

# ENERGIA, AMBIENTE E INNOVAZIONE

ANNO 49 NOVEMBRE-DICEMBRE 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 dicembre 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 *Corridoio*, 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

C.C.P. n. 12439121 intestato a Fabiano srl

12058 S. Stefano Belbo (CN), Tel. 0141-822557, Fax 0141-822669

E-mail: nicole@fabianogroup.com

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

www.enea.it

7

**SVILUPPO E INNOVAZIONE**  
DEVELOPMENT AND INNOVATION

*Ufficio Studi del Ministro per l'Innovazione e le Tecnologie*

Dal "Rapporto Innovazione e tecnologie digitali in Italia" recentemente elaborato per dibattere su un argomento al centro dell'agenda Italia, pubblichiamo la presentazione del Ministro Stanca e un ampio stralcio dedicato al tema dell'innovazione tecnologica come motore di sviluppo per il nostro Paese

*From the Report on Innovation and Digital Technologies in Italy recently released by the Innovation and Technology Ministry's Studies Bureau, we publish Minister Stanca's foreword and a long excerpt on technological innovation as the driver of Italy's development*

PRIMO PIANO

20

**EFFETTI DEL CAMBIAMENTO TECNOLOGICO SULLO SVILUPPO ECONOMICO: UN'ANALISI ECONOMETRICA "PANEL" SUI SEI MAGGIORI PAESI OCSE**

EFFECTS OF TECHNOLOGICAL CHANGE ON ECONOMIC DEVELOPMENT:

A PANEL DATA ANALYSIS ON THE SIX MOST INDUSTRIALISED COUNTRIES

*Daniela Palma, Gaetano Coletta Alessandro Zini*

Gli effetti del cambiamento tecnologico sullo sviluppo economico sono indagati a partire dalle importanti trasformazioni strutturali che hanno interessato le maggiori economie industrializzate nel corso degli ultimi trenta anni. L'analisi, condotta su base econometrica, è tesa a catturare il ruolo della componente tecnologica nei processi di sviluppo evidenziandone l'articolazione e la complessità sempre più accentuate

*This investigation of the effects of technology change on economic development starts by describing the broad structural transformations that have taken place in the major industrial nations over the past thirty years. The econometric analysis aims to understand the role of new technology in development processes, bringing out their ramifications and increasing complexity*

SPAZIO APERTO

31

**UNA MODELLISTICA DELL'INQUINAMENTO DA TRAFFICO VEICOLARE IN AREA URBANA A NEW METHOD FOR MODELLING POLLUTION GENERATED BY URBAN TRAFFIC**

*Gabriele Zanini, Fabio Monforti, Elisia Nardini*

La mobilità privata, non sempre accompagnata da un adeguato sviluppo delle infrastrutture di supporto, è divenuta il problema più importante per la qualità dell'aria nelle aree urbane. La costruzione e l'applicazione di una metodologia modellistica può costituire un valido supporto alla pianificazione della mobilità e un efficace strumento di valutazione della qualità dell'aria

*Private mobility, not always facilitated by adequately developed infrastructure, is now the most critical part of the whole issue of urban air quality. This paper describes the development and application of a modelling method that can provide valid support to mobility planning and serve as an effective tool for assessing air quality*

STUDI & RICERCHE

48

**L'ANOMALIA TERMICA DEL 2003 NEL MAR MEDITERRANEO OSSERVATA DA SATELLITE**

SATELLITE OBSERVATION OF THE 2003 THERMAL ANOMALY IN THE MEDITERRANEAN SEA

*Salvatore Marullo, Maurizio Guarracino*

La temperatura superficiale del mare è un ottimo indicatore climatico. L'affidabilità delle misure da satellite, ormai quasi equivalenti alle misure *in situ*, ha consentito di elaborare e confrontare i dati a partire dal 1985 e di evidenziare l'anomalo riscaldamento della superficie marina del Mediterraneo occidentale verificatosi nell'estate del 2003

*Ocean surface temperature is an excellent climate indicator. The reliability of satellite measurements (now nearly the same as on-site measurements) has made it possible to process and compare the relevant data from 1985 on. The analysis confirms an anomalous rise in the surface temperature of the western Mediterranean Sea in the summer of 2003*

54

**BENI CULTURALI E INTELLIGENZA ARTIFICIALE: UN DIALOGO POSSIBILE**

CULTURAL RESOURCES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A FEASIBLE DIALOGUE

*Luciana Bordoni*

Le tecnologie dell'Intelligenza Artificiale offrono un'occasione straordinaria per potenziare, sul piano quantitativo e qualitativo la funzione culturale. Consentono inoltre di allargare il numero dei potenziali fruitori dei beni culturali stimolando l'avvio di strategie di comunicazione e la produzione di nuovi servizi

*AI technology offers an extraordinary opportunity to improve public management of cultural resources both quantitatively and qualitatively. By stimulating the adoption of communication strategies and the production of new services, AI can also increase potential audiences*

63

**MITO E TECNOSCENZA: LA STRANA COPPIA**  
**MITH AND TECHNOSCIENCE: THE ODD COUPLE**

a cura di *Fausto Borrelli*

SCIENZA, TECNICA, STORIA & SOCIETÀ

Duemilacinquecento anni fa, Erodoto pensò per primo la storia come "storia di vicende umane", lasciando alle sue spalle un mondo di figure mitiche disorientanti che interferivano in quelle vicende. Duemilacinquecento anni dopo, ci troviamo in una situazione analoga, ma speculare rispetto a quella di Erodoto. Ci troviamo di fronte a un futuro dal quale irrompono presenze tecnoscientifiche assai più disorientanti delle arcaiche figure mitiche, dalle quali spesso le presenze tecnoscientifiche prendono il nome. Nella prima parte di questo articolo viene immaginata – come ipotesi di lavoro – una storia umana come "intervallo" fra mito e tecnoscienza e vengono evidenziate le sorprendenti corrispondenze di questa "strana coppia", cioè dei caratteri delle figure mitiche e dei caratteri dei grandi progetti e prototipi tecnoscientifici. Nella seconda parte, si leggerà il mito di Prometeo, Epimeteo e Pandora sull'origine del fuoco e del sapere tecnico nei testi di Platone, Esiodo ed Eschilo

*Twenty-five hundred years ago, Herodotus was the first to think of history as the "story of human affairs," thus jettisoning a whole misleading world of mythical beings who supposedly intervened in them. Twenty-five hundred years later, we find ourselves in a situation that seems to be a mirror image of Herodotus's. We face a future in which we glimpse technoscientific beings much more misleading than the archaic mythical ones whose names they often bear. In the first part of this article, human history is imagined (in a working hypothesis) as an "interval" between myth and technoscience, and the surprising matches between the two members of this "odd couple" – that is, between the characteristics of the mythic figures and those of our grand technoscientific projects and prototypes – are brought out. The second part rereads the myths of Prometheus, Epimetheus and Pandora, on the origin of fire and technical knowledge, as told by Plato, Hesiod and Aeschylus*

71

**LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI NELLE RACCOMANDAZIONI UNI-CTI**  
**ENERGY CERTIFICATION OF BUILDINGS ON THE UNI-CTI RECOMMENDATION**

*Vincenzo Lattanzi, Francesca Cappelletti*

NOTE TECNICHE

74

**LE CENERI VULCANICHE AFFIORANTI SULL'ISOLA DI LAMPEDUSA**  
**VOLCANIC ASHES APPEARING AT THE ISLE OF LAMPEDUSA**

*Mara Galletti, Biancamaria Narcisi*

77

**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**

CRONACHE

- dal Mondo
- La Finlandia è l'economia più competitiva **77**
  - Trasporto di polveri e clima **77**
  - Sole ed ecosistemi sub-polari **77**

- dall'Unione Europea
- Spazio euromediterraneo di istruzione **78**
  - Settimana Europea S&T **78**
  - Premio Cartesio 2003 **78**

- dall'Italia
- Archimede in Sicilia **79**
  - Fondo per l'innovazione tecnologica **79**
  - Zucchelli, benemerito della cultura **79**
  - Accordo Italia-USA sull'ambiente **79**

- dall'ENEA
- Graduatorie di concorsi ENEA **80**
  - Operativo l'impianto PCS **88**

- Incontri
- Ambiente e tessile a Ecomondo **89**
  - Materiali e tecnologie per reattori ibridi **89**
  - Scuola di microscopia elettronica **89**
  - Sinergy 2003 **90**
  - Problema desertificazione **90**
  - H<sub>2</sub> Roma 2003 **90**

- Letture
- Bilancio terra **91**
  - Nuclear plants decommissioning **91**
  - Solar installations **92**
  - La scienza che verrà **92**

93

**INDICE 2002 / INDEX 2002**

# NASCONDIAMO IL PROBLEMA



PROFITTI E PRINCIPI.

Il tema del surriscaldamento terrestre ha dato origine ad un dibattito animato. La combustione di carburanti fossili e l'aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'aria sono una seria minaccia o soltanto aria fritta?

(Ogni società Shell è un'entità distinta e separata. In questa pubblicità le espressioni "Shell", "noi", "nostri" si riferiscono in alcuni casi al Gruppo Royal Dutch/Shell nel suo complesso, in altri a una o più società Shell, senza nessun intento nell'identificare l'una o l'altra società.)

# O RISCHIARIAMO L'ARIA?

C'È BISOGNO DI SCEGLIERE?



Shell è convinta che bisogna fare qualcosa adesso. Per questo siamo impegnati a raggiungere risultati concreti in termini di riduzione dell'emissione di gas ad effetto serra dai nostri processi produttivi. Stiamo lavorando per aumentare l'offerta di gas naturale a combustione meno inquinante e per favorire l'utilizzo di carburanti a più basso contenuto di carbonio. Ed è parte del nostro impegno per lo sviluppo sostenibile, bilanciare gli interessi economici con il rispetto per l'ambiente e le responsabilità sociali. Le soluzioni per il futuro non sono facili, particolarmente nella situazione economica attuale, ma non si possono certo trovare se non si continua a cercare.

LA VOSTRA OPINIONE È GRADITA. VISITATE IL SITO INTERNET [WWW.SHELL.COM](http://WWW.SHELL.COM) E CONTATTATECI IN ITALIANO O IN INGLESE, COME PREFERITE, ALL'INDIRIZZO E-MAIL 'TELL-SHELL@SI.SHELL.COM', O SCRIVETE A: EXTERNAL AFFAIRS SHELL ITALIA S.P.A. VIA A. MANZONI 44 20095 CUSANO MILANINO (MI)

### Shell Esplorazione e Produzione Principi per lo Sviluppo Sostenibile

**RISPETTARE**  
e tutelare le persone **1**

**DIALOGARE** e **LAVORARE**  
con gli interlocutori **2**

**MINIMIZZARE**  
l'impatto ambientale **3**

**USARE** le risorse  
in modo efficiente **4**

**GENERARE**  
una solida profittabilità **5**

**MASSIMIZZARE** i benefici  
per le comunità locali **6**

### Operare in modo responsabile e soddisfare le aspettative della società è essenziale per un successo competitivo di lungo periodo.

In quest'ottica, il Gruppo Shell ha adottato i principi dello sviluppo sostenibile. Alla base del concetto di sviluppo sostenibile c'è l'idea di contribuire ad assicurare una migliore qualità della vita, oggi ed in futuro. Shell si pone l'obiettivo di fornire energia in modo sicuro, conveniente e sostenibile minimizzando l'impatto ambientale integrando considerazioni di carattere economico, ambientale e sociale nei processi decisionali delle attività e bilanciando priorità immediate con bisogni a lungo termine. In Italia il Gruppo Shell è presente nel settore prodotti petroliferi attraverso Shell Italia, nel settore chimico con Shell Chemicals Europe e nel settore delle energie rinnovabili attraverso Shell Solar. A seguito dell'acquisizione nel 2002 del gruppo Enterprise Oil plc, Shell è presente in Italia anche nel settore della produzione di idrocarburi liquidi e gassosi attraverso Shell Italia Esplorazione e Produzione.

### Shell Italia E&P S.p.A. - Produzione di idrocarburi in Italia

Shell Italia Esplorazione e Produzione è uno dei protagonisti dello scenario petrolifero italiano, seconda solo ad Eni in termini di riserve e produzione di idrocarburi.

I giacimenti della Basilicata rappresentano un patrimonio di interesse nazionale in grado di fornire un notevole contributo alla bilancia dei pagamenti ed alla riduzione della dipendenza dall'estero per l'approvvigionamento energetico (fino all'8% del fabbisogno energetico nazionale di petrolio).

