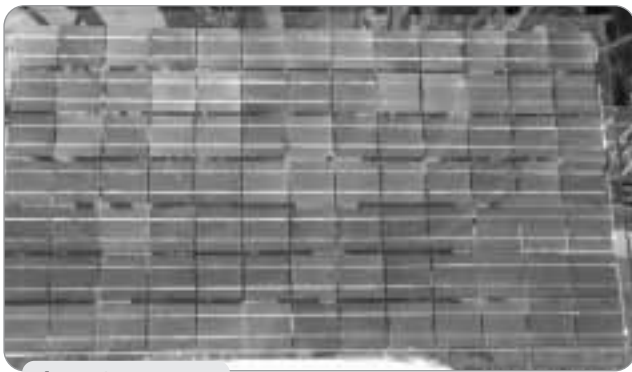
La tabella mostra le principali caratteristiche elettriche dei moduli utilizzati (figure 1-4). In

tabella con il termine "densità delle celle" si intende indicare il rapporto tra la superficie fotovoltaica e la superficie vetrata totale del componente (area FV/area totale vetrata).

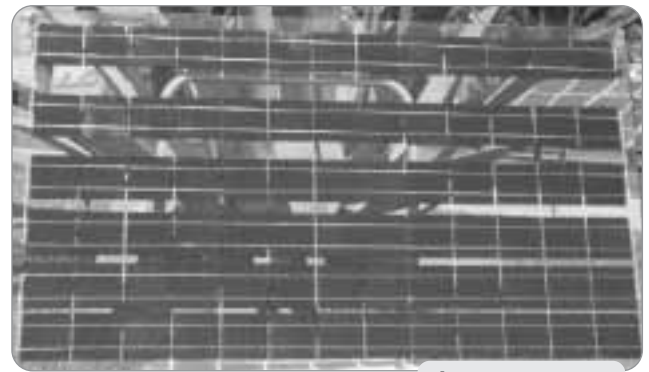
Le figure 1 e 2 mostrano il componente FV realizzato con celle solari Ersol Rainbow, 3 e 5 rispettivamente, così denominate grazie al loro colore iridescente. Il grado di trasparenza di questo modulo è, approssimativamente, pari al 21,5%.

I moduli denominati in tabella Rainbow 3 e Rainbow 5 sono differenti per l'aspetto (effetto cromatico), come è possibile notare nelle figure 1 e 2, e per la performance elettrica, che migliora al crescere del numero di suffisso.

La figura 3 mostra la foto del modulo realizzato con celle solari Sunways Power. Questo tipo di celle è prodotto con una tecnologia che consente di ottenere celle semitrasparenti su base cristallina. La trasparenza è ottenuta mediante un reticolo di microfori, e il grado di trasparenza standard è fissato intorno al 10%. Il grado di trasparenza di questo modulo, tenuto conto della semitrasparenza delle celle, è pari al 31,4%, invece che al 23,8% se si fosse fatto uso di



**Figura 3**  
Modulo con celle  
Sunways Power



**Figura 4**  
Modulo con celle  
ASE EFG 1030

celle standard opache.

La figura 4 mostra il componente realizzato con celle solari ASE EFG 1030.

Per questo modulo è stata studiata una disposizione delle celle caratterizzata dal ricorso ad un pattern che potesse avere un aspetto armonico e, quindi, decorativo. Così lo spazio tra le file di celle è stato variato e, in particolare, esso risulta crescente dall'alto verso il basso del modulo. La trasparenza di questo campione è circa del 34,7% e sono state impiegate celle standard blu per garantire la massima efficienza così da bilanciare la bassa densità di celle.

### Risultati sperimentali

#### *Prestazione dei componenti FV al variare dell'angolo di incidenza*

Le misure sono state condotte a differenti posizioni del sole nel cielo, in termini di elevazione e di azimut, e a differenti esposizioni del modulo, in termini di inclinazione e di azimut.

Conoscendo quindi le coordinate del sole e quelle del modulo, indicate come latitudine rispettivamente l'elevazione e l'inclinazione, e come longitudine l'azimut, siamo stati in grado di determinare l'angolo di incidenza dato dalla direzione del raggio rispetto alla

normale al piano moduli.

La figura 5 mostra la potenza dei moduli in funzione di tale angolo. Visto che l'intensità della luce poteva essere influenzata dalla frazione diffusa della radiazione solare, sono state scelte nel corso delle misure le condizioni di cielo sereno; ma dato che l'irraggiamento diretto mostrava una variabilità con una media di  $806 \text{ W/m}^2$  e una deviazione standard di  $75,2 \text{ W/m}^2$ , si è deciso di normalizzare la potenza riferendo tutte le misure al massimo valore di irradianza.

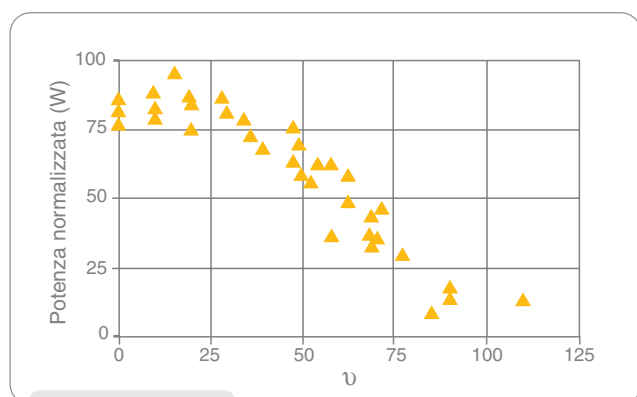
Il grafico di figura 5 vuole solo essere qualitativo e testimoniare che, a fronte di una geometria imposta dalle caratteristiche geometriche dell'edificio in corrispondenza del quale venga integrato il sistema fotovoltaico, esiste una significativa flessibilità per l'inserimento FV. Infatti, per  $50^\circ$  di incidenza, il rendimento energetico del modulo mostra una variazione compresa tra 80 e 60 W e si perde, quindi, circa il 25% del rendimento energetico massimo ottenibile; ciò significa che se la direzione della normale al piano e la direzione del sole giacciono all'interno di un cono con apertura pari a  $1,12$ ,  $\text{tang}(50^\circ)$ , la peggiore situazione che potrebbe verificarsi sarebbe una diminuzione della potenza del 25%.

#### *Prestazione dei componenti FV nelle reali condizioni operative*

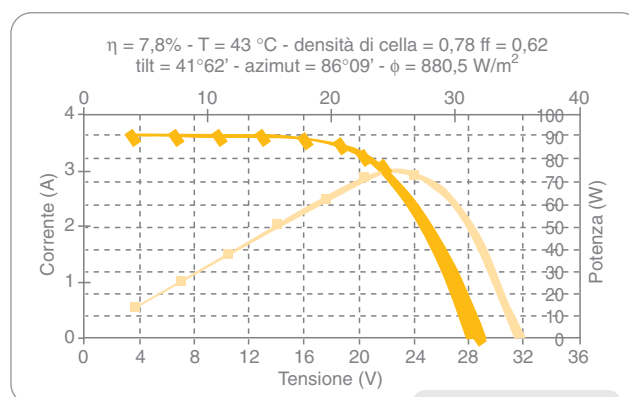
Le misure *outdoor* hanno evidenziato che i moduli caratterizzati mostrano un certo decremento dell'efficienza, se paragonati con componenti fotovoltaici tradizionali, dovuto alle condizioni non standard, temperatura diversa da  $25^\circ\text{C}$  e irraggiamento diverso da quello definito come AM1,5. In particolare si rivela dannoso l'effetto della temperatura, in quanto lo spessore dei vetri (ognuno da 4 mm) impedisce in una certa misura lo scambio termico. La figura 6 riporta l'efficienza energetica del modulo realizzato con celle Ersol Rainbow 3 misurato in esterno. Si nota una perdita di efficienza rispetto ai dati di targa del componente, che si riduce dal 10 al 7%. Nel caso dei moduli realizzati con celle Ersol Rainbow 5 la perdita è invece dall'11% al 7,5%.