I giacimenti di Monte Alpi e Cerro Falcone, nella Val d'Agri, costituiscono uno dei più importanti ritrovamenti di idrocarburi a terra dell'Europa occidentale. Operatore nei due giacimenti è Eni; in essi Shell Italia E&P detiene rispettivamente il 29% ed il 55% degli interessi di produzione. Shell Italia E&P inoltre detiene inoltre una quota del 25% nel giacimento di Tempa Rossa, situato nell'adiacente Valle del Sauro. Si prevede che il giacimento entri in produzione nel 2006.

Il petrolio estratto nella Val d'Agri, dopo una prima lavorazione presso il Centro Olio nel comune di Viggiano, viene trasportato, per mezzo di un oleodotto, a Taranto per la raffinazione o il trasporto via mare.

Un sistema di controllo computerizzato garantisce la massima sicurezza delle operazioni ed



una sofisticata rete di monitoraggio assicura in tempo reale la tutela dell'ambiente. La Val d'Agri è una zona di particolare interesse paesaggistico ed ambientale. Shell Italia E&P ha da sempre sostenuto l'operatore nell'applicazione di tecnologie tese ad assicurare che ciascun giacimento fornisca il suo massimo potenziale nel rispetto dell'ambiente.

A tale scopo, per ridurre al massimo il numero delle aree pozzo, si è utilizzato il sistema di perforazione cosiddetto "a cluster", che prevede la perforazione di più pozzi dalla stessa postazione, riducendo notevolmente l'impatto ambientale. Inoltre, il progetto prevede la posa di condotte totalmente interrato ed il completo ripristino della vegetazione nelle aree interessate dagli scavi.



# Sviluppo e Innovazione

UFFICIO STUDI DEL MINISTRO  
PER L'INNOVAZIONE  
E LE TECNOLOGIE

primo piano

Dal “Rapporto Innovazione e tecnologie digitali in Italia” recentemente elaborato per dibattere su un argomento al centro dell’agenda Italia, pubblichiamo la presentazione del Ministro Stanca e un ampio stralcio dedicato al tema dell’innovazione tecnologica come motore di sviluppo per il nostro Paese

## *Development and innovation*

*From the Report on Innovation and Digital Technologies in Italy recently released by the Innovation and Technology Ministry's Studies Bureau, we publish Minister Stanca's foreword and a long excerpt on technological innovation as the driver of Italy's development*

Lo sviluppo è il tema centrale oggi per tutti i paesi economicamente avanzati: quali i meccanismi per riattivarlo, come renderlo duraturo, equilibrato e socialmente equo. Molti sono i modelli e gli scenari su cui anche la politica italiana si sta confrontando, dal dibattito sul Patto di stabilità e di crescita alla rimodulazione del welfare, dalle politiche monetarie alle regole del commercio internazionale, ma sui grandi temi della conoscenza e dell'innovazione, come principali motori per la crescita e la competitività, mi pare esserci ormai piena adesione e consapevolezza dell'urgenza con cui devono essere affrontati.

L'innovazione è oggi finalmente al centro dell'agenda Italia. Cruciale al tema dell'innovazione è certamente la Ricerca e Sviluppo, le cui risorse pubbliche e private sono da anni molto inferiori a quelle delle maggiori economie mondiali, su cui un grande dibattito si è opportunamente acceso e un programma complessivo di rinnovamento è iniziato.

Ma la Ricerca e Sviluppo non è di per sé sufficiente e vanno promosse altre forme di innovazione nelle organizzazioni, nei processi gestionali, produttivi, distributivi e d'approvvigionamento, un'innovazione diffusa che ha nelle tecnologie dell'informazione e della comunicazione l'indispensabile strumentazione abilitante.

L'innovazione deve avere una portata, una pervasività e un'incidenza molto più ampia e capillare, deve toccare tutti i gangli vitali dell'economia e della società, nel pubblico e nel privato, deve essere componente primaria di un moderno Sistema Paese.

E come per le altre grandi ondate innovative che hanno costituito lo spartiacque tra passato e futuro, ondate portate da una nuova tecnologia, come la macchina a vapore o l'elettricità, oggi le tecnologie digitali costituiscono un potente motore d'innovazione e gli stessi progressi della ricerca sarebbero impensabili senza l'uso intensivo di queste tecnologie.

Il loro avvento segna l'inizio di una terza rivoluzione industriale, o postindustriale, in cui il crescente spostamento dei fondamentali della crescita dalla produzione di beni materiali a quella di servizi immateriali, dalla realizzazione di un prodotto alla sua ideazione e concezione, determina la nuova centralità della conoscenza, dell'informazione, dell'accesso alle reti come strumento di creazione di valore sociale ed economico.

Queste tecnologie trasformano il modo di fare impresa, di differenziarsi ed essere competitivi, di fare Pubblica Amministrazione, cambiano gli stili di vita e di consumo, i comportamenti, attivano la circolazione della conoscenza e aprono opportunità nuove per tutti, come nuovi sono i problemi che pongono e che vanno compresi ed affrontati.

L'Italia, negli anni, ha investito poco in queste tecnologie ed in particolare in quelle informatiche in cui non è andata oltre il 65% della media dell'Unione Europea e il 40% degli Stati Uniti. Ed anche per questo il nostro Paese, malgrado i suoi valori di imprenditoria e di lavoro, ha accumulato un serio differenziale di produttività e quindi di competitività, un differenziale irrecuperabile senza un grande ed urgente impegno innovativo.

È in questo spirito e in questa certezza che il Governo intende muoversi e che nasce, per la prima volta, questo Rapporto sull'innovazione e le tecnologie digitali in Italia. Lo scopo è di porre all'attenzione e alla discussione più ampia possibile una visione dell'innovazione multidimensionale e di largo respiro, fornirne un quadro quanto più completo e aggiornato, che tenga conto delle specificità del nostro Paese ed aprire un dibattito dal quale possano scaturire contributi preziosi ed una grande mobilitazione di intelligenze e di risorse.

LUCIO STANCA, Ministro per l'Innovazione e le Tecnologie

oggi le  
tecnologie  
digitali  
costituiscono  
un potente  
motore  
d'innovazione

## L'impatto economico dell'innovazione

L'innovazione è generalmente definita dalla scienza economica come l'introduzione di una nuova combinazione dei fattori produttivi che permette, attraverso uno spostamento della frontiera della tecnologia, di ottenere un prodotto o un processo nuovo e/o a valore più elevato.

Questo risultato è possibile attraverso incrementi della qualità e della quantità del capitale e/o del lavoro che determinino un aumento sia della produttività del lavoro sia dell'organizzazione dei fattori produttivi tramite l'adozione delle nuove tecnologie, la cosiddetta produttività totale dei fattori (PTF).

Per impatto economico dell'innovazione digitale qui si intende il contributo degli investimenti in tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) sia alla produttività del lavoro, sia

alla PTF sia alla costituzione dello *stock* di infrastrutture tecnologiche necessarie per l'attrazione degli investimenti diretti esteri (IDE).

L'introduzione delle TIC nei processi produttivi non è certo recente, ma è solo negli ultimi dieci anni che si è assistito in tutto il mondo ad un fenomeno di incremento su larga scala della spesa, sia per le imprese che per le famiglie, dovuto all'affermazione del personal computer prima e di Internet poi come strumenti di lavoro e di svago.

Da queste analisi (tabella 1) appare evidente che i livelli di spesa informatica (TI), in rapporto al PIL sono molto più bassi per Italia, Spagna, Grecia, Portogallo e, alquanto sorprendentemente, per l'Irlanda per la quale pesano negativamente i primi anni 90. La media di spesa di questi paesi, per gli anni per i quali sono disponibili dati, è dell'1,71%, contro il 4,14% degli altri nove. Anche se l'Italia si è portata sopra il 2% del PIL a partire dal 1999, essa resta tuttora lontana rispetto ad altri paesi di dimensione comparabile.

L'indicatore della spesa in tecnologie della comunicazione (TLC) mostra invece una situazione più omogenea a livello europeo, dato che tutti i Paesi hanno speso in media tra il 2 e il 3%, con il minimo toccato dall'Austria (2,05%) e il massimo dall'Irlanda (3%). Ne consegue che, con l'eccezione di quest'ultimo paese, gli andamenti medi complessivi della spesa totale in TIC "seguono" quelli della spesa in TI, confermando la divisione tra un gruppo di paesi a basso livello di spesa (intorno al 4%: Spagna, Grecia, Italia, Portogallo) e uno ad alto livello di spesa, che comprende tutti gli altri, con una media intorno al 7%, variabile tra un minimo dell'Austria (5,19%) e un massimo della Svezia (8,30%).

Il livello di penetrazione delle nuove tecnologie nel sistema italiano appare dunque storicamente inferiore agli altri paesi europei.

La misurazione degli effetti degli investimenti in TI sulla crescita economica inizia verso la fine degli anni 90, dopo che Robert Solow nel 1995 aveva enunciato il famoso "paradosso", peraltro poi ritrattato, secondo il quale l'effetto degli investimenti in queste tecnologie era visibile ovunque, tranne che nelle statistiche. In un articolo del 2000, Oliner e Sichel<sup>1</sup> stimano

Paese	Spesa TI	Spesa TLC	Spesa TIC
Svezia	5,57	2,73	8,30
Regno Unito	4,97	2,64	7,61
Olanda	4,40	2,59	6,99
Danimarca	4,44	2,20	6,64
Francia	4,03	2,30	6,33
Belgio	3,76	2,25	6,01
Finlandia	3,55	2,19	5,74
Germania	3,41	2,24	5,65
Irlanda	2,30	3,00	5,30
Austria	3,14	2,05	5,19
Portogallo	1,58	2,81	4,39
<b>Italia</b>	<b>2,02</b>	<b>2,24</b>	<b>4,26</b>
Spagna	1,71	2,21	3,92
Grecia	0,96	2,84	3,80

**Tabella 1**  
Spesa in TIC in percentuale del PIL, 1992-2001

Fonte: OCSE

	1990/1995		1995/2000	
	UE	US	UE	US
Crescita produttività del lavoro	2,45%	1,19%	1,43%	2,21%
Contributo TIC	17,55%	48,74%	49,65%	61,99%

Fonte: Nostre stime su dati OCSE

**Tabella 2**  
Il contributo delle TIC alla crescita della produttività del lavoro

**Tabella 3**

Crescita della produttività totale dei fattori (PTF)

Paese	Tasso medio annuo di crescita PTF 1995/2000
<b>Italia</b>	<b>0,72</b>
Francia	1,02
Germania	0,84
UK	0,93
USA	1,28

Fonte: OECD

periodo compreso tra il 1991 e il 1999, e negli ultimi cinque anni l'effetto è stato anche più incisivo (tabella 2). Studi successivi<sup>2</sup> hanno confermato la robustezza della relazione tra investimenti in IT e crescita della produttività negli Stati Uniti. Per l'UE, van Ark e altri (2003)<sup>3</sup> in un rapporto preparato per la Commissione Europea mostrano che gli investimenti in TIC hanno contribuito tra il 30 e il 40% alla crescita della produttività del lavoro nel corso degli anni 90. Se ci riferiamo (tabella 3) al secondo importante indicatore di produttività, la produttività totale dei fattori, stimata su dati OCSE relativi al valore aggiunto al costo dei fattori, allo stock di capitale, al salario medio e all'occupazione nel settore privato, rileviamo anche in questo caso una posizione di debolezza del nostro Paese.

Riprendiamo ora l'andamento della variazione della produttività del lavoro, misurata come variazione del prodotto per addetto nel settore privato (figura 1).

Si osservano anche in questo caso due gruppi distinti di paesi, un primo gruppo, costituito da Svezia, Danimarca, Finlandia, Irlanda con una crescita media nettamente superiore al 2%, ed un secondo gruppo, costituito tra l'altro dai paesi più grandi dell'UE, con una crescita decisamente inferiore (1,67% nel caso dell'Italia) (tabella 4).

Calcolando invece la variazione della produttività su base oraria, si osservano tassi di crescita medi maggiori, con la prestazione migliore dell'Irlanda, seguita dalla Finlandia, e gli altri paesi nella fascia compresa tra il 2,28% (Italia) e il 3,5% (Olanda e Regno Unito).

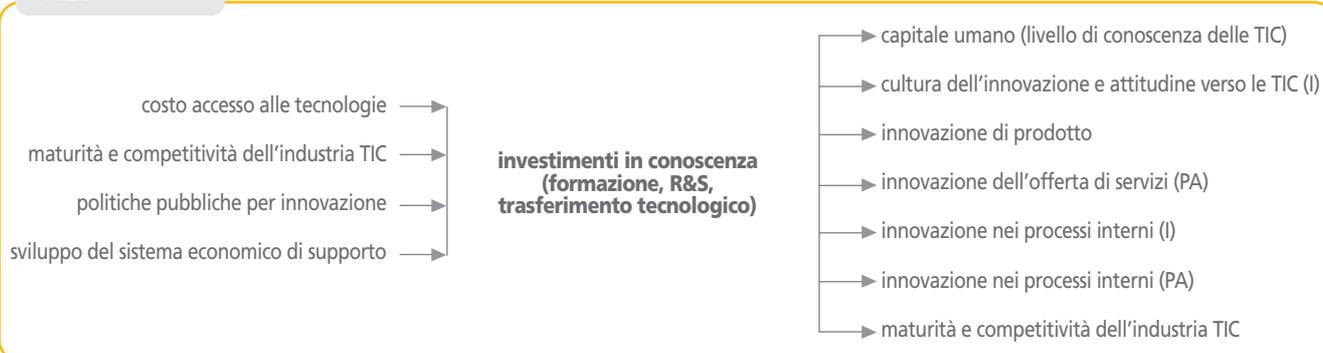
Mettendo a questo punto in relazione la crescita della produttività del lavoro con la crescita di fattori della produzione è possibile stimare il loro contributo alla produttività.

Il contributo stimato alla crescita della produttività del lavoro (tabella 5) delle variazioni del capitale TI è molto elevata, e per entrambe superiore a quella del capitale non TI. Va inoltre evidenziato il contributo alla crescita della produttività totale dei fattori, ovvero delle variazioni della tecnologia complessivamente a disposizione delle imprese. Tali variazioni, ovviamente, possono essere a loro volta indotte anche dagli investimenti in TI.

Dunque, un livello più basso di spesa TI determina una minore crescita della produttività, visto l'alto contributo potenziale di questa spesa alla crescita stessa e questa stima potrebbe dunque spiegare la minore crescita della produttività del lavoro nei paesi che hanno effettuato una minore spesa in TI, come l'Italia.

**Figura 1**

I principali fattori del sistema dell'innovazione che influenzano, e sono influenzati, dagli investimenti in conoscenza



	Irl	Fin	Sve	Dan	Uk	Ita	Ger	Spa	Fra	Ola	Media campione
Per addetto	3.56	3.38	2.84	2.54	1.84	1.67	1.39	1.37	1.30	1.13	2.10
Orario	9.67	3.69	2.37	2.79	3.41	2.28	2.43	2.81	2.84	3.59	3.59

Fonte: OCSE

**Tabella 4**

Crescita media della produttività del lavoro 1992-2001

A questo punto possiamo esaminare anche gli effetti delle TI sull'attrazione di investimenti diretti esteri (IDE).

Il nostro interesse per questa variabile deriva dall'importante contributo che gli investimenti diretti esteri possono dare alla crescita economica. L'effetto principale generalmente associato ad essi è il trasferimento geografico della tecnologia che avviene attraverso i legami che si creano tra le multinazionali estere e le aziende locali, e che determina uno spostamento in avanti della frontiera di produzione efficiente, con incrementi della produttività, dell'occupazione e del reddito.

Il mercato globale degli IDE è enormemente cresciuto negli ultimi quindici-venti anni, anche a causa dell'apertura all'economia di nuovi mercati (ex blocco sovietico, Cina). Ne è derivato un aumento della competizione per l'attrazione degli IDE e una maggiore attenzione dei governi alle relative politiche.

Tuttavia, la scelta di introdurre politiche di attrazione basate esclusivamente sugli incentivi è una scelta sbagliata, anzi a volte controproducente. Una politica di incentivazione degli IDE su un territorio che non possiede le caratteristiche di base perché l'investimento abbia successo attrarrà, fatalmente, investitori interessati esclusivamente – o principalmente – allo sfruttamento degli incentivi e che non hanno una reale motivazione economica all'investimento stesso. Sarà più opportuno dunque introdurre politiche mirate al miglioramento della dotazione di capitale umano e tecnologico che permettano non solo di creare quelle condizioni "di base" favorevoli all'investimento, ma anche di massimizzare i suoi effetti positivi. I fenomeni di trasferimento (spillover), infatti, hanno una maggiore probabilità di avvenire quando il divario tecnologico e di conoscenza tra le imprese locali e gli investitori stranieri non è eccessivo. L'esperienza internazionale mostra come i governi che hanno promosso politiche di miglioramento del capitale umano e tecnologico sono riuscite ad attrarre una quota maggiore di IDE, innestando un "circolo virtuoso" tra queste politiche e gli effetti positivi degli IDE.

Lo scopo di queste pagine è mostrare sinteticamente la rilevanza empirica di quanto appena affermato, e cioè stimare la relazione tra IDE e investimenti in capitale umano e in TIC<sup>4</sup>.

Le variabili utilizzate per la verifica sono la spesa in TIC, i flussi di investimenti netti dall'estero (IDE), e gli investimenti in conoscenza.

La grande crescita nei flussi mondiali di IDE avvenuta negli ultimi anni ha toccato solo marginalmente l'Italia, mentre altri paesi europei sono riusciti ad essere maggiormente attrattivi. Nella figura 2 mostriamo l'andamento del rapporto tra IDE e PIL nel periodo compreso

Contributi alla crescita di produttività dovuti a:	Per addetto (%)	Orario (%)
Crescita del capitale non TI	15	26
Crescita del capitale TI	36	30
Crescita del lavoro	37	35
Crescita della TFP	12	9

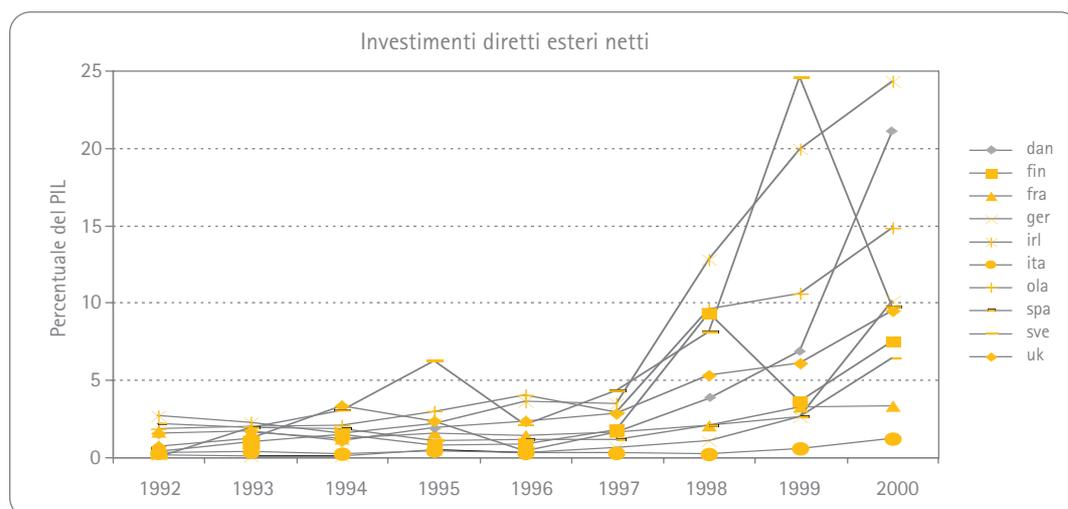
Fonte: Nostre stime su dati OCSE

**Tabella 5**

Contributo delle TI alla crescita della produttività del lavoro

**Figura 2**  
Flussi di investimenti diretti esteri, 1992-2000

Fonte: World Bank



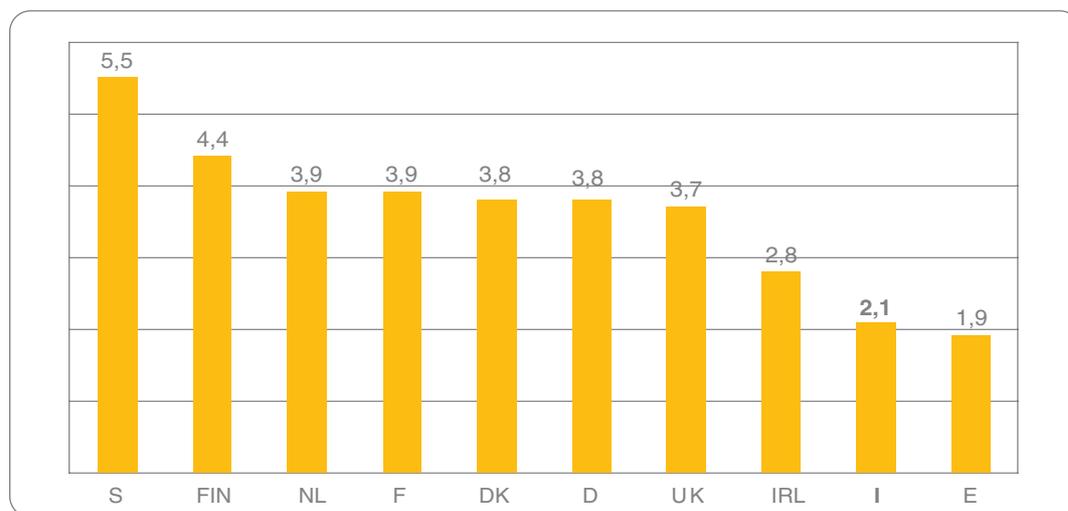
tra il 1992 e il 2000, ultimo anno per il quale sono disponibili dati comparabili (Fonte: World Bank e UNCTAD), confermando che, paragonata alla dimensione dell'economia, la capacità di attrazione del nostro è decisamente debole.

L'indicatore *Investimenti in Conoscenza* (KNOC), elaborato dall'OECD, si ottiene sommando alla spesa totale per Ricerca e Sviluppo la spesa (pubblica e privata) per istruzione di terzo livello, al netto della spesa per ricerca nell'università. Gli investimenti in conoscenza possono essere definiti come "spese dirette ad attività di miglioramento dell'attuale livello di conoscenza, e/o all'acquisizione o diffusione di nuova conoscenza"<sup>5</sup>. Tali spese hanno come risultato dunque la creazione o la diffusione di conoscenza e rappresentano senza dubbio un indicatore chiave per comprendere il grado di sviluppo del capitale umano e tecnologico, sia dal punto di vista delle politiche (includendo la spesa pubblica), sia dal punto di vista dell'atteggiamento delle imprese locali (includendo la spesa privata).

L'indicatore presenta forti differenze tra i paesi europei (figura 3), vedendo però ancora una volta l'Italia in posizione di ritardo. L'interesse di questo indicatore sta anche nel legame tra gli investimenti in capitale umano e, in generale, in conoscenza e la crescita economica, particolarmente rilevante in paesi avanzati dove l'accento tende a spostarsi verso modelli di sviluppo non più basati soltanto sull'accumulazione di capitale fisico.

**Figura 3**  
Investimenti in conoscenza in percentuale del PIL 1991-1998

Fonte: OECD



È opportuno sottolineare la grande influenza sia della spesa TIC che degli investimenti in conoscenza per l'attrazione di IDE.

Entrambe le variabili hanno coefficienti elevati e significativi. Una politica coerente, credibile e duratura di investimenti (pubblici e privati) nel capitale umano e tecnologico del nostro Paese è quindi determinante anche per attrarre gli investimenti diretti esteri.

In conclusione, la forte crescita della spesa in TIC avvenuta dal principio degli anni '90 ha prodotto notevoli effetti in termini di efficienza dei processi produttivi. Tali effetti si sono manifestati, come la maggior parte della letteratura esistente sostiene sia attraverso un aumento della produttività del lavoro sia attraverso uno spostamento della frontiera complessiva della tecnologia, approssimato dalla variazione della produttività totale dei fattori, sia attraverso un incremento degli investimenti diretti esteri.

In questa parte del rapporto abbiamo cercato di verificare empiricamente le relazioni tra tutte queste variabili, mostrando come un incremento dell'investimento in TIC possa incrementare produttività e attrazione di investimenti diretti esteri.

D'altro canto, un ruolo estremamente rilevante può essere svolto dalla spesa per Ricerca e Istruzione (che abbiamo sintetizzato nella variabile "investimenti in conoscenza"), che può determinare a sua volta sia un miglioramento diretto della produttività del lavoro e del capitale che un loro miglioramento indiretto, attraverso i trasferimenti di tecnologia indotti dagli investimenti diretti esteri.

## La Ricerca e lo Sviluppo

Oggi, la lettura dei processi di innovazione esclusivamente originati dall'ambito della Ricerca e Sviluppo sta, come detto, progressivamente cedendo il posto alla visione "diffusa" dell'innovazione, con cui si intendono processi di creazione di conoscenza e innovazione che non possono incentrarsi esclusivamente sulla dimensione della Ricerca ma che pongono egualmente al centro anche l'innovazione di carattere più informale (che nasce al di fuori delle strutture tradizionalmente deputate).

Questa innovazione diffusa trova ad esempio terreno particolarmente fertile nel nostro Paese, dove, come vedremo, la debolezza degli indicatori classici della Ricerca e Sviluppo (innanzitutto spesa e brevetti) stride con l'oggettiva capacità di innovazione e creatività del nostro tessuto di PMI, che si esplicita però attraverso modalità "informali" che la statistica ufficiale fatica a registrare. In questa sede, cercheremo dunque di allargare il campo di quelle che possiamo definire come "aree chiave" per l'innovazione di un paese senza tuttavia negare l'importanza fondamentale della Ricerca e Sviluppo.