Per il modulo realizzato con celle Sunways Power, la perdita di efficienza misurata in esterno è valutabile in una riduzione al 5,2% rispetto al 6,87% alle condizioni standard.

Il modulo con celle ASE EFG 1030 in silicio policristallino con strato di antiriflesso ottimizzato mostra una perdita di efficienza misurata in esterno valutabile in una riduzione del 10,9% rispetto al 7,5% in condizioni standard.



**Figura 5**  
Potenza normalizzata verso l'angolo di incidenza



**Figura 6**  
Caratteristiche elettriche del con celle Ersol Rainbow 3

### Conclusioni

Senza dubbio, l'integrazione della tecnologia fotovoltaica in architettura rappresenta una interessantissima e accattivante opzione per lo sfruttamento dell'energia solare; tuttavia, in condizioni operative i componenti fotovoltaici innovativi per integrazione in architettura mostrano un rendimento energetico non ottimale dovuto sia al vincolo di posizionamento obbligato e sia alla stessa tecnologia adottata per la realizzazione dei componenti. In tal senso, sono piuttosto evidenti le perdite dovute all'effetto termico.

Tuttavia, la perdita di potenza dovuta alla geometria non ottimizzata non sembra tale da costituire un ostacolo all'impiego dei sistemi fotovoltaici negli edifici e inoltre, la posizione verticale dei moduli risponde piuttosto

bene alle condizioni di soleggiamento che si verificano durante il periodo invernale.

Infine, si ritiene sicuramente più giusto ma anche più utile, almeno per l'integrazione in edilizia, valutare il componente fotovoltaico nel suo rendimento globale, per cui l'efficienza energetica va giudicata e pesata tenendo conto anche degli altri fattori che caratterizzano la sua multifunzionalità, come detto nell'introduzione; questi spesso sono indicati come valori aggiunti, il loro contributo alle caratteristiche di prestazione del modulo deve essere visto non già come un mero apporto addizionale di difficile o dubbia valutazione, ma essere considerato come un reale e quantificabile apporto che concorra a elevare e a migliorare l'indice di prestazione del componente.

Gli autori desiderano esprimere la loro gratitudine a Riccardo Schioppo e Michele Zingarelli del Centro ENEA di Manfredonia e a Stefano Bolognesi del Centro ENEA di Portici per il loro prezioso aiuto nelle misure.

### Bibliografia

T. SCHOEN, D. PRASAD, P. TOGGWEILER, P. EIFFERT-TAYLOR, H. SORENSEN, Proceedings 2<sup>nd</sup> World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna (1998) 2447.

K. BAKKER, G. DONZE, P. NUITEN. Proceedings 3<sup>th</sup> ISES Europe Solar Congress Copenhagen (2000).

G. DONZE, P. NUITEN, P. ROMMENS. 9<sup>th</sup> International Conference on Solar Energy in High Latitude Leiden, NL (2001).

LE CORBOUSIER, the Modulor and Modulor2. Basel: Birkhäuser, (2000).

[www.sunways.de](http://www.sunways.de)

Proceedings of the 36<sup>th</sup> Annual Conference Purdue University - West Lafayette, Indiana (2000) 306.



## Una società basata sulla conoscenza con il GIS

EMANUELA CAIAFFA

ENEA, UTS Protezione e Sviluppo dell'Ambiente e del Territorio, Tecnologie Ambientali

**P**rima di stabilire qualsiasi soluzione o definire un piano futuro, *decision* e *policy makers* avvertono sempre più il bisogno di strumenti tecnologicamente avanzati per esaminare e valutare un largo numero di elementi ambientali e sociali che potrebbero influenzare le loro decisioni.

Pur essendo l'era del management digitale allo stato iniziale, tale processo, sapientemente associato allo sviluppo di una nuova società *knowledge-based*, ha le caratteristiche necessarie per crescere in fretta dando origine a una società dell'informazione *on-line* geograficamente localizzata.

Si avverte dunque la necessità di rigenerare la politica di pianificazione e previsione in modo che essa sappia includere nella sua macchina decisionale strumenti più diretti e potenzialmente aperti ai sistemi di *networking* della comunicazione interattiva: uno Stato *on-line*, in grado sia di accedere che di correlare in rete una serie di informazioni del sistema Terri-

torio-Società (imprese, centri di ricerca e formazione, servizi, informazione ecc.), sarà infatti al passo con il progresso socio-economico della incipiente società della conoscenza.

Nella attuale società europea, che sta vivendo un periodo di veloce e continua trasformazione, deve necessariamente cambiare l'approccio dei *decision makers* alla risoluzione dei problemi di governo delle pubbliche amministrazioni.

Si avverte il bisogno di orientarsi verso nuove strategie per dotare decisori, politici ed esperti del settore, di strumenti innovativi, tecnici e scientifici, per una formulazione di *policy making* che sia al passo con i tempi.

Il raggiungimento di tali obiettivi richiede lo sviluppo di una ricerca integrata tra varie discipline sociali, economiche, tecniche e scientifiche che individuino uno strumento valido per costruire una società europea basata sulla conoscenza.

È opinione di chi scrive che il concetto di *knowledge based*

*society* vada interpretato non relegandolo solo alla possibilità di collegare governi, cittadini, industrie, scuole ecc. in Internet, ma elevandolo ad una nuova visione della società basata sulla conoscenza verso la quale ci stiamo avviando.

Nell'attuale momento di grandi trasformazioni nel mondo degli affari e del lavoro, nel modo di apprendere degli studenti e di fare ricerca e nel modo in cui i governi offrono servizi ai cittadini, è indispensabile fare affidamento su una società fondata sulla conoscenza non solo a vantaggio della competitività, ma con l'obiettivo di prendere coscienza di quelli che sono i temi emergenti da affrontare nell'Europa di oggi.

Monitorare il fenomeno Europa, attraverso le sue problematiche sociali, attuali e future, prevedendo gli effetti socio-economici che ne potrebbero derivare, implica avere a disposizione i dati necessari a tale conoscenza, i quali, se corredati di riferimento geografico, assumono un valore di informazione territoriale con tutti i vantaggi impliciti di una visione di quanto detto legata al territorio.

Alcune realizzazioni di progetti di *assessment* e di supporto alla pianificazione territoriale, sviluppate in ENEA attraverso l'uso del GIS (Geographic Information System), hanno messo in luce alcune potenzialità dello strumento GIS che si collocano, per la loro natura estremamente innovativa, alle frontiere della ricerca tradizionale.

In questa nota tecnica si riportano, in maniera sintetica, alcune linee guida seguite per esplicitare come le tecnologie GIS si collocherebbero a pieno titolo tra gli strumenti per la realizzazione di una società basata sulla conoscenza.

### Le aree tematiche prioritarie di ricerca

All'interno del programma quadro 2002-2006, oltre ai già noti temi come "Sviluppo sostenibile e cambiamento globale", si legge un chiaro segnale di novità fornito dall'inclusione del tema "Cittadini e governance nella società europea della conoscenza". Proprio in questo ambito i *Geographic Information Systems* potrebbero fornire uno strumento di supporto per le aree tematiche prioritarie di ricerca previste.

Le aree tematiche prioritarie comprendono attività di ricerca che per il loro carattere innovativo si collocano alle frontiere delle discipline tradizionali e sono in grado di rispondere almeno in parte ad alcune delle "Anticipazioni delle esigenze scientifiche e tecnologiche dell'Unione Europea" per il raggiungimento degli obiettivi dettati dal VI Programma Quadro. Presupponendo tali modalità di lavoro è essenziale adottare una visione interdisciplinare e multi disciplinare che contribuisca allo sviluppo di un modo di "fare ricerca" integrato e strutturato in uno specifico spazio europeo della ricerca.