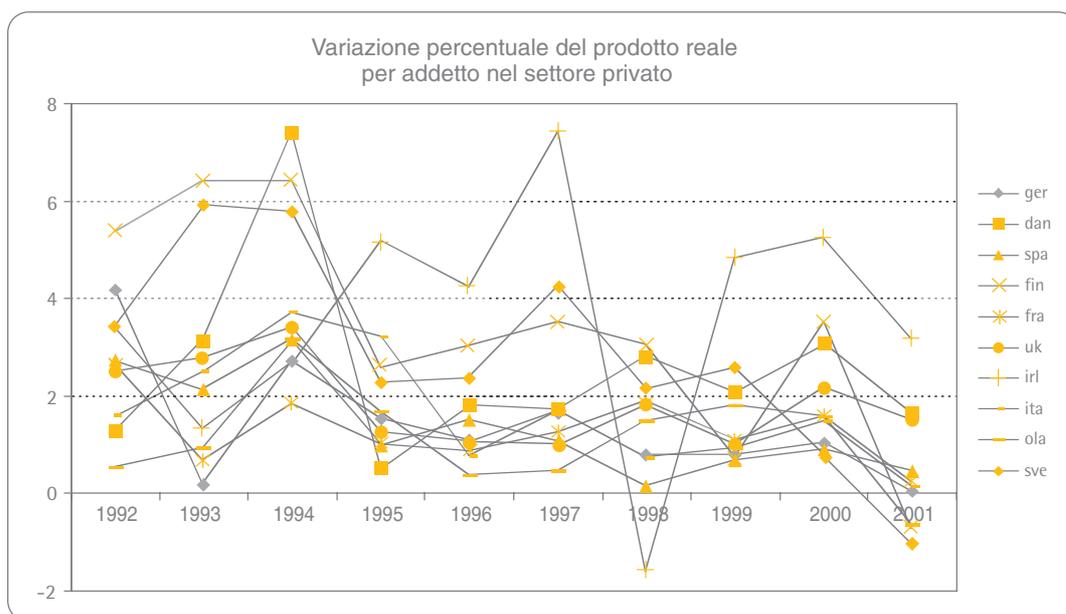
I dati OCSE "Main Technology Indicators" dal 1995 al 2000 mostrano come il paese leader in Europa per gli investimenti in Ricerca e Sviluppo rispetto al PIL sia la Svezia, con Finlandia, Germania e Francia a seguire.

Allargando il discorso all'ultimo ventennio (1980-2000), l'Italia diviene terz'ultima davanti all'Irlanda e alla Spagna (figura 4).

Degno di attenzione non è solo l'ammontare della spesa in Ricerca e Sviluppo (fra le più basse dei paesi avanzati) ma la sua composizione, molto legata alla spesa pubblica, a fronte di un contributo relativamente modesto offerto dal settore privato. Se il settore pubblico italiano infatti partecipa per il 57% alla spesa in ricerca che è stata di circa 13 miliardi di euro nel 2002, la quota della partecipazione pubblica alla spesa nello stesso settore degli altri paesi europei è considerevolmente minore, grazie ad un apporto molto più attivo del privato. La partecipazione privata ai progetti di ricerca è infatti il 75% in Svezia, il 63% in Francia e il 70% in Germania.

*"investimenti  
in  
conoscenza"  
per  
migliorare  
produttività  
del lavoro e  
del capitale*

**Figura 4**  
Variazione della produttività del lavoro, 1992-2001



Fonte: stime MIT su dati OCSE

Come noto, secondo la Commissione UE l'obiettivo strategico è del 3% del PIL, dall'1,9 attuale, con un terzo di spesa pubblica.

È utile sottolineare come la propensione ad innovare nel settore imprese, e dunque anche gli investimenti in R&S, sia fortemente legata alle dimensioni dell'azienda. Una ricerca del 1998<sup>6</sup> mette in luce come le imprese con più di 1000 addetti tendono ad investire in Ricerca e Sviluppo (78,5%) molto più delle imprese di dimensioni inferiori ai 50 addetti (11,7%).

Dunque, anche il problema della Ricerca e Sviluppo in Italia si mostra strettamente connesso al tessuto socio-economico, costituito in larga parte da una fitta rete di piccole e medie imprese. A questo va aggiunto anche il fatto che in termini di spese in R&S le grandi imprese italiane mostrano una intensità di ricerca inferiore rispetto alle principali multinazionali concorrenti.

Nel 1999 la FIAT occupava solo il dodicesimo posto della classifica sugli investimenti in ricerca delle aziende automobilistiche, mentre Telecom Italia, la seconda impresa italiana, occupava il sesto posto nella classifica inerente alle telecomunicazioni. Per quanto riguarda i dati sui brevetti solo 27 istituzioni italiane hanno depositato più di 100 brevetti negli USA dal 1976 al 2000.

Tuttavia, il problema non si pone esclusivamente in termini di dimensioni d'impresa, ma anche e forse più profondamente in termini di tipologia. Ciò significa che gli investimenti in ricerca non pubblici sono insoddisfacenti non solo perché l'Italia si sostiene sulla piccola media impresa, ma anche perché l'impresa italiana non è stata finora particolarmente interessata, per il suo mercato di riferimento e per le sue politiche di prodotto, ad un forte investimento sulla ricerca e sulla innovazione tecnologica.

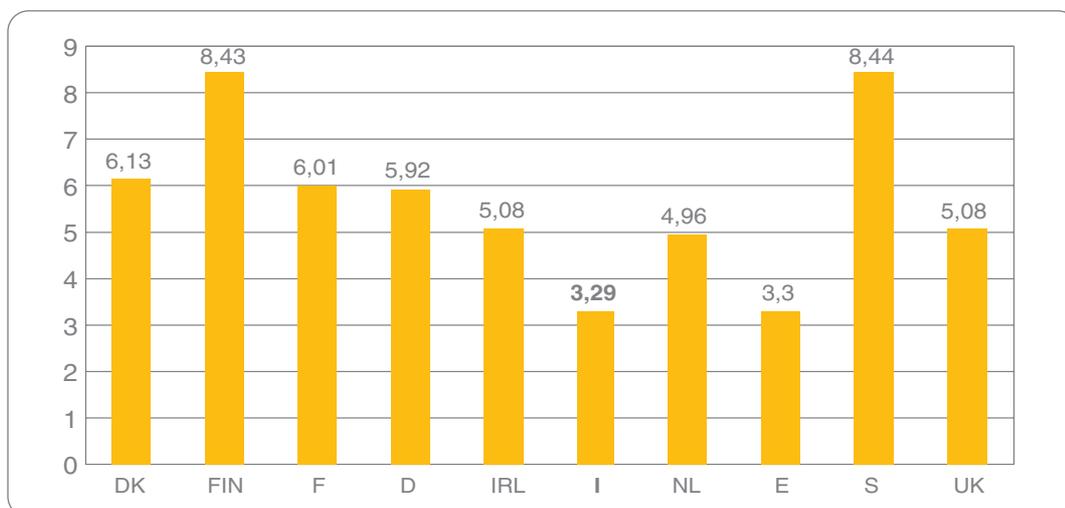
Anche per ciò che riguarda il numero di ricercatori totali sulla forza lavoro (figura 5): l'Italia si colloca all'ultimo posto della classifica UE, mentre la *leadership* in questa classifica tocca ancora una volta alla Svezia.

Da questi dati emerge chiaramente l'esigenza di affrontare l'attività di innovazione sulla Ricerca e Sviluppo in Italia in maniera sistematica e coordinata, cercando di agire sugli attori coinvolti nei processi di Ricerca e Sviluppo per trasformare la percentuale dei cosiddetti "innovatori occasionali" in un presidio più stabile e persistente, soprattutto a livello impresa.

Oggi in Italia parlare di Ricerca significa soprattutto parlare di Ricerca pubblica e quindi di università.

Infatti, in Italia hanno storicamente avuto scarso peso altre fonti pubbliche di finanziamento alla Ricerca, quali la Difesa (negli USA il 54% della spesa pubblica in ricerca è destinato alla difesa). Le 77 università operanti sul territorio italiano (57 pubbliche e 20 private) costituiscono la principale rete di ricerca. A partire da questo dato, una delle direzioni di sviluppo continua ad essere quella di qualificare le università come poli di innovazione, coniugando ricerca pura e ricerca industriale. I primi risultati di studi attualmente in corso suggeriscono che queste iniziative cominciano ad essere molto meno rare che in precedenza, anche se spesso sono condotte su iniziativa di singoli docenti e/o gruppi di ricerca. Laddove i gruppi di ricerca accademici sono di alto profilo e sono in grado di attrarre l'interesse delle imprese su scala nazionale ed internazionale, si osservano interessanti risultati anche in termini di creazione di nuove imprese da parte di ex studenti e dottori di ricerca.<sup>6</sup> E a questo proposito è auspicabile l'introduzione di condizioni facilitanti ad una maggior mobilità dei ricercatori tra pubblico e privato. In ogni caso, è giusto evidenziare che i problemi della ricerca italiana di profilo universitario sono ben noti ed è in corso un grande sforzo per affrontarli in modo efficace. Si sta solo ora attuando un chiaro sistema di valutazione della ricerca che viene condotta in ambito accademico per verificarne qualità ed effettivo impatto sul sistema scientifico e produttivo oltre che al fine di programmare in modo più consapevole ed efficace la destinazione delle risorse: la mancanza di questo elemento ha consentito in passato la sopravvivenza di una ricerca di basso profilo che senza dubbio non ha arrecato benefici di lungo termine ed ha favorito un certo scetticismo sulle capacità di risultati. È dunque urgente perseguire una politica di ricerca che premi i migliori e consenta di identificare gruppi di studiosi che abbiano dimostrato di essere capaci di coordinare la ricerca, con sistemi trasparenti di referaggio a livello ministeriale, di valutazione della validità dei progetti, e che infine sia in grado di riconoscere i risultati effettivi e le loro applicazioni. Il problema si pone ora più che mai in quanto si intende aumentare e concentrare le risorse destinate alla Ricerca e Sviluppo.

Il sostegno pubblico deve opportunamente bilanciare finalizzazioni sociali con lo sviluppo economico, ponendo in questo secondo caso maggiore attenzione alla domanda del mercato ed alle sue dinamiche. È fondamentale il sostegno alla Ricerca di base, ma ricordando anche per questa che il legame fra la Ricerca e l'Innovazione nel sistema economico è



**Figura 5**  
Ricercatori su forza lavoro (per mille), 1997

Fonte: OCSE

tutt'altro che automatico e va perseguito con iniziative opportune. Va anche tenuto presente il modello tipico per i ritorni della Ricerca, in cui circa il 10% dei progetti genera l'80% dei benefici commerciali diretti, mentre un buon 50% ha ritorni diretti pressoché nulli ma contribuisce alla crescita del tasso generale di conoscenza del Paese.

La R&S nel settore dei servizi, settore chiave per la competitività delle economie avanzate, è spesso ignorata o poco sostenuta, e qui si rivela anche uno dei limiti principali del cosiddetto "Manuale di Frascati" che perimetra in modo forse troppo rigido la ricerca europea. Non è abbastanza diffuso in Italia il "Public Technology Procurement" (PTP), che in molti paesi costituisce un uso della domanda pubblica di grande efficacia a sostegno della Ricerca e dell'Innovazione.

Il PTP avviene quando una Pubblica Amministrazione commissiona, condividendone parte del rischio, prodotti e servizi non ancora esistenti, che richiedono quindi uno sforzo di R&S ai fornitori.

### La finanza innovativa

**è necessario  
aumentare le  
risorse  
finanziarie  
al servizio  
delle  
politiche per  
l'innovazione**

Per affrontare a livello nazionale la sfida mondiale della competitività è necessario considerare l'esigenza di aumentare le disponibilità delle risorse finanziarie al servizio delle politiche per l'innovazione.

Considerate le scarse disponibilità finanziarie del sistema pubblico e l'esigenza di razionalizzare l'impiego degli aiuti di stato, affinché essi non producano effetti distortivi della libera concorrenza diviene necessario orientare le politiche per lo sviluppo e l'innovazione anche verso l'impiego di strumenti di finanza innovativa.

Il rapporto tra strumenti finanziari innovativi e politiche per l'eccellenza è un tema già affrontato, nel tempo, ai diversi livelli istituzionali.

Il "Libro Verde sull'Innovazione"<sup>7</sup> della Commissione Europea nel 1995 aveva sottolineato il nesso tra l'evoluzione dei sistemi finanziari e una politica macroeconomica favorevole all'innovazione, ribadendo, allora, che "il finanziamento rimaneva l'ostacolo all'innovazione più frequentemente citato dalle imprese, indipendentemente dalle loro dimensioni, in tutti i paesi dell'Unione Europea e praticamente in tutti i settori", riferendosi sia al sistema della finanza pubblica che a quello della finanza privata.

Dopo cinque anni la Comunicazione della Commissione del 2000 "Verso uno spazio europeo della ricerca", affermava sulla stessa linea: "i mercati finanziari europei non hanno ancora debitamente riconosciuto il valore economico degli investimenti nella conoscenza e la disponibilità di capitale di rischio destinato a finanziare l'innovazione continua a essere limitata" e rilevava la necessità di stimolare la creazione d'impresa e l'investimento nel capitale di rischio. Alla fine dello stesso anno, un'altra Comunicazione della Commissione, "L'innovazione in un'economia fondata sulla conoscenza"<sup>8</sup>, confermava come "le restrizioni finanziarie e la mancanza di fonti di finanziamento adeguate continuano a figurare tra gli ostacoli all'innovazione più frequentemente citati".

L'attenzione della Commissione per l'impiego di modelli d'intervento finanziari alternativi alle agevolazioni tradizionali è oggetto anche del Piano d'azione Europeo per la Ricerca e l'Innovazione<sup>9</sup> recentemente presentato dal Commissario per la Ricerca Philippe Busquin. Tra le misure promosse nel piano, al fine di garantire efficienza all'azione di promozione della ricerca e dell'innovazione, gli interventi con capitale di rischio e di garanzia sono oggetto di un'approfondita disamina in due specifici documenti.

Il problema della debolezza della strumentazione finanziaria al servizio della competitività del nostro sistema d'impresa e il riscontro della scarsa dotazione che gli operatori istitu-

zionali e non destinano a questi interventi trova conforto anche in una molteplicità di analisi svolte da enti nazionali e internazionali di ricerca:

- il primo rapporto Rita del CIRET – Politecnico di Milano<sup>10</sup> presenta l'*handicap* finanziario come il fattore maggiormente ostativo all'innovazione per un campione di 401 imprese prevalentemente piccole, di recente costituzione e specializzate nei servizi *high-tech*. L'indagine evidenzia, altresì, come la carenza di specifici sussidi pubblici per le piccole e medie imprese, l'alto costo e l'elevata difficoltà di ottenere prestiti bancari nonché l'inadeguatezza di mezzi di finanziamento alternativi come il *venture capital* siano le principali cause che ne ostacolano l'attività innovativa;
- l'Eurobarometro<sup>11</sup>, la ricerca condotta per conto della Commissione da 19 istituti di ricerca internazionale su un campione di quasi 8000 imprese europee e americane, rileva come la carenza di supporto finanziario e la complessità delle procedure amministrative siano considerate il maggior freno, in Europa, allo *start up* d'impresa, registrando per l'Italia la situazione maggiormente critica. Tale criticità tende a migliorare tra il 2001 e il 2002 quanto alla complessità amministrativa, mentre invece tende a peggiorare, per lo stesso periodo, quanto alla carenza di supporto finanziario.
- Global Entrepreneurship Monitor<sup>12</sup>, la più rilevante ricerca sull'imprenditoria nel mondo, svolta su un campione di 36 paesi, evidenzia nell'edizione del 2002, come, nonostante la quota delle imprese promettenti che ha ricevuto supporto da *venture capital* sia contenuta, i decisori politici continuano a manifestare disattenzione verso gli interventi con capitale di rischio;
- un numero sempre più consistente di documenti programmatici e di studi, curati da organismi di ricerca internazionale, evidenziano l'interrelazione tra la crescita economica, l'occupazione e la disponibilità diretta di finanziamenti all'innovazione, e confermano come l'accesso al capitale di rischio possa svolgere una funzione essenziale nelle politiche di sviluppo.

A conferma di quanto affermato una molteplicità di analisi comparative dell'Innovazione e delle Politiche a favore delle imprese riconoscono regolarmente il deficit sia di sforzo che di risultato delle azioni intraprese, anche per quanto riguarda le misure specifiche per il capitale di rischio.

Se può dirsi acquisita la rilevanza della finanza innovativa per le politiche della R&S, meno scontate risultano le modalità di promozione di questi strumenti.

Il panorama internazionale delle esperienze relative ad azioni di promozione del capitale di rischio a favore delle politiche per l'innovazione è sufficientemente articolato per offrire un valido riferimento. La sottolineatura, fino ad ora assunta, del capitale di rischio piuttosto che del *venture capital*, è significativa, poiché risponde all'esigenza di estendere il panorama degli strumenti dal semplice intervento con capitale di rischio in aziende non quotate ai prestiti partecipativi, ai prodotti ibridi *debt-equity*, fino agli interventi di investitori informali o del *corporate investment* e agli strumenti di garanzia, controgaranzia e cogaranzia abbinabili.

Prima di affrontare la disamina della possibile strumentazione da promuovere e delle *best practices* di riferimento è necessario sottolineare che l'intervento pubblico per il capitale di rischio, sia che si riferisca ad azioni a supporto delle condizioni di contesto (quadro normativo-regolamentare e fiscalità connessa) sia che si esprima attraverso specifici strumenti finanziari, dovrà trovare attuazione attraverso regimi d'aiuto compatibili con il Trattato CE, e, in materia di aiuti di Stato, alla recente Comunicazione della Commissione Europea relativa al settore del *venture capital*. L'intervento pubblico dovrà, quindi, essere non distorsivo del mercato, contenuto nel tempo e rivolto a specifici settori d'impresa tradi-

**il capitale di rischio è essenziale nelle politiche di sviluppo**

zionalmente trascurati dagli investitori di mercato (*seed capitals*, *start up* e *spin off*, piccole e medie imprese innovative).

Inoltre, poiché è il settore privato a guidare il mercato del capitale di rischio, l'intervento pubblico dovrà attingere il più possibile alle risorse che il privato offre, sia finanziarie (massimo uso della leva finanziaria privata) sia professionali (massimo ricorso al *know-how* specialistico degli operatori di mercato), sfuggendo alla tentazione di iniziative totalmente pubbliche.

Ciò premesso il Pubblico potrà intervenire agevolando sia l'offerta che la domanda.

Per le agevolazioni all'offerta sarà necessario incentivare solo gli interventi dove i limiti indotti dall'alto rischio degli investimenti o dalla combinazione rischio e alti costi pregiudichino l'intervento del privato. Fatte tali precisazioni gli interventi, guardando all'esperienza internazionale, direttamente o indirettamente a supporto dell'impiego di capitale di rischio per le politiche dell'innovazione possono essere:

- il sostegno ai costi per la tutela brevettale;
- l'incentivazione dei rapporti della mobilità e degli scambi tra università, operatori finanziari e imprese;
- l'intervento con risorse pubbliche per aumentare la disponibilità di fondi (o fondi dei fondi) che possono adottarsi con formule di finanziamento o cofinanziamento pubblico di fondi di *venture capital*, o con modelli di rifinanziamento pubblico degli interventi finanziari privati a condizioni agevolate;
- azioni volte a contenere le diseconomie connesse alla gestione di piccoli fondi per *early stage* e *start up* tecnologici intervenendo sulle attività maggiormente onerose dell'attività dei gestori;
- azioni volte a contenere le diseconomie connesse a piccoli investimenti di difficile ed onerosa valutazione attraverso agevolazioni alle attività di *due diligence* tecnologiche e di valutazione giuridico-economica;
- sostegno all'azione degli investitori informali;
- garanzie e cogaranzie del settore pubblico all'investimento privato;
- agevolazioni fiscali sui *capital gain* nel *corporate venture capital* e per investitori informali che intervengono nelle fasi iniziali di una nuova impresa.

Accanto all'intervento pubblico anche sul fronte della domanda, sarà opportuno privilegiare le istanze di *venture capital* degli *spin-off* universitari e dei centri di ricerca con:

- sostegno ai costi per la tutela brevettale;
- azioni formative all'imprenditoria nelle università e all'impiego del capitale di rischio nelle imprese.

Sulla base di tali indicazioni si sono articolate le varie esperienze internazionali e, a testimonianza della relazione tra ricerca universitaria e *venture capital*, si possono citare una molteplicità d'iniziative quali: il fondo dei fondi israeliano Yozma, i fondi universitari americani, (si pensi ai fondi del "Massachusetts Institute of Technology" o di Stanford), il programma "Small Investment Company" (SBIC) negli USA, i fondi inglesi di Oxford, Cambridge, Warwick a livello universitario e l'High-Tech Fund o il programma "University Challenge Funding" a livello governativo, gli aiuti all'innovazione varati in Francia nel 1999 (Seed Capital Funds Support Program), il ventaglio di strumenti adottati in Germania quali il "Risk capital Program", il KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) o l'esperienza dell'Eigenkapital agentur del Baden Württemberg, l'Equity Capital Guarantees e il Technology Financing Programme for SME-ERP del governo centrale austriaco e i programmi di garanzia sul capitale delle regioni austriache della Carinzia e del Voralberg.

Queste esperienze testimoniano la necessità che le relazioni tra operatori della finanza,

**L'intervento pubblico dovrà agevolare sia l'offerta che la domanda**

dell'università e delle imprese si ricompongano in un modello di coevoluzione, dove la "scienza usa il profitto per creare conoscenza e il mercato usa conoscenza per creare profitto".

## Note

1. Oliner, S. D. e Sichel, D.E. (2000) "The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?" *Journal of Economic Perspectives*.
2. Si veda ad esempio, Oliner, S. D. e Sichel, D.E. (2002) "Information Technology and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going?", *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Atlanta; Jorgenson, W.D., Ho, M.S., e Stiroh, K.J. (2002), "Projecting Productivity Growth: Lessons from the U.S. Growth Resurgence", *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Atlanta. Si veda anche Jorgenson, D.W. (2001), "Information Technology and the U.S. Economy", *American Economic Review*.
3. Bart van Ark, Johanna Melka, Nanno Mulder, Marcel Timmer and Gerard Ypma (2003), "ICT Investments and Growth Accounts for the European Union," Research Memorandum GD-56, Groningen Growth and Development Centre. Si vedano anche Colecchia, A. and P. Schreyer (2001), "ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OCSE Countries," *OCSE STI Working Paper*, 2001/7, OCSE, Paris.
4. Per un'analisi più approfondita, si vedano Viviani, C. (2003), "Le determinanti dei flussi di investimenti diretti esteri in Europa: il ruolo del capitale umano e tecnologico.", *Quaderni ISE* n. 125, LUISS "Guido Carli", Roma, e Viviani, C. e Melosi, L. (2002), "Investimenti diretti esteri: fattori di attrazione in Europa e in Italia. Una stima con *factor analysis* e *panel data*." *Quaderni ISE* n. 119, LUISS "Guido Carli", Roma.
5. Vedi OCSE, *Investment in knowledge database – Variables definition*.
6. Fra i brevetti registrati presso l'EPO (European Patent Office), importante è il numero di ricercatori accademici titolari di brevetto: 919, circa il 3% degli inventori italiani, all'incirca un ricercatore su 30 (dato EPO).
7. COM (1995) 688.
8. COM (2000) 6.
9. "Investing in research: an action plan for Europe" SEC(2003)489 del 30 Aprile 2003. Le nuove imprese italiane ad alta tecnologia-1° rapporto RITA Edizione 2002 CIRET POLITECNICO.
10. Flash Eurobarometer 134 "entrepreneurship survey: november 2001 analytical report: november 2002".
11. Global Entrepreneurship Monitor 2002 Summary Report 30 November 2002.
12. 2001/C 235/03 OJ 235, 21.08.2001.

ENERGIA,  
AMBIENTE  
E INNOVAZIONE

# Effetti del **cambiamento tecnologico** sullo sviluppo economico: un'analisi econometrica "panel" sui sei maggiori paesi OCSE

DANIELA PALMA  
GAETANO COLETTA  
ALESSANDRO ZINI  
ENEA  
Unità di Agenzia

spazio aperto

Gli effetti del cambiamento tecnologico sullo sviluppo economico sono indagati a partire dalle importanti trasformazioni strutturali che hanno interessato le maggiori economie industrializzate nel corso degli ultimi trenta anni. L'analisi, condotta su base econometrica, è tesa a catturare il ruolo della componente tecnologica nei processi di sviluppo evidenziandone l'articolazione e la complessità sempre più accentuate

## *Effects of **technological change** on economic development: a panel data analysis on the six most industrialised countries*

*This investigation of the effects of technology change on economic development starts by describing the broad structural transformations that have taken place in the major industrial nations over the past thirty years. The econometric analysis aims to understand the role of new technology in development processes, bringing out their ramifications and increasing complexity*

**N**ell'ultimo scorcio di secolo il ruolo del cambiamento tecnologico sui processi di sviluppo economico si è straordinariamente accentuato, rivelando al contempo dinamiche sempre più complesse.