Per fornire le risposte di cui i *policy makers* necessitano sarebbe dunque auspicabile identificare il GIS come uno strumento per la produzione di informazione dinamica utile al conseguimento di una comprensione integrata di una società basata sulla conoscenza.

### L'Informazione Geografica: un linguaggio comune

Identificare il GIS come strumento per produrre conoscenza integrata e dinamica, la sua formulazione a scala nazionale e regionale, la sua disseminazione ed uso sul territorio euro-

peo, porterebbe alla definizione di una società basata sulla conoscenza in grado di soddisfare le raccomandazioni scaturite dal Summit di Lisbona (giugno 2000) e gli obiettivi dell'European Council in materia di sviluppo sostenibile, coesione sociale e territoriale, qualità della vita, tenendo in considerazione la varietà dei modelli sociali già presenti in Europa e quelli recentemente importati. L'Informazione Geografica vista dunque come un linguaggio comune in grado di rendere superabili le barriere tra i detentori della conoscenza tecnico scientifica e coloro che operano nel settore della decisione pubblica. Per mezzo delle nuove tecnologie offerte dai GIS è possibile avere una produzione e gestione dinamica ed in tempo reale della conoscenza, la sua distribuzione sul territorio e il suo uso come strumento di nuova generazione per politici e *decision makers*.

Il GIS, proprio per le sue caratteristiche, può essere lo strumento candidato come mezzo di condivisione di informazioni e come mezzo di pubblico accesso agli archivi di dati digitali con l'indiscusso vantaggio di mostrare le strutture territoriali sulle quali tali dati esistono.

Indicatori statistici e dati socio-economici, geo-referenziati e agganciati con i confini amministrativi, forniscono un vasto intervallo di informazioni utili ai politici e *decision makers* nel formulare soluzioni in una *new knowledge based Society*.

La costruzione di un GIS con tali caratteristiche, anche a livello prototipale, propone uno strumento innovativo a livello europeo in grado di:

- dare un supporto tecnico-scientifico per monitorare le politiche europee e la loro in-

terazione con ambiente e società;

- incoraggiare un dialogo interdisciplinare tra esperti di informazione geografica digitale e i diversi attori, pubblici o privati chiamati a gestire il territorio con tutti i suoi problemi sociali ed ambientali.
- definire un ponte informativo tra scienziati, *decision makers* e cittadini, attraverso altri tipi di strumenti di comunicazione, come internet, telecomunicazioni, *broadcasting*, gestiti dalle attuali tecnologie GIS.

### Compiti della ricerca

Il compito dei ricercatori che operano nel campo della scienza dell'Informazione Geografica è dunque quello di riuscire a combinare insieme i vari aspetti che intervengono nella definizione di un nuovo tipo di società che tenga conto degli emergenti problemi sociali ed economici che insistono sul territorio.

Tali problemi si possono riassumere e caratterizzare individuando una serie di nuovi indicatori come ad esempio il fenomeno dell'immigrazione verso i paesi europei più industrializzati; la crescita/caduta dello sviluppo demografico, l'aumento del fabbisogno alimentare sia dal punto di vista quantitativo ma soprattutto da quello qualitativo, lo sviluppo sostenibile delle attività agro-alimentari, l'accesso all'educazione, la crescita del traffico per trasporto sia mercantile che di cittadini, i cambiamenti del mercato del lavoro ecc.

Come effetti di ricaduta del fenomeno dell'immigrazione, ad esempio, si potrebbero ricercare indicatori di nuove forme di povertà e di emarginazione, di accesso a diritti essenziali come salute e istruzione, di importazione di nuovi tipi di criminalità ecc.

Tutti questi elementi devono

contribuire a definire un nuovo tipo di conoscenza geografico/socio-economica utile alla descrizione della incipiente società europea.

L'attuazione dei suggerimenti qui riportati fornirebbe, inoltre, la non trascurabile occasione di raccogliere i nuovi dati in modo omogeneo e tutti entro lo stesso sistema di geo-referenziazione superando l'annoso problema della differenza dei formati e dei sistemi di riferimento in cui gran parte degli attuali dati sono disponibili.

La raccolta dei nuovi indicatori è concertata al fine di creare un data base specializzato, che tenga conto della varietà dei nuovi modelli socio-economici europei riguardo alle differenze territoriali e culturali e andrebbe dunque fatta sulla base di GISCO di Eurostat che è il Geographic Information System per la Commissione Europea.

Oltre al compito di integrare in un GIS tutte le informazioni disponibili si possono poi mettere a punto dei modelli di previsione collegati con il GIS stesso nonché migliorare le nuovissime tecnologie di geo-visualizzazione per realizzare uno strumento *user friendly* indirizzato ai *decision maker* incoraggiando così la diffusione del GIS quale strumento per la valutazione dei problemi sociali e di superamento delle barriere create dalle competenze dei diversi attori in gioco.

### Risultati aspettati

Le idee sviluppate in questa

nota tecnica aprono la strada alla definizione di un nuovo tipo di conoscenza che, arricchita dalla componente geografica, sia in grado di proporsi come linguaggio comune tra i detentori di diversi tipi di competenze e tra le diverse discipline in gioco.

Tutto questo, integrato in un GIS, oltre a fornire l'opportunità per l'Europa di affrontare il già citato problema dell'armonizzazione ed omogeneizzazione dei dati, porta al conseguimento dei seguenti risultati:

1. migliorare la raccolta, distribuzione ed uso di un nuovo tipo di conoscenza geografica in un unico formato realmente standard;
2. permettere accertamenti e studi comparati fra i molti aspetti socio-economici che influenzano la qualità della vita nell'Unione Europea;
3. esaminare un vasto numero di indicatori/variabili sociali per capire le trasformazioni socio-economiche come pure le trasformazioni/perdita di qualità della vita nelle città europee e in aree a cambiamenti veloci;
4. realizzare uno strumento affidabile che, sulla base di tutti i dati raccolti, elaborati, interpolati e collegati fra loro in un contesto territoriale, sia capace di indicare verso quale futuro si sta avviando l'Europa e i cittadini europei;
5. superare le barriere esistenti tra *decision makers*, *stakeholders* e cittadini nella *e-governance* della società basata sulla conoscenza.

### Bibliografia

Novità ed ulteriori informazioni sugli argomenti trattati si possono trovare ai seguenti indirizzi:

<http://europa.eu.int/comm/research/era/mapping-excellence.html>

[http://europa.eu.int/information\\_society/eeurope/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/information_society/eeurope/index_en.htm)

European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions: <http://www.eurofound.eu.int>

European industrial relations observatory on-line: <http://www.eiro.eurofound.ie/index.html>

[http://europa.eu.int/comm/employment\\_social/knowledge\\_society/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/employment_social/knowledge_society/index_en.htm)

Conclusioni della Presidenza del Consiglio Europeo di Lisbona, 23 E 24 marzo 2000, [http://europa.eu.int/comm/off/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/off/index_en.htm)

Informazioni in particolare su educazione e training: [http://europa.eu.int/comm/education/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/education/index_en.html)

*Towards a knowledge-based Europe. The European Union and the information society.* Manuscript for information brochure for the general public European Commission, Directorate General for Press and Communication, October 2002.

*Predisporre il passaggio a un'economia competitiva, dinamica e basata sulla conoscenza*, <http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/it/2003/i1006.htm>

GISCO: <http://www.datashop.org/gisco/gisco.html>

CAIAFFA E., *European Marine Information System: EUMARIS*, ENEA Technical Report, RT/AMB, No. 21, 1999.

CAIAFFA E., LEONI G., *Contributo del GIS alla modellazione delle dinamiche territoriali*, Il caso di studio della Piana di Fondi, atti del II° Workshop ENEA-FEEM: "Valutazione dei costi associati all'aumentata vulnerabilità ai cambiamenti climatici in Italia e misure di land-use change", ENEA Casaccia, 4 luglio 2002.