In un precedente studio<sup>1</sup> è stato evidenziato, in particolare, come l'emergere di una base sempre più diffusa e consistente di produzioni ad elevato contenuto tecnologico nelle aree più industrializzate abbia trovato corrispondenza sia in un generale potenziamento degli investimenti in R&S, sia in una progressiva concentrazione di tali investimenti proprio all'interno dei comparti ad alta tecnologia, e come a ciò abbia fatto riscontro il consolidarsi di nuovi vantaggi competitivi ai quali il processo di globalizzazione economica ha fatto da cassa di risonanza. La rilevanza di questo scenario si è qualificata anche sulla base di processi innovativi sempre più differenziati a livello di paese, traducendo specificità competitive sempre più significative a livello internazionale. Sono stati riscontrati, infine, fenomeni di tendenziale coerenza tra i processi innovativi dei diversi paesi, le conseguenti dinamiche competitive e l'andamento del reddito pro capite, assunto quale misura di sintesi dello sviluppo in accordo con alcune tra le più influenti valutazioni dell'analisi economica<sup>2,3</sup>.

Al fine di indagare come la dinamica del cambiamento tecnologico si sia riflessa sulla dinamica di sviluppo delle economie industrializzate, il presente studio, effettuato nell'ambito delle attività dell'Osservatorio ENEA sull'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale, propone un modello interpretativo della dinamica del reddito pro capite in relazione alla dinamica di variabili macroeconomiche rilevanti associate al cambiamento tecnologico.

L'analisi è stata condotta su base storica in un arco di tempo che va dalla seconda metà degli anni 60 alla fine degli anni 90, un periodo sufficientemente lungo per cogliere indicazioni sui cambiamenti strutturali oggetto dello studio.

È stata così impostata una stima econometrica su dati panel relativi ai sei maggiori paesi industrializzati (Stati Uniti, Giappone, Francia, Germania, Regno Unito, Italia). In tal senso si è inteso non solo catturare le direzioni della dinamica strutturale dei sistemi economici, ma anche effettuare una valutazione appropriata delle specifiche relazioni tra le variabili indagate. Pur riconoscendo le difficoltà che nascono dal dover disporre di un congruo numero di osservazioni ai fini della significatività della stima statistica, è infatti evidente che analisi che si avvalgono di osservazioni su sistemi economici con caratteristiche strutturali eccessivamente diverse non possano che dare luogo a conclusioni poco più che generiche se non addirittura distorte.

La scelta sopra indicata dei sei maggiori paesi industrializzati intende, quindi, eliminare questi inconvenienti. Nonostante ciò, la tendenza ad intraprendere studi caratterizzati dall'aggregazione di soggetti-paese alquanto disomogenei si è, in varia misura, relativamente diffusa.

Nel portare alla luce significative evidenze per quanto riguarda il più forte rilievo assunto dal processo di cambiamento tecnologico sulla dinamica dello sviluppo economico, questi studi hanno fatto così emergere approssimazioni importanti su aspetti relativi sia all'interazione tra variabili macroeconomiche e stato della tecnologia, sia al peso specifico, sempre più rilevante, assunto dalle diverse economie paese.

Lungo queste linee di analisi, il presente studio è strutturato come segue.

Il paragrafo è dedicato alla presentazione del modello e delle variabili di stima, nel quadro dei principali riferimenti analitici che hanno caratterizzato l'indagine economica dell'ultimo decennio sul tema oggetto di studio. Un ulteriore paragrafo presenta i risultati ottenuti da diverse specificazioni del modello in base agli obiettivi di studio. Infine, sono fornite alcune riflessioni conclusive anche in relazione alle ricerche in corso sul tema.

*il ruolo del  
cambiamento  
tecnologico  
rivela  
dinamiche  
sempre più  
complesse*

## Il contesto d'analisi, il modello, i dati

Gli sviluppi dell'analisi economica che nel corso degli ultimi venti anni hanno riguardato la teoria della crescita hanno dato anche luogo a numerosi studi di tipo empirico. In base alle maggiori indicazioni tratte dal dibattito teorico, tali analisi si sono particolarmente concentrate sulle questioni della convergenza dei sistemi economici e sul ruolo giocato dal cambiamento tecnologico di tipo endogeno<sup>4-6</sup>. Assegnando un ruolo preminente alle dinamiche del cambiamento tecnologico nella crescita di lungo periodo, tali studi hanno soprattutto sottolineato la complessità con cui questo processo si sviluppa. Le conclusioni emerse da queste riflessioni sottopongono all'attenzione essenzialmente due punti:

1. le dinamiche della convergenza economica sono fenomeni non univocamente definiti, ma ben caratterizzati a livello di periodo storico e di paese;
2. le differenze riscontrabili tra paesi diversi nei tassi di accumulazione di conoscenza (nella maggior parte dei casi rappresentata attraverso le *proxy* del "capitale umano", delle spese in R&S o dalle statistiche brevettuali) hanno una relazione con le differenze tra *performance* economiche a livello nazionale. Nell'ambito di tali punti interessa in particolare evidenziare il ruolo assunto da alcune componenti concettuali che tuttora continuano a rappresentare un riferimento di base dell'indagine.

Una posizione per così dire "preliminare" è costituita dalla verifica dell'ipotesi di *catching up*, in base alla quale il sentiero di crescita dei sistemi economici è significativamente influenzato da quello dei paesi con maggiori tassi di sviluppo, tipicamente leader nell'innovazione<sup>14</sup>. In secondo luogo appare rilevante il contributo dell'investimento *knowledge-based* valutato rispetto a quello relativo alla tradizionale variabile di "spesa di investimento"<sup>7</sup>. La specializzazione produttiva, in particolare in quei settori definibili "ad alto tasso di innovazione e/o di opportunità tecnologica", costituisce infine un terzo importante pilastro di riflessione e indagine che qualifica ulteriormente la componente di domanda aggregata del sistema economico in linea con il concetto più classico di "divisione del lavoro". In quest'ultimo caso le indicazioni sono prevalentemente tratte dalle posizioni di "vantaggio comparato" del singolo paese nel commercio internazionale, quale contesto in cui si traduce la forza competitiva della specializzazione produttiva.

È inoltre importante osservare come, nel complesso di tali studi, non vi sia un riferimento univoco alla variabile reddito, ma sia utilizzata, quasi in modo intercambiabile, la variabile produttività. A dispetto dello stretto legame presente tra le due variabili e del ruolo che questo riveste nella dinamica della crescita, è infatti opportuno considerare gli elementi per cui emergono precise distinzioni sia sotto il profilo concettuale sia, contestualmente, sotto il profilo specifico dell'indagine sul cambiamento strutturale del sistema economico. È evidente, infatti, come il concetto di produttività si leghi ad un particolare stato del sistema economico che comprende anche un particolare stato della tecnologia.

Per ogni dato stato del sistema, la produttività è certamente indicativa dei cambiamenti strutturali che con il tempo si delineano, ma non per questo traduce in modo univoco la misura di tale cambiamento. Poiché l'indagine risulta correttamente impostata secondo i criteri dell'analisi dinamica<sup>8,3</sup>, e non di quella statica comparata, valori e variazioni della produttività incorporano non solo i contenuti specifici di diverse modalità produttive (che esprimono le alternative tra tecniche diverse) ma anche i contenuti, assai più complessi, del "mutamento tecnologico" del sistema rispetto al quale sono pure rilevanti aspetti adattivi di "entrata a regime". Non meraviglia, dunque, che molte tra le analisi che hanno indagato lo sviluppo attraverso le misure di produttività non sempre abbiano dato luogo a risultati significativi o coerenti<sup>9</sup>.

la  
produttività  
è legata  
allo stato  
della  
tecnologia

La capacità esplicativa della variabile reddito non è invece soggetta a questo tipo di limitazioni non apparendo, al contempo, riduttiva rispetto al concetto, più esteso, di sviluppo economico. Relativamente alla osservazione in cui si puntualizza la distinzione tra crescita del reddito e dinamica dello sviluppo, è stato infatti replicato come un processo di crescita non possa aver luogo se non nell'ambito di un processo, più ampio, di sviluppo<sup>2</sup>. Se a tale osservazione si lega quella, più specifica, relativa al concetto di reddito pro capite e al corretto concetto di "ricchezza" che questo traduce, secondo il fondamentale chiarimento introdotto da Adam Smith ne "La Ricchezza delle Nazioni", è possibile concludere che il reddito pro capite può essere una variabile ben rappresentativa dell'analisi dello sviluppo economico e delle sue determinanti.

Alle osservazioni che riguardano la specificazione della variabile reddito, quale *proxy* del processo di sviluppo, debbono essere infine aggiunte quelle che ne qualificano il "potenziale" di crescita alla luce della disponibilità delle risorse complessive del sistema e dell'influenza che su questa esercita la dipendenza dalle importazioni dall'estero. Il determinarsi di un "vincolo estero" alla crescita è fatto noto e consolidato in letteratura economica allorché si riconosce la sempre più elevata apertura dei sistemi economici agli scambi internazionali. Questo aspetto ha in particolare sollecitato il filone della economia postkeynesiana<sup>10,11</sup> che, ponendo l'attenzione sulle caratteristiche inerenti le diverse componenti di domanda, ha evidenziato nell'ambito di questa l'esistenza di una componente di vincolo estero.

La forte dinamica associata alla crescita dell'*import penetration* di prodotti ad alto contenuto tecnologico, determinato dalla dinamica stessa dello sviluppo tecnologico, ha vieppiù accentuato il carattere di questa componente "specializzandola", per così dire, in funzione delle variazioni dinamiche delle esportazioni di prodotti ad alto contenuto tecnologico<sup>1</sup>. Sotto questo punto di vista l'ipotesi di esistenza di un vincolo estero alla dinamica di crescita del reddito sembra dunque assumere una forte rilevanza suggerendo l'introduzione di una componente di domanda più complessa di quella che, alla luce della riformulazione "post-keynesiana" delle equazioni di crescita, risulta individuata attraverso la "specializzazione" della domanda nei settori "giusti"<sup>12,13</sup>.

Nel presente studio la specificazione generica del modello di crescita da sottoporre a stima assume la seguente forma:

$$P\hat{I}pc_{it} = f\left(\frac{PILpc}{PILpcUS_{it}}, \frac{1}{2} \sum_{t=-1}^0 \frac{\hat{I}NV}{PIL_{it}}, \frac{1}{3} \sum_{t=-2}^0 \frac{\hat{B}ERD}{N_{it}}, \Delta \frac{BC_j}{PIL_{it}}\right)$$

$P\hat{I}pc_{it}$  = tasso di variazione percentuale del PIL pro capite del paese i-mo al tempo  $t$

$\frac{PILpc}{PILpcUS_{it}}$  = rapporto fra il PIL pro capite del paese i-mo e il PIL pro capite del paese leader (Stati Uniti) al tempo  $t$

$\frac{1}{2} \sum_{t=-1}^0 \frac{\hat{I}NV}{PIL_{it}}$  = media su due anni della variazione percentuale del rapporto fra investimenti fissi lordi e PIL del paese i-mo

$\frac{1}{3} \sum_{t=-2}^0 \frac{\hat{B}ERD}{N_{it}}$  = media su tre anni della variazione percentuale del rapporto fra BERD (Business Enterprise Research of Development) e numero di occupati del paese i-mo

$\Delta \frac{BC_j}{PIL_{it}}$  = variazione in punti percentuali del saldo della bilancia commerciale in rapporto al PIL nel comparto j-mo del paese i-mo

**distinzione  
tra crescita  
del reddito  
e dinamica  
dello  
sviluppo**

valutare  
l'effetto della  
"spesa di  
investimento"  
in funzione  
del  
cambiamento  
tecnologico

La prima delle variabili esplicative è rappresentativa dell'effetto *catching-up* al quale si è sopra accennato. Essa esprime le potenzialità di crescita dovute al divario dal paese alla "frontiera" tecnologico-economica (gli Stati Uniti nel caso specifico così come anche specificato in <sup>14</sup>) e alla conseguente opportunità di implementare nel proprio sistema socio-economico tecniche e modelli di produzione e di consumo già collaudati altrove. Il segno atteso di tale variabile è quindi negativo. È attesa, in altri termini, una relazione inversa fra il tasso di crescita di un paese e la prossimità del suo livello del reddito pro capite a quello del paese più sviluppato (ovviamente ciò si verifica solo in presenza di altre condizioni, non solo economiche).