## Indicatori di compatibilità ambientale e durabilità negli edifici

EZILDA COSTANZO

ENEA, UTS Protezione e Sviluppo dell'Ambiente e del Territorio, Tecnologie Ambientali

### Analisi del ciclo di vita per la valutazione della compatibilità ambientale degli edifici

In Europa il settore delle costruzioni ha prodotto nel 2001 un giro di affari di 873 miliardi di Euro dando lavoro a 26 milioni di addetti, il numero più alto tra i diversi comparti.

Le attività connesse al settore edile sono responsabili del 40,7% (dato 1997) dei consumi energetici annui dei paesi europei e di notevoli impatti sull'ambiente. La fase di esercizio è solo una parte del ciclo di vita di un edificio. Indagare sul rapporto tra energia usata ed energia grigia, impiegata nelle fasi di produzione dei materiali edilizi, potrebbe condurre verso nuove politiche di intervento per l'abbattimento delle emissioni e la tutela dell'ambiente.

Anche in Italia, a livello regionale, si sono diffusi sistemi di certificazione che attestano i consumi energetici relativi al riscalda-

mento per gli edifici residenziali precorrendo l'ormai imminente certificazione obbligatoria, dettata dalla recente Direttiva europea in materia. Più lento e complesso, appare invece il processo di analisi delle altre fasi del processo edilizio e degli altri aspetti ambientali.

Le attività estrattive, quelle produttive, costruttive e di smaltimento sono fortemente impattanti ma, ad esclusione dell'iniziativa coordinata e organica del governo olandese, la raccolta dei dati e la messa a punto di strumenti di valutazione della prestazione ambientale dei processi e dei prodotti del settore riveste un carattere del tutto volontario e sperimentale, per lo più limitato al campo della ricerca.

Nell'ambito dei numerosi progetti pilota sono stati sviluppati *software* di valutazione e di progettazione eco-compatibile (*eco-design*) degli edifici che usano un approccio esteso all'intero ciclo di vita: dalla acqui-

sizione di materie prime, alla manifattura dei prodotti, al trasporto, alla costruzione, installazione e messa in opera fino all'uso, dismissione, gestione dei rifiuti e al riuso. Dall'analisi degli *input* e *output* ambientali, le emissioni in aria, in acqua e verso il suolo, la produzione di rifiuti e, in tutti i casi, i consumi di energia, i più comuni strumenti permettono di valutare, a priori e/o a posteriori, l'impatto dell'adozione di materiali, tecniche e tipologie, nonché di processi produttivi e gestionali sulla salute dell'uomo, sulla qualità ecosistemica e sulla riduzione delle risorse.

L'applicazione di un approccio LCA necessita, tuttavia, di non pochi "adattamenti" alla natura del processo e del prodotto edilizio:

- l'estensione della valutazione anche alla qualità ambientale interna dell'edificio, considerata la sua incidenza sul danno alla salute;
- l'inclusione di analisi di probabilità e di rischio, che permettano di tenere in conto la molteplicità di scelte simultanee in fase di progettazione e di comprendere aspetti di "comportamento" legati all'uso. Il processo edilizio, infatti, è caratterizzato da pluralità e complessità delle fasi: quella costruttiva, il cantiere, poco standardizzabile, quella d'esercizio, "longeva" e poco prevedibile per la varietà dei comportamenti d'uso, e quella progettuale che determina gran parte delle caratteristiche prestazionali e degli impatti del prodotto finale verso l'ambiente. Una valutazione delle scelte orientata alla salvaguardia delle diverse componenti ambientali non può essere slegata dalla previsione, fin dal progetto, delle pre-



stazioni in opera dell'elemento, più strettamente legate alla qualità edilizia e al benessere "indoor".

### Influenza della durabilità degli elementi edilizi sull'energia incorporata

Limitando la trattazione della presente nota al calcolo di quella quota di consumo energetico che viene denominata "energia incorporata" (*embodied energy*) si vuole illustrare come il considerare aspetti di qualità più strettamente edilizia, in fase progettuale, possa modificare i risultati delle più comuni analisi.

L'energia incorporata è definita come l'energia consumata e quindi "accumulata" nei prodotti che costituiscono l'edificio. Se si considerano anche aspetti di qualità dell'ambiente interno e di durabilità si devono prendere in esame fasi successive alla costruzione, che determinano cicli di interventi, quali integrazioni impiantistiche, manutenzione e sostituzione, di durata ben inferiore alla vita utile degli edifici, assunta di 50 anni in assenza di consistenti ristrutturazioni, e, di conseguenza, ulteriori consumi di energia in fase d'esercizio.

La scelta di determinati materiali e prodotti edilizi e l'applicazione di specifici criteri di progettazione hanno già un notevole peso (da alcuni studi, pari al 40%) sull'energia necessaria all'edificio. In tal senso l'*embodied energy* è una misura dell'impatto ambientale, specie per quanto attiene le emissioni aeree di CO<sub>2</sub> e va computata, come mostrato di seguito, per tutti i materiali realmente utilizzati: non solo messi in opera durante il cantiere originario di costruzione ma anche impiegati durante la fase d'uso e gestione dell'edificio.

I maggiori ostacoli a un appro-

ccio rigoroso che includa nell'LCA fattori di qualità edilizia sono:

- la mancanza di dati disaggregati, che permettano l'inventario degli *input* e *output* ambientali derivanti da singoli processi del processo edilizio;
- la difficoltà di prefigurare fasi di vita quali la messa in opera, le modalità d'uso da parte degli utenti, le reali modalità di manutenzione, dismissione e smaltimento;
- la mancanza e l'onerosità di modelli e di statistiche di affidabilità delle diverse soluzioni costruttive e di una manutenzione programmata.

I dati da analizzare in fase di inventario dovrebbero essere raccolti sul campo (*primary data* or *site data*).

Tuttavia è oggi alquanto limitata in Italia, la disponibilità di dati ambientali derivanti da analisi dirette effettuate presso ditte produttrici di materiali e prodotti per l'edilizia, così come sono pressoché inesistenti dati relativi alla fase di cantiere e alle fasi di manutenzione e gestione.

È quindi necessario servirsi dei pochi dati derivati (*secondary data*) ricavabili dalla letteratura. Nel calcolo dell'*embodied energy* possono essere distinte:

- fasi che contribuiscono ad una *embodied energy* "iniziale", consumata fino al completamento dell'edificio (estrazione delle materie prime; produzione di materiali, prodotti e componenti edilizi, trasporto, cantiere);
- fasi che determinano una *embodied energy* "ricorrente", consumata per processi mantenitivi di sostituzione e di ripristino, durante la fase d'uso dell'edificio, relative alle quantità di materiali e prodotti necessari agli interventi periodici.

Elemento/strato	Interventi	Frequenza media
INTONACI	Riprese	3 - 5 anni
	Tinteggiature	5 - 10 anni
	Ripristino parziale	10 anni
	Ripristino totale	25 - 30 anni
RIVESTIMENTI LAPIDEI	Pulizia	3 - 5 anni
	Trattamenti consolidanti	3 - 5 anni
	Ripristino giunti e aperture	2 - 3 anni
	Sostituzione	35 anni

Fonte: Di Giulio, 1999, I

**Figura 1**  
Frequenze degli interventi di manutenzione

I dati sono fortemente influenzati dalle specificità locali: caratteristiche del mercato e disponibilità di materie prime e prodotti, regole d'arte tradizionali e abitudini della manodopera. Per quanto attiene le fasi d'uso, i dati dovrebbero derivare da monitoraggio, *audit* e *feedback* ad oggi pressoché inesistenti, che rendono la valutazione della quota "ricorrente" di *embodied energy* affetta da ampi margini di approssimazione.

Per l'esposizione ad agenti esterni e per la pluralità delle funzioni, la vita utile di materiali e prodotti di finitura è di gran lunga inferiore ai 50 anni (figura 1).