La seconda variabile esplicativa, relativa alla spesa in investimenti fissi lordi, è stata costruita prendendo la media su due anni della variazione percentuale del rapporto fra investimenti e PIL per tenere conto sia di aspetti interpretativi, sia di più specifici problemi di stima. Come è largamente noto, quello degli investimenti è infatti l'aggregato macroeconomico del reddito nazionale più volatile ed è fortemente correlato alle fluttuazioni del PIL. Le decisioni di investimento riflettono, tra l'altro, le aspettative delle imprese circa l'evoluzione futura della domanda e dell'economia; è pertanto plausibile che la loro influenza sul PIL si protragga nel tempo. La considerazione di variabili ritardate degli investimenti accanto a quella contemporanea al reddito osservato avrebbe provocato, però, una perdita di gradi di libertà, un motivo, questo, che porta solitamente ad escludere i ritardi nei modelli di stima. La soluzione adottata nel presente lavoro è stata, quindi, quella di considerare una media mobile delle variazioni percentuali dell'indicatore su un intervallo di due anni. In questo modo, inoltre, si sono attenuati eventuali andamenti congiunturali.

La terza variabile esplicativa, la BERD, ossia la spesa in ricerca e sviluppo delle imprese, rapportata al numero di occupati, è specifica dell'"investimento *knowledge based*". Rispetto alla usuale spesa in investimento, essa manifesta i suoi effetti in un periodo più lungo mentre esibisce una più forte e significativa volatilità nel breve periodo. Per tali motivi in questo caso è stata presa in considerazione una media mobile delle variazioni percentuali dell'indicatore su tre anni.

In definitiva, con la selezione della spesa per investimenti e della spesa in R&S delle imprese elaborate nella forma dei suddetti indicatori si è inteso introdurre una componente composita di spesa che consentisse di valutare l'effetto articolato della "spesa di investimento" in ragione dell'importanza assunta dal cambiamento tecnologico.

L'ultima variabile esplicativa del modello, relativa al commercio internazionale, è riferita al saldo della bilancia commerciale quale vincolo alle potenzialità di crescita del paese, come più sopra discusso. A tale riguardo sono state prese in considerazione tre diverse versioni del saldo commerciale, a seconda del suo riferirsi *a)* alla totalità dei beni e servizi scambiati, *b)* ai soli beni manufatti (con l'esclusione dei prodotti energetici), *c)* ai beni manufatti ad alta tecnologia<sup>1</sup>. L'inclusione di specifiche alternative del saldo commerciale è funzionale alla verifica dell'esistenza di un "vincolo estero" sempre più collegato alla competitività del paese nelle produzioni ad alta tecnologia. Infine, affinché l'ipotesi di vincolo abbia una sua propria consistenza, il segno atteso per i coefficienti di stima si assume negativo, dovendo esprimere, per ogni dato valore del PIL, variazioni negative del saldo commerciale, a sua volta determinate da una più elevata elasticità alle importazioni.

La standardizzazione delle diverse variabili, introdotta per limitare l'influenza della dimen-

<sup>1</sup> Il comparto dei prodotti ad alta tecnologia è stato costruito sulla base della classificazione elaborata dall'Osservatorio ENEA sull'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale e da questo utilizzata per la redazione dei propri rapporti a cui si rimanda per una sua maggiore specificazione<sup>15-17</sup>.

sione del paese, è stata infine operata in ragione del significato di ogni indicatore, ma anche della significatività statistica delle variazioni prese in esame. Nel caso della BERD, in particolare, è stato utilizzato il rapporto rispetto al numero di occupati, essendo quest'ultima una grandezza più stabile e significativa dell'usuale rapporto BERD/PIL.

Tutti i dati macroeconomici utilizzati nella costruzione delle variabili sono stati tratti dall'"Economic Outlook" del Sourceoecd Database dell'OCSE e, per consentire valutazioni su base intertemporale depurate dagli effetti inflazionistici a livello generale e a livello paese, sono stati considerati ai prezzi costanti (1995) e in dollari alla parità del potere di acquisto.

Nel caso dei dati relativi ai saldi commerciali le elaborazioni sono state effettuate a partire dalla specifica sezione dell'OCSE dedicata al commercio internazionale (ITCS) sulla base della classificazione del commercio internazionale SITC Rev. 2 (Standard International Trade Classification). La selezione delle serie storiche del commercio in base alla SITC Rev. 2, codifica aggiornata nel 1988 attraverso la SITC Rev. 3, ha consentito infatti di elaborare omogeneamente i dati per tutto il periodo considerato. D'altra parte, l'obiettivo di effettuare valutazioni intertemporali lungo un così lungo periodo comporta dei limiti quanto più l'aggregato di riferimento è specifico ed ha una sua storicità. È questo il caso dell'aggregato di beni definito "ad alta tecnologia", rappresentato nello studio dal paniere elaborato nell'ambito dell'Osservatorio ENEA, sull'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale, che caratterizza assai meglio il periodo che ha inizio con gli anni 80. È tuttavia vero che diverse valutazioni sull'importanza che le produzioni ad alta tecnologia hanno acquisito nel tempo<sup>18,12</sup>, depongono a favore di una rappresentatività dell'*high-tech* intrinseca proprio a quest'ultima fase storica, a prescindere da scelte di paniere.

Tutti i dati sono relativi ad una serie temporale di 30 anni, coprendo il periodo che va dal 1968 al 1997. Questo periodo è stato poi suddiviso in due sottoperiodi di 15 anni ciascuno (1968-1982 e 1983-1997). Il primo sottoperiodo cerca di catturare la fase finale del *boom* economico degli anni 60 e i successivi *shock* petroliferi con la crisi dei modelli produttivi di massa e dell'organizzazione fordista dell'impresa e della società; il secondo periodo intende comprendere la ripresa dell'economia mondiale, pur caratterizzata da una certa divergenza nella crescita delle economie industrializzate, il progressivo affermarsi della rivoluzione elettronica e più recentemente delle telecomunicazioni, e, più in generale, il principio di una "svolta tecnologica" nei processi di trasformazione delle economie avanzate.

Sul piano della elaborazione statistica, le serie storiche disponibili hanno richiesto alcuni interventi nel caso della Germania. A partire dal 1991 i dati si riferiscono infatti alla Germania unita, mentre, prima di quella data, risultano distinte Germania Federale e Repubblica Democratica Tedesca. Poiché in via di principio il riferimento alla sola Germania Federale anche negli anni 90, o all'aggregazione dei dati della DDR a quelli della Germania Federale per gli anni precedenti, sarebbe stata un'operazione di scarsa utilità interpretativa, si è proceduto nel trattare il dato tedesco del 1991 come un *outlier*, sostituendolo con una sua stima. Altri valori anomali su cui si è intervenuti sono infine quelli relativi alle variazioni del PIL pro capite registrate in corrispondenza degli *shock* petroliferi.

## I risultati della stima

Prima di procedere con la stima del modello, è stata verificata la stazionarietà delle variabili considerate. L'utilizzo di una serie avente radice unitaria in un modello che non presenta cointegrazione fra le sue variabili causa infatti il problema della regressione spuria<sup>19,20</sup>. È possibile testare la stazionarietà di una serie di dati panel testando ciascuna serie tempo-

*la rappresentatività dell'high-tech è propria dell'ultima fase storica*

rale individuale che la compone, attraverso l'impiego di test tradizionali quali lo *standard Dickey-Fuller test*. Questo test presenta, però, una "bassa potenza", ovvero può far commettere l'errore di accettare la presenza di radice unitaria anche se questa non è presente. In questo lavoro si è quindi ricorso ad un test per radici unitarie per dati panel sviluppato da Levin & Lin, i quali hanno mostrato come, raggruppando i dati, la potenza del test cresca considerevolmente<sup>21</sup>. L'ipotesi nulla del test di Levin & Lin è che ciascuna serie temporale individuale contenga una radice unitaria. Sotto l'ipotesi alternativa la serie presa come panel è stazionaria. Per effettuare il test, in primo luogo i dati della serie panel devono essere trasformati in modo da rimuovere gli effetti specifici legati al paese e al tempo:

$$y_{i,t} = Y_{i,t} - \bar{Y}_i \quad \text{dove} \quad \bar{Y}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Y_{i,t}$$

e

$$x_{i,t} = y_{i,t} - \bar{y}_t \quad \text{dove} \quad \bar{y}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{i,t}$$

Si procede quindi alla stima del "Panel Dickey Fuller model" per vedere se è possibile rifiutare l'ipotesi nulla:

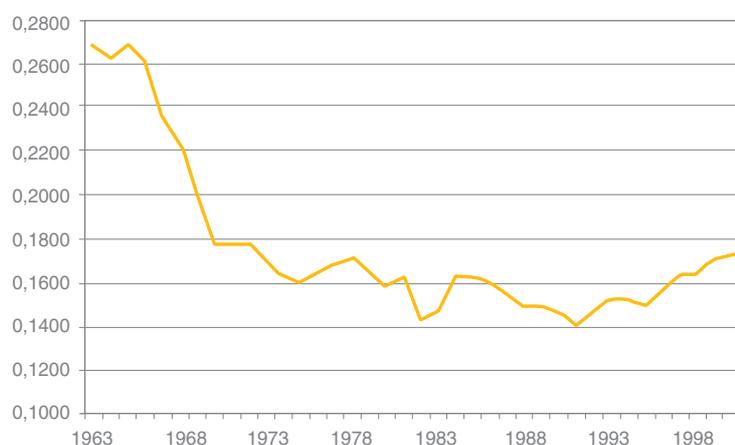
$$x_{it} = \rho x_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$$

Nel presente lavoro, essendo risultate stazionarie tutte le variabili del panel, si è proseguito con la stima del modello sui tre periodi precedentemente specificati.

Come si può notare dalle tabelle che espongono i risultati della stima per l'intero periodo osservato, il parametro della variabile che approssima l'effetto di *catching up* ha il segno negativo atteso e risulta altamente significativo. Tale risultato è, però, da imputarsi prevalentemente al primo sottoperiodo considerato. La fine degli anni 60 e gli anni 70 erano, infatti, ancora caratterizzati da un forte processo di convergenza del PIL pro capite fra i G6, mentre, a partire dagli anni 80, ma soprattutto nel corso degli anni 90, tale processo sembra aver invertito il *trend* (figura 1).

Questo fenomeno può essere un segnale dell'esaurimento graduale della forza propulsiva dei modelli produttivi e di consumo di massa che avevano caratterizzato l'espansione degli anni 60 e della progressiva affermazione dei nuovi modelli post-fordisti che si sono delineati nel contesto di scenari tecnologici sempre più complessi, a partire dalle ondate tecnologiche determinate dalla "rivoluzione" dell'elettronica e dell'informatica. Seguendo questa

**Figura 1**  
Coefficiente di variazione del PIL pro capite (G6)



interpretazione, è possibile che i paesi considerati abbiano sperimentato una capacità di adattamento al nuovo contesto differenziata.

Nello specifico delle stime relative ai due sottoperiodi i risultati mostrano la significativa influenza esercitata dagli investimenti in R&S a partire dagli anni 80, mentre gli effetti relativi alla consueta spesa in investimento del settore privato appaiono più deboli e distribuiti nel tempo. Nel passaggio dal primo al secondo sottoperiodo si afferma, in altri termini, un nuovo modello di crescita delle economie industrializzate in base al quale da inseguitori tec-

Variabile	a	b	c
<i>Catching-up</i>	-11.99326***	-13.08483***	-11.63043***
Investimenti	23.45601***	23.34188***	25.24909***
Spesa in R&S	8.50825***	9.79278***	10.82378***
Saldo comm. totale	-47.43699***		
Saldo comm. manif.		-53.97832***	
Saldo comm. high-tech			-61.61042
<b>Effetti fissi</b>			
Francia	11.14839***	11.89604***	10.75189***
Regno Unito	9.62562***	10.21822***	9.34053***
Germania	12.16647***	13.09103***	11.83668***
Italia	10.92747***	11.72886***	10.50427***
USA	13.92101***	14.95658***	13.51774***
Giappone	12.03909**	12.75794***	11.57132**
R <sup>2</sup> corretto	0.5485	0.5392	0.5110
F-value	25.02	24.28	21.79
Significato della F	(0.000)	(0.000)	(0.000)
F test per l'assenza di effetti fissi	(0.000)	(0.000)	(0.000)

Significatività delle statistiche t:  
 \* al livello del 10%  
 \*\* al livello del 5%  
 \*\*\* al livello dell'1%

**Tabella 1**

Risultati della regressione del panel per il periodo completo 1968-1997

Variabile	a	b	c
<i>Catching-up</i>	-25.52397***	-28.37686***	-25.24217***
Investimenti	26.63857***	26.75368***	27.14653***
Spesa in R&S	-3.07681	-1.50869	1.77867
Saldo comm. totale	-79.35596***		
Saldo comm. manif.		-88.93214***	
Saldo comm. high-tech			-21.563
<b>Effetti fissi</b>			
Francia	22.76605***	24.86282***	22.32688***
Regno Unito	18.59296***	20.08332***	18.15640***
Germania	24.96054***	27.50938***	24.50406***
Italia	21.42158***	23.24899***	20.81789***
USA	27.40340***	30.15467***	27.06666***
Giappone	22.72212***	24.56132***	21.90772***
R <sup>2</sup> corretto	0.6763	0.6585	0.5922
F-value	21.43	20.07	15.36
Significato della F	(0.000)	(0.000)	(0.000)
F test per l'assenza di effetti fissi	(0.000)	(0.000)	(0.000)