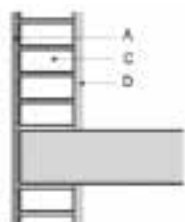
Ciò implica, come illustrato in seguito, un errore notevole nel computare l'uso di tali materiali e prodotti un'unica volta (quella precedente alla costruzione) nel ciclo di vita dell'edificio.

### Una esemplificazione

Sono stati calcolati i valori di *embodied energy* per tre tipologie costruttive di parete perimetrale verticale: parete monostrato, parete isolata a cappotto, parete complessa pluristrato. I valori ottenuti si riferiscono al volume unitario di parete (figura 2).

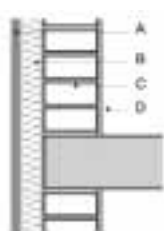
Le due quote di *embodied energy*, quella "iniziale" e quella "ricorrente", considerando frequenze medie di manutenzione, sono state computate in base a dati aggregati per volume unita-

## Tipologia di parete 1: PARETE MONOSTRATO



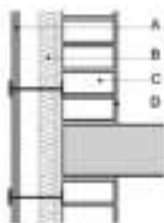
<b>A</b> Malta cementizia	3200	20352	Riparazione parziale 30%	5	30400
Tinteggiatura esterna	128/l	70	Tinteggiatura	7	484
<b>C</b> Blocchi cls all.	2350	188235			
Malta cementizia	3200	28400			
<b>D</b> Pannello in gesso	5890	28096			
Pittura all'acqua	115/l	55	Tinteggiatura	5	276
<b>Totale/m<sup>3</sup> parete</b>		<b>244786</b>			<b>31160</b>

## Tipologia di parete 2: PARETE ISOLATA A CAPPOTTO



<b>A</b> Malta cementizia	3200	20352	Riparazione parziale 30%	5	30400
Tinteggiatura esterna	128/l	69	Tinteggiatura	7	484
<b>B</b> Materassino in lana minerale	139	1768	Riparazione parziale 30%	2	1061
<b>C</b> Blocchi cls all.	2350	160270			
Malta cementizia	3200	24320			
<b>D</b> Pannello in gesso	5890	28095			
Pittura all'acqua	115/l	55	Tinteggiatura	5	276
<b>Totale/m<sup>3</sup> parete</b>		<b>234930</b>			<b>32221</b>

## Tipologia di parete 3: PARETE COMPLESSA MULTISTRATO



<b>A</b> Lastre in pietra locale	1890	12020	Sostituzione parziale 10%	2	2404
<b>B</b> Materassino in lana minerale	139	1768	Riparazione parziale 30	2	1061
<b>C</b> Blocchi cls all.	2350	134514			
Malta cementizia	3200	20352			
<b>D</b> Pannello in gesso	5890	28095			
Pittura all'acqua	115/l	55	Tinteggiatura	5	276
<b>Totale/m<sup>3</sup> parete</b>		<b>196805</b>			<b>2680</b>

Figura 2

Calcolo delle quote di EE iniziale e ricorrente per tre tipi di parete perimetrale verticale

rio, reperiti in letteratura.

I risultati mostrano una notevole incidenza dell'energia intrinseca dei materiali utilizzati per gli interventi di manutenzione, sostituzione e di recupero durante la fase di esercizio dell'edificio.

I frequenti interventi, necessari a mantenere livelli qualitativi sufficienti attraverso l'integrità degli strati cosiddetti di "sacrificio", determinano una quota rilevante di energia consumata in modo ricorrente (EEr) che raggiunge una percentuale del 12-13% di quella iniziale (EEi) laddove gli strati sono maggiormente interconnessi e simultaneamente coinvolti in processi di degrado (tipologie 1 e 2).

## Conclusioni

I risultati della semplice esemplificazione suggeriscono di non trascurare, anche in sede di valutazione o certificazione degli edifici, le prestazioni ambientali di materiali e prodotti utilizzati in tutte le fasi del processo edilizio.

Sull'esempio di quanto intrapreso dai paesi più avanzati per quanto attiene le azioni di salvaguardia ambientale, sarebbe necessaria la costruzione di una struttura di soggetti, supportata e in parte costituita dalle istituzioni, al fine di redigere strumenti regolamentari e normativi complementari ed efficaci, partendo dalla messa a sistema delle informazioni sui fattori im-

pattanti e sui contributi delle attività antropiche (produttive, progettuali, gestionali) relative alle fasi del processo edilizio. Solo dall'analisi congiunta di tali fattori, e di quelli socio-economici correlati, si potrebbero valutare e mettere a punto criteri, tecnologie, metodologie per orientare le politiche relative al processo e al prodotto edilizio ai fini di un contributo allo sviluppo sostenibile, nel rispetto dei più recenti documenti programmatici internazionali. Occorre quindi inserire, in modo organico, obiettivi, priorità e azioni in un *Piano di azione del Costruire Sostenibile*, secondo uno schema basato su possibili scenari del settore.

dal **MONDO**

**Diminuisce nel mondo  
l'elettricità da fonti  
rinnovabili**

**Raccomandazioni per lo  
sviluppo dell'idrogeno**

**Bus a motore ibrido**

### **DIMINUISCE NEL MONDO L'ELETTRICITÀ DA FONTI RINNOVABILI**

Il 10 marzo scorso è stato pubblicato il quarto inventario della produzione di elettricità d'origine rinnovabile nel mondo (realizzato su richiesta di EdF dall'Osservatorio delle energie rinnovabili). Questo documento evidenzia che la quota relativa di produzione di elettricità da fonti rinnovabili, ivi comprese le grandi dighe idroelettriche, è calata tra il 1993 e il 2001 nel mondo. In questo periodo, il contributo di queste nuove fonti è aumentato di 287 TWh, ossia l'equivalente della produzione di elettricità in Italia, ma questa crescita non è stata sufficiente a mantenere la quota relativa di elettricità da fonti rinnovabili, che è passata dal 20,6% della produzione totale nel 1993 al 18,4

% nel 2001.

Nel 2001 l'idraulico ha rappresentato 90,8%, la biomassa 5,9%, la geotermia 1,75% e l'eolico 1,39%. Il solare rappresenta lo 0,06% dell'elettricità prodotta, ma una parte dei pannelli solari installati servono direttamente a scaldare l'acqua e non a produrre elettricità. Se si guardano i dati al solo livello europeo si può notare che l'evoluzione è inversa: nell'UE l'elettricità da fonti rinnovabili è passata dal 15,2% al 17% della produzione totale di elettricità. Gli europei occidentali sono all'avanguardia nell'eolico e generano i tre quarti di questa energia nel mondo, davanti all'America del Nord (14,2%) e l'Asia del Sud (6,3%).

### **RACCOMANDAZIONI PER LO SVILUPPO DELL'IDROGENO**

Tra le numerose soluzioni tecnologiche che offrono importanti potenziali di riduzione delle emissioni di gas serra vi sono le tecnologie dell'idrogeno e delle celle a combustibile.

Anche se queste tecnologie, da sole, non potranno consentire il raggiungimento degli obiettivi ambientali e di sicurezza energetica, l'Agenzia Internazionale dell'Energia AIE, organismo dell'OCSE, ha ritenuto importante stilare il seguente elenco di raccomandazioni indispensabili per il loro sviluppo.

- Evitare di creare confusione tra l'idrogeno e le celle a combustibile. Vi sono legami tra le due tecnologie, ma i problemi sul tappeto e i tempi previsti per risolverli sono diversi. L'idrogeno e le celle a combustibile devono essere sviluppati attraverso programmi separati, seppure collegati.
- Sarebbe un errore concentrare gli sforzi nel solo settore dei trasporti. Questo è il comparto in cui si considerano maggiormente le applicazioni dell'idrogeno e delle celle a combustibile, ma allo stesso tempo è poco probabile

che si possa arrivare a risultati significativi nel medio termine. L'utilizzo dell'idrogeno in altri settori, come la generazione elettrica, appare più realistico.

- Deve essere dedicata particolare attenzione alla ricerca e sviluppo delle celle a combustibile. I miglioramenti tecnologici possono contribuire ad aumentare la competitività di questa tecnologia nella generazione elettrica.
- La produzione dell'idrogeno è la sfida fondamentale. Il miglioramento nelle tecnologie di reforming, di elettrolisi e di dissociazione termica possono avere un impatto significativo sull'attuale mercato dell'idrogeno e della generazione elettrica e, forse, nel lungo termine anche sul settore dei trasporti.
- Un ventaglio di azioni sarà probabilmente più efficace di una singola strategia. Di conseguenza, i sistemi energetici del futuro dovranno essere disegnati in modo da includere sia l'idrogeno che altre alternative, al momento più pratiche ed economiche.

### **BUS A MOTORE IBRIDO**

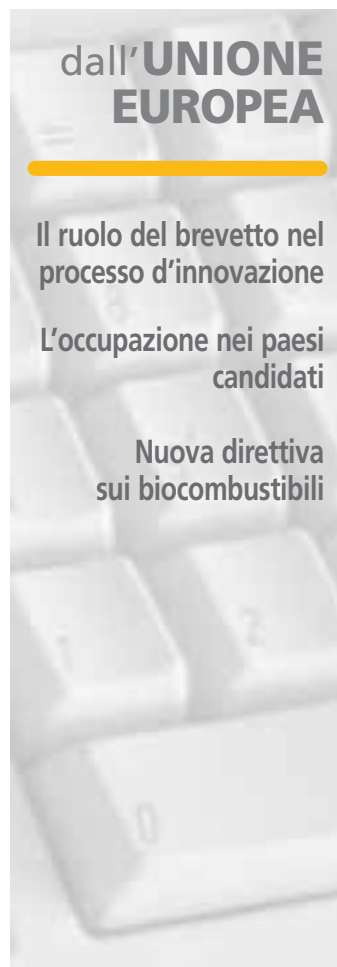
Un recente studio dello US Department of Energy e del National Renewable Energy Laboratory ha rilevato che bus dotati di un sistema misto diesel-elettrico hanno emissioni inferiori e maggiore efficienza dei bus convenzionali a motore diesel. Nella ricerca sono state valutate le prestazioni di 10 prototipi a motore misto (diesel-elettrico) presenti nel parco dei 4.489 bus della Metropolitan Transportation Authority's New York City Transit: in un percorso standard, i prototipi risparmiano il 10% di carburante, emettono il 36% in meno di ossidi di azoto e la metà del particolato dei normali bus. I costi di mantenimento dei bus a regime misto sono più alti, ma si ritiene che in pochi anni possano diventare competitivi.

## dall'**UNIONE EUROPEA**

**Il ruolo del brevetto nel processo d'innovazione**

**L'occupazione nei paesi candidati**

**Nuova direttiva sui biocombustibili**



### **IL RUOLO DEL BREVETTO NEL PROCESSO D'INNOVAZIONE**

Rappresentanti dell'Ufficio Europeo dei Brevetti (UEB), del mondo accademico, dell'Istituto Max-Planck e dell'OCSE hanno recentemente discusso su come garantire la traduzione pratica dei risultati di ricerca in prodotti commercializzabili.

Per immettere una scoperta innovativa sul mercato attualmente occorrono sei anni, calcolati a partire dal momento in cui è stato prodotto il risultato. Nel corso degli ultimi dieci questo lasso di tempo è stato ridotto, ma solo di un anno: per risolvere il problema, è emerso dalla discussione, occorre rafforzare il sostegno alla ricerca attraverso una gestione

all'avanguardia a livello sia di enti pubblici sia dei privati.

Lanciare un nuovo farmaco sul mercato è molto costoso: occorrono fra i 100 e i 200 milioni di euro per singolo medicinale. Un'unità accademica non è in grado, da sola, di sostenere costi simili e pertanto è costretta a trovare un partner nell'industria. Dal canto suo, l'industria è restia ad investire in un prodotto che non è protetto da brevetto.

È stato anche lanciato un appello per la definizione di un brevetto comunitario: infatti esiste un mercato unico, eppure è necessario inoltrare 23 diverse richieste di brevetto per coprire tutto il territorio europeo. Si tratta, perciò, non solo di un provvedimento realistico ma di una condizione essenziale.

### **L'OCCUPAZIONE NEI PAESI CANDIDATI**

La Commissione Europea ha adottato una relazione sulla situazione del mercato del lavoro nei paesi candidati (esclusa la Turchia) e le sfide della politica occupazionale che questi ultimi devono affrontare nella corsa all'allargamento che inizia nel 2004. Dalla relazione emerge che i paesi candidati hanno compiuto progressi per quanto riguarda la trasformazione dei rispettivi mercati del lavoro e l'adattamento della progettazione politica agli obiettivi della strategia europea dell'occupazione e al processo di Lisbona. Esistono, chiaramente, differenze significative fra le prestazioni dei singoli paesi, come pure l'urgente necessità di incrementare il tasso occupazionale nei servizi, ridurre la dipendenza dall'agricoltura e dai settori industriali tradizionali e potenziare il livello delle competenze. I dati disponibili mostrano che se l'allargamento dovesse avvenire oggi il tasso di occupa-

zione dell'UE diverrebbe pari al 62,6% rispetto al 63,8% attuale. La strategia di Lisbona fissa un obiettivo intermedio del tasso occupazionale UE al 67% nel 2005. Il PIL medio pro capite nell'UE allargata a 25 diminuirebbe, in base ai dati attuali, del 13%. La relazione intende guidare i paesi candidati in sede di elaborazione dei rispettivi piani nazionali di sviluppo fissando politiche dell'occupazione e delle risorse umane, compresa l'utilizzazione del Fondo Sociale europeo.

### **NUOVA DIRETTIVA SUI BIOCOMBUSTIBILI**

Il Parlamento Europeo ha approvato il 13 marzo scorso la direttiva europea sui biocombustibili. Una direttiva che non prescrive obblighi, ma fissa solo degli obiettivi, indicando nel 5,75% la percentuale di utilizzo di biocarburanti nel settore dei trasporti al 2010. La direttiva prevede di raggiungere la quota di mercato del 2% entro il 2005, un obiettivo ambizioso se si pensa che attualmente l'uso dei biocombustibili in Europa è prossimo allo 0,5%. Le raffinerie saranno obbligate ad inserire piccole quantità di combustibili di origine vegetale nelle benzine e nel gasolio, per consentire così una diminuzione delle emissioni di anidride carbonica. Gli operatori del mercato che stanno investendo in combustibili a basso impatto ambientale potranno così contare su un quadro normativo stabile e chiaro. Un uso maggiormente diffuso dei biocombustibili si ripercuoterà positivamente anche nel settore agrario. Non ancora pronta la direttiva sulle imposte per gli idrocarburi, che dovrebbe esentare i biocombustibili dall'obbligo di tassazione, e l'altra direttiva che dovrebbe definire le specifiche tecniche per questo tipo di combustibili a basso impatto ambientale.

dall'ITALIA

Rete di ricerca  
sempre più veloceStato di emergenza  
rifiuti radioattivi

Treno verde 2003

### RETE DI RICERCA SEMPRE PIÙ VELOCE

Il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca ha firmato l'atto costitutivo dell'Associazione Consortium GARR. Il Consortium ha come scopo l'attuazione e la gestione della rete telematica ad alta velocità necessaria alla comunità scientifica e accademica italiana per consentire un utilizzo più ampio e versatile delle risorse telematiche.

Sorta nel 1989, la rete GARR (Gruppo per l'armonizzazione delle reti di ricerca), interconnette attualmente tutte le università (statali e non), tutte le sedi degli enti di ricerca scientifica (CNR, ENEA, INFN ecc.), istituzioni culturali per un totale di circa 300 siti. Oggi la comunità scientifica manifesta la necessità di disporre di una rete

unitaria per la trasmissione dei dati con potenzialità sempre maggiori, che consenta di trasmettere velocemente una grande mole di informazioni o di accedere contemporaneamente a diverse fonti di risorse. Per questo è in atto il passaggio graduale dalla rete GARR-B (velocità di trasmissione 155 Megabit/s) alla rete GARR-G (2,5 Gigabit/s), inserita nel contesto delle analoghe reti europee e con collegamenti in tutto il mondo.

### STATO DI EMERGENZA RIFIUTI RADIOATTIVI

Il Presidente del Consiglio dei Ministri, il 14 febbraio scorso, aveva decretato lo stato di emergenza, in relazione all'attività di smaltimento, in condizioni di massima sicurezza, dei rifiuti radioattivi dislocati nelle centrali nucleari e nei siti di stoccaggio.

Con l'ordinanza dell'11 marzo 2003, la Presidenza del Consiglio dei Ministri, in relazione alla situazione di diffusa crisi internazionale, ha emanato disposizioni urgenti in relazione a tale attività di smaltimento.

Il Presidente della SOGIN, la Società di gestione degli impianti nucleari, istituita nel marzo 1999, è stato nominato Commissario delegato per la messa in sicurezza dei materiali nucleari, con particolare riferimento al combustibile nucleare irraggiato e rifiuti radioattivi ad alta attività, nonché alla predisposizione di piani per l'avvio delle procedure di smantellamento delle centrali elettro-nucleari di Garigliano, Trino Vercellese, Caorso e Latina, nonché degli impianti dell'ENEA e Nucleco, limitatamente al settore del ciclo del combustibile e dei depositi di materiali radioattivi Eurex e FIAT-Avio di Saluggia, impianti di Plutonio e Celle Calde di Casaccia, ITREC di Trisaia nonché degli impianti nucleari FN di Bosco Marengo.

È stata inoltre costituita una Commissione tecnico-scientifica con compiti di valutazione e alta vigilanza per gli aspetti tecnico-scientifici per le successive iniziative di attuazione assunte dal Commissario delegato, il quale si potrà avvalere di personale in servizio presso gli impianti e di strutture del Dipartimento di Protezione civile.

Le determinazioni verranno assunte d'intesa, per gli ambiti di rispettiva competenza, con il Commissario straordinario dell'ENEA, con i Presidenti di FN e Nucleco, ed i piani degli interventi saranno inviati all'APAT per il rilascio del parere tecnico.

### TRENO VERDE 2003

Organizzata da Legambiente, Trenitalia e Rete Ferroviaria Italiana, si è svolta tra febbraio e marzo la quindicesima edizione del Treno Verde, il convoglio ecologico che ogni anno visita i maggiori centri urbani italiani analizzandone, con il suo laboratorio mobile, i livelli di inquinamento atmosferico ed acustico.

Accanto ai dati relativi al rumore urbano, benzene, idrocarburi, gas e polveri, a bordo del Treno Verde vengono esaminati anche i rapporti tra danni ecologici a livello locale e conseguenze a livello globale: dall'inquinamento delle acque all'effetto serra e ai mutamenti climatici. A questi grandi temi è stato dedicato l'allestimento dei vagoni, equipaggiati con mostre, video e materiale informativo, dove si parla anche di handicap e di tecnologie per la rimozione delle barriere architettoniche.

In uno dei convogli, l'ENEA ha allestito un proprio spazio sul tema della "Ricerca e Innovazione per lo Sviluppo Sostenibile del Paese" con particolare riferimento alle tematiche riguardanti l'energia per il futuro, i cambiamenti climatici globali e più in generale la protezione del Pianeta.

cronache



#### **TECNOLOGIE MARINE: ACCORDO CON SOUTHAMPTON**

Con lo scopo di promuovere canali di comunicazione e di cooperazione che facilitino lo scambio di informazioni scientifiche nel settore delle tecnologie marine, è stato firmato nel gennaio scorso, un accordo di collaborazione tra il Centro Ambiente Marino di S. Teresa e il Centro di Oceanografia dell'Università di Southampton (GB).

In particolare, i punti dell'accordo prevedono la promozione di conferenze e workshop su temi di ricerca specifici, al fine di definire ricerche e programmi comuni; lo sviluppo di strumentazione innovativa e l'organizzazione di campagne oceanografiche di ri-

cerca anche con partner esterni all'accordo.

Sono concordati inoltre incontri e visite reciproche di esperti per il monitoraggio dei programmi di ricerca comuni e per l'aggiornamento reciproco delle esperienze scientifiche e tecnologiche.

#### **CERTIFICAZIONE AMBIENTALE PER I PARCHI ITALIANI**

Nel Parco fluviale del Po vercellese/alessandrino e nel Parco nazionale del Circeo è appena terminata la prima esperienza a livello mondiale di applicazione ad aree naturali protette di un Sistema di gestione ambientale secondo la norma ISO 14001. Si tratta del Progetto "Parchi in qualità", promosso dal Ministero dell'Ambiente e affidato all'ENEA per la realizzazione.

Con l'adozione del Sistema di Gestione Ambientale, i Parchi acquisiscono l'opportunità di porsi al centro di un processo di responsabilizzazione di tutto il territorio e farsi promotori, nei confronti degli altri enti territoriali e delle imprese, di un processo di sviluppo improntato alla qualità e allo sviluppo sostenibile.

Avviato nel giugno 1999, il Progetto ha preparato anche una Linea guida per applicare la norma ISO alle aree protette.

#### **VARATO IL DECRETO DI RIFORMA DELL'ENEA**

Il Consiglio dei Ministri del 4 aprile, su proposta del Ministro delle Attività Produttive, Marzano, ha licenziato uno schema di decreto legislativo per il riordino dell'ENEA che "rimodulandone modalità di azione, governance ed organizzazione persegue l'obiettivo di rendere più efficace la diffusione e la valorizzazione dell'attività di ricerca che l'Ente compie. La sua nuova missione

dovrà essere quella di un ente pubblico nazionale che promuova e svolga attività di ricerca (di base ed applicata) e di innovazione, capace di diffondere e trasferire i risultati ottenuti comunicando adeguatamente con il sistema produttivo".

Il provvedimento, inviato alla Commissione parlamentare bicamerale competente per il parere prescritto, rappresenta un altro tassello nel quadro del riordino degli Enti di Ricerca già avviato per CNR, INAF e ASI.

Sono organi dell'ENEA: il Presidente; il Consiglio di Amministrazione, formato da sei membri più il Presidente; il Collegio dei Revisori, costituito da tre membri effettivi e tre supplenti. Questi verranno coadiuvati da un Consiglio Scientifico e un Comitato di indirizzo e coordinamento, con compiti propositivi e consultivi rispettivamente all'attività di ricerca e ai progetti di industrializzazione, e da un Comitato di valutazione dei risultati scientifici e tecnologici.

Il Presidente è nominato dal Presidente del Consiglio su proposta del Ministro delle Attività Produttive; tutti i membri degli organi collegiali sono designati dai Ministeri competenti.

L'ENEA è strutturato in un massimo di cinque Dipartimenti e di tre Direzioni Centrali, che si articoleranno in strutture di secondo livello; il regolamento di organizzazione può prevedere l'istituzione di ulteriori unità necessarie al perseguimento dei fini istituzionali. Al vertice della struttura organizzativa è posto il Direttore Generale nominato dal Consiglio di Amministrazione su proposta del Presidente.

Al fine di valorizzare i risultati della ricerca, l'ENEA può costituire una Società di gestione per lo sfruttamento dei propri brevetti e per gestire le partecipazioni nelle aziende industriali che gli sono trasferite.

## INCONTRI

### Salone dell'idrogeno

#### Un istituto virtuale per analisi più affidabili

#### SALONE DELL'IDROGENO

Nell'ambito della mostra Progetto Città (Fiera di Milano 19-22 febbraio), si è tenuto il Salone "Idrogeno & Fuel Cells" che, attraverso seminari e spazi espositivi, ha presentato il contributo dell'idrogeno per un nuovo sistema energetico sostenibile e ha fornito un fertile terreno di discussione nel quale trovare nuovi concetti e prodotti per lo sviluppo dell'economia dell'idrogeno.

Infatti, questo vettore energetico prodotto a partire da una pluralità di fonti, rinnovabili e non, intercambiabili e disponibili su larga scala anche per le generazioni future, può essere impiegato per il trasporto e per la produ-

zione di energia elettrica, con un impatto ambientale estremamente ridotto sia a livello locale che globale.

L'ENEA era presente con un proprio stand che proponeva una visione d'insieme su "Il futuro a idrogeno senza CO<sub>2</sub>". Veniva perciò mostrato come l'idrogeno possa essere prodotto da fonti rinnovabili o da metano (e in questo caso la CO<sub>2</sub> viene confinata in giacimenti esausti o acquiferi marini) e come venga utilizzato per la generazione di energia elettrica in celle a combustibile e per alimentare i mezzi di trasporto. Venivano anche illustrati i progetti in corso – nell'ambito del programma italiano promosso dall'ENEA per lo sviluppo delle tecnologie dell'idrogeno – che costituiscono per il sistema industriale una opportunità di inserimento competitivo in settori avanzati e con sempre più ampie prospettive di sviluppo.

Oltre alle attività dei laboratori ENEA, nello stand sono stati presentati molti dei risultati ottenuti dai diversi partner industriali, a sottolineare il ruolo dell'Ente quale catalizzatore delle attività di ricerca e sviluppo delle tecnologie delle celle a combustibile.

Tra le dimostrazioni presentate, una cella a combustibile che può essere alimentata dall'idrogeno prodotto da un impianto fotovoltaico, una bicicletta alimentata con una cella a combustibile e una cella da 150 W per applicazioni automobilistiche e domestiche.

#### UN ISTITUTO VIRTUALE PER ANALISI PIÙ AFFIDABILI

L'ENEA ha ospitato lo scorso 13 marzo un convegno per la presentazione del Progetto Europeo "Istituto Virtuale Europeo per la Preparazione di Materiali

di Riferimento" (VI-RM), finanziato dal Programma GROWTH. Per "Istituto Virtuale", si intende una struttura "senza pareti", in grado di utilizzare e mettere a sistema organismi di ricerca già esistenti, che, sfruttando le potenzialità delle "Information technologies", possa operare a costi minimi per perseguire l'affidabilità delle misure nell'ambito dei singoli paesi, in modo da ottenere risultati confrontabili in tutto il mondo.

Obiettivo di questo organismo, che godrà di una sua autonomia legale e finanziaria, è quello di stabilire un "ponte" tra la ricerca scientifica e il mondo imprenditoriale, con particolare riguardo alle piccole e medie imprese, per contribuire al miglioramento della qualità delle analisi ed alla loro armonizzazione a livello europeo.

Tutti i paesi, ed in particolare l'Italia e altri paesi del sud e dell'est europeo, che scontano una carenza nelle iniziative nazionali di supporto ai laboratori pubblici e privati operanti nel settore delle analisi e misure, potranno partecipare ai programmi e usufruire dei servizi offerti dall'"Istituto Virtuale", del quale l'ENEA ha la presidenza del Comitato Direttivo.

Sempre più pressante è la necessità di migliorare la qualità delle misure e i materiali di riferimento che sono uno strumento insostituibile per raggiungere tale scopo.

Infatti, possono essere utilizzati per la verifica dell'accuratezza delle proprie misure, qualora la concentrazione dagli analiti sia certificata da un ente certificante, o della ripetibilità (utilizzo di carte di controllo) o riproducibilità (partecipazione a campagne interlaboratorio) qualora la concentrazione degli analiti non sia certificata.

## LETTURE

Fluorescenza X  
Vademecum per  
l'ambiente

tesi teoriche e su conferme sperimentali. Affinché ciò sia possibile, il presupposto è la conoscenza approfondita dei principi fisici di funzionamento della tecnica che si vuole trasferire, insieme a quella delle specifiche problematiche dell'altro campo.

Claudio Seccaroni, ingegnere, e Pietro Moioli, fisico, lo dimostrano con questo testo che svela, con dovizia di particolari, tutti i segreti della tecnica XRF e tutti i segreti dell'artista che dipinge. XRF sta per fluorescenza X, una tecnica di indagine non distruttiva che consente l'analisi semi-quantitativa degli elementi chimici presenti su una superficie. Tali caratteristiche la rendono molto utile nello studio delle superfici policrome in genere e in quello dei dipinti in particolare. Le sue prime applicazioni in questo settore risalgono all'inizio degli anni settanta, da allora il suo impiego si è andato sempre più diffondendo e attualmente essa è in dotazione, con sempre maggiore frequenza, presso istituzioni universitarie, di ricerca, laboratori privati e musei.

L'esperienza degli autori nel campo dell'applicazione dell'analisi XRF ai manufatti di interesse artistico ha circa venti anni ed essi attualmente collaborano con le maggiori istituzioni pubbliche nel campo della conservazione in Italia.

Gli argomenti trattati sono esposti in maniera rigorosa ma scevra da tecnicismi e ciò rende il libro utile a quelle professionalità, come archeologi, storici dell'arte o restauratori, che venendo a contatto con la tecnica ne desiderino capire i meccanismi, le potenzialità e i limiti.

L'ultima parte del testo è dedicata anche agli aspetti di radioprotezione, in quanto l'applica-

zione di questa tecnica, facendo impiego di raggi X, è soggetta a una normativa di cui raramente sono informati i fruitori nel settore dei beni culturali.

Oltre ai fondamenti fisici della tecnica, è descritto l'approccio e il metodo che secondo gli autori deve essere usato nell'analisi delle superfici policrome per ottimizzarne i risultati. Ampio spazio è dato ai materiali, la cui esposizione è funzionale al tipo di risposta dell'analisi XRF, pur non proponendosi in assoluto come un testo di riferimento per i soli materiali. La funzionalità di quest'esposizione è incrementata da ricchi indici tematici.

## VADEMECUM PER L'AMBIENTE

Marcello Di Muzio,  
EPC Libri, Roma,  
novembre 2002,  
pagg. 296, euro 26,00

Norme, obblighi, procedure e sanzioni: il rispetto delle disposizioni che tutelano l'ambiente si presenta spesso per imprese ed enti pubblici come un vero e proprio percorso a ostacoli. Può risultare quindi di grande importanza e utilità uno strumento di consultazione come questa "guida pratica ad adempimenti e obblighi ed autorizzazioni per le imprese", giunta alla seconda edizione.

L'esame dei diversi adempimenti si sviluppa in modo da collegare il profilo teorico con l'aspetto pratico, dando peraltro a questo secondo elemento un peso preponderante.

I temi oggetto di analisi riguardano rifiuti, bonifica dei siti inquinati, imballaggi, acque potabili e di scarico, emissioni in atmosfera, rumore in ambiente esterno, inquinanti, rumore, microclima e illuminamento in ambiente di lavoro.

FLUORESCENZA X  
Prontuario per l'analisi XRF  
portatile applicata a superfici  
policrome

C. Seccaroni, P. Moioli  
Nardini Ed., 2002,  
pagg. 166, euro 15,00

Il trasferimento di tecniche di intervento, metodi di indagine, analisi, controllo e misura in un settore differente da quello per cui sono stati progettati e messi a punto non è automatico, né immediato, né semplice come a volte si potrebbe erroneamente credere, se si considera la facilità d'uso di certe strumentazioni, ma richiede una verifica sistematica delle differenti possibilità applicative, basate su ipo-