Significatività delle statistiche t:  
 \* al livello del 10%  
 \*\* al livello del 5%  
 \*\*\* al livello dell'1%

**Tabella 2**

Risultati della regressione del panel per il primo periodo 1968-1982

nologici i diversi paesi si trasformano in competitori tecnologici di pari dignità e legano la propria *performance* economica alla forza in quanto competitori tecnologici. Si afferma, quindi, un modello di crescita in cui non esistono più "rendite" da inseguimento, ma i risultati sono determinati dalla capacità di esprimere una competenza tecnologica<sup>22</sup>. Sotto questo profilo particolarmente significativo appare il parametro associato all'effetto del vincolo estero in quanto si segnala un aumento dello stesso nell'ambito del comparto manifatturiero e nell'alta tecnologia, mentre il saldo commerciale totale nel secondo sottope-

**Tabella 3**

Risultati della regressione del panel per il secondo periodo 1983-1997

Variabile	a	b	c
Intercetta	1.46831*	1.56356*	1.51651*
<i>Catching-up</i>	0.49600	0.35053	0.43856
Investimenti	24.28984***	24.02990***	23.92335***
Spesa in R&S	9.67812***	9.82498***	8.76358***
Saldo comm. totale	-20.75978		
Saldo comm. manif.		-30.11291*	
Saldo comm. <i>high-tech</i>			-42.8301*
R <sup>2</sup> corretto	0.4824	0.4884	0.5030
F-value	21.74	22.24	23.52
Significato della F	(0.000)	(0.000)	(0.000)

Significatività delle statistiche t:  
 \* al livello del 10%  
 \*\* al livello del 5%  
 \*\*\* al livello dell'1%

riodo perde addirittura di significatività statistica. L'interesse per tale risultato deriva peraltro, indirettamente, da evidenze relative alle elasticità all'*export* e all'*import* in diversi "regimi" di crescita<sup>23</sup>. In sistemi economici con tassi di crescita relativamente elevati è possibile infatti riscontrare elasticità all'*export* relativamente più elevate ed elasticità all'*import* relativamente più ridotte.

Gli esiti della stima non devono inoltre mancare degli importanti riferimenti alla complessiva qualità esplicativa del modello. L'adattamento del modello (test R<sup>2</sup> corretto e test F) è infatti leggermente inferiore nel secondo sottoperiodo.

Particolarmente evidente è poi la diversità, specifica della stima panel, del cosiddetto "effetto paese".

Il confronto tra un modello "ad effetti fissi", quale è quello che scaturisce dalla stima relativa al primo periodo osservato, ed un modello "ad effetti casuali", quale è quello indicato come significativo nell'ambito del secondo periodo in base al test di Hausman costruito per questo tipo di verifica<sup>24,25</sup>, mette in luce infatti la maggiore complessità relativa al modo in cui l'importanza della specificità a livello nazionale gioca il proprio particolare ruolo. Tale complessità è attribuibile anche a fattori non spiegati nel modello, ivi inclusi quelli connessi alle diverse forme di specializzazione tecnologica che, proprio per la natura delle nuove dinamiche innovative ed economiche, assumono un ruolo preminente<sup>26</sup>.

A questo proposito è analogamente a quanto esplicitato per la dinamica del reddito pro

**Figura 2**

Coefficiente di variazione della spesa BERD per occupato (G6)



capite in figura 1, un fenomeno di tendenziale divergenza interessa sul finire degli anni 90 anche il rapporto tra spesa BERD e numero di occupati (figura 2).

A ciò sembra parallelamente accostarsi un fenomeno di tendenziale "polarizzazione tecnologica" dei paesi – valutata in base alla quota di spesa BERD nei settori *high-tech* effettuata da ciascun paese rispetto al totale del G6 – dopo una lunga fase di convergenza (figura 3). La dinamica relativa alla media rispetto ai G6 delle quote BERD dei singoli settori *high-tech* rispetto al totale della BERD del manifatturiero, risulta, invece, rappresen-

tativa di un processo di convergenza più accentuato rispetto a quello registrato lungo la dimensione dei paesi (figura 3) e, dunque, di una minore “polarizzazione”.

Prevale così una dinamica di emersione di più fronti tecnologici (non solo le tecnologie ICT, ma anche quelle dell'industria farmaceutica e degli strumenti di precisione come mostrato già più in dettaglio in<sup>1</sup> e diversamente da quanto argomentato in<sup>27</sup>) e, quindi, scenari tecnologici non solo più complessi di quelli che hanno dato avvio alla “parabola del *catching up*”, ma anche di quelli di più recente origine.

In definitiva la più debole risposta dell'adattamento complessivo del modello nel secondo sottoperiodo, le indicazioni che possono essere tratte dalla stima di effetti “casuali” per quanto riguarda la componente paese e il forte rilievo delle componenti tecnologiche nel secondo sottoperiodo, sembrano sottolineare la necessità di dover comprendere ancora meglio nelle valutazioni di stima gli effetti della “componente tecnologica” (naturalmente, in senso lato) sulla dinamica dello sviluppo economico.

## Conclusioni

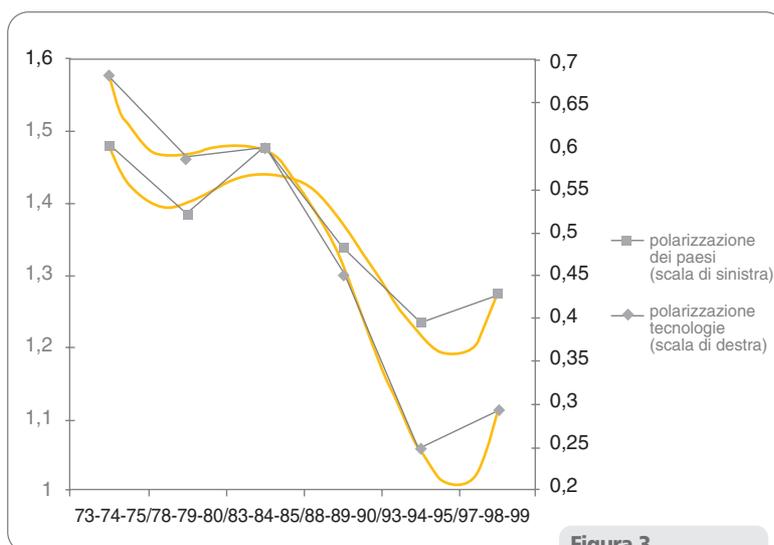
La prima conclusione che può trarsi dal lavoro presentato è costituita dalla rilevazione della profonda rottura, o meglio, dall'accentuato cambiamento strutturale che ha caratterizzato i modelli di crescita del reddito pro capite e quindi di sviluppo delle sei maggiori economie mondiali negli ultimi trenta anni.

Il secondo risultato che va evidenziato è rappresentato dal crescente ruolo giocato nei nuovi modelli di sviluppo dalla conoscenza e dall'innovazione, indice della crescente sofisticazione raggiunta dalle soluzioni produttive adottate da tali sistemi economici.

Sotto questo punto di vista il dato del cambiamento strutturale deve intendersi non già come un semplice accentuarsi della componente tecnologica nel processo di sviluppo, ma come l'avvio di un processo nel quale caratteristiche del sistema produttivo e soluzioni tecnologiche entrano in una corrispondenza sempre più articolata e complessa mettendo in risalto, proprio per questo, il ruolo sempre più decisivo del Sistema Paese.

I risultati del modello, insieme alla lettura che proviene dalla rilevazione, nell'ultimo decennio, di una tendenza alla divergenza nelle dinamiche di crescita del PIL pro capite dei G6, sembrano indicare l'esaurimento di una fase di “crescita facile”, basata sull'inseguimento del paese innovatore, e la crescente rilevanza delle capacità innovative su base nazionale ai fini del mantenimento e miglioramento dei livelli relativi di reddito pro capite.

Sebbene tali indicazioni si esauriscano sul piano di variabili relativamente aggregate, la significatività dei risultati, inclusi quelli che evidenziano una maggiore problematicità del ruolo dei singoli paesi rispetto all'avvio di particolari traiettorie di sviluppo, tende a sottolineare l'importanza di una adeguata competitività tecnologica diffusa, in mancanza della quale il *gap* fra le dinamiche di crescita non può che ampliarsi.



**Figura 3**

Spesa BERD - Polarizzazione della specializzazione a livello di paese (gruppo G6) nell'aggregato *high-tech* e dei diversi “fronti tecnologici” in base alle quote (media G6) dei singoli comparti *high-tech* sulla spesa BERD manifatturiera

## Bibliografia

1. PALMA D., COLETTA G., ZINI A., *Sviluppo Tecnologico e Dinamiche Economiche nei Paesi Industrializzati*, Energia, Ambiente e Innovazione, n. 5, 2003.
2. SYLOS LABINI P., Intervista in RONCAGLIA A., *Schumpeter – È Possibile una Teoria dello Sviluppo Economico?*, Banca Popolare dell'Etruria – Studi e Ricerche, 1987.
3. PASINETTI L., *Dinamica Economica Strutturale – Un'Indagine Teorica sulle Conseguenze Economiche dell'Apprendimento Umano*, Il Mulino, 1993.
4. FAGERBERG J., *Technology and International Differences in Growth Rates*, Journal of Economic Literature, v. 32, 1994.
5. VERSPAGEN B., *Convergence in the Global Economy. A Broad Historical Viewpoint*, Structural Change and Economic Dynamics, v. 6, 1995.
6. FAGERBERG J., VERSPAGEN B., *Technology – Gaps, Innovation-Diffusion and Transformation: an Evolutionary Interpretation*, Research Policy, v. 31, 2003.
7. MELICIANI V., SIMONETTI R., *Specialization in Areas of Strong Technological Opportunity and Economic Growth*, in Eliasson, G. Green, C. and McCann, C. (eds), *Microfoundations of Economic Growth: A Schumpeterian Perspective*, Ann Arbor: University of Michigan Press, 1998.
8. PASINETTI L., *Structural Change and Economic Growth – A Theoretical Essay on the Dynamics of the Wealth of Nations*, Cambridge University Press, 1981.
9. FAGERBERG J., *Technological Progress, Structural Change and Productivity Growth: a Comparative Study*, Structural Change and Economic Dynamics, v. 11, 2000.
10. Thirwall A.P., *The Balance of Payment Constraint as an Explanation of International Growth Rate Differences*, Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review, v. 128, 1979.
11. McCombie J.S.L., *Economic Growth, Trade Interlinkages, and the Balance-of-Payments Constraint*, Journal of Post Keynesian Economics, v. 15, n. 4, 1993.
12. FAGERBERG J., GUERRIERI P., VERSPAGEN B., *The Economic Challenge for Europe. Adapting to Innovation Based Growth*, Edward, Elgar Publishing, 1999.
13. VERSPAGEN B., *The Evolution of Productivity Gaps*, ECIS Wp., 2000.
14. LAURSEN K., *How Structural Change Differs and Why it Matters (for Economic Growth)*, DRUID Wp. N. 25, 1998.
15. AMENDOLA G., PERRUCCI A. (a cura di), *L'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale*, Franco Angeli, 1995.
16. FERRARI S., GUERRIERI P., MALERBA F., MARIOTTI S., PALMA D. (a cura di), *L'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale*. Secondo Rapporto, Franco Angeli, 1999.
17. FERRARI S., GUERRIERI P., MALERBA F., MARIOTTI S., PALMA D. (a cura di), *L'Italia nella Competizione Tecnologica Internazionale*. Terzo Rapporto, Franco Angeli, 2002.
18. GUERRIERI P., MILANA C., *L'Italia e il Commercio Mondiale – Mutamenti e Tendenze nella Divisione Internazionale del Lavoro*, Il Mulino, 1990.
19. GRANGER C.W.J., *Developments in the Study of Cointegrated Economic Variables*, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, v. 26, 1986.
20. GRANGER C.W.J., ENGLE, R.F., *Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing*, Econometrica, v. 55, 1987.
21. BERNHARDSEN T., *The Relationship between Interest Rate Differentials and Macroeconomic Variables: a Panel Data Study for European Countries*, Journal of International Money and Finance, v.19, 2000.
22. ANTONELLI C., Intervento al Convegno *Una politica industriale contro il declino*, Atti del Convegno, Roma, 2003.
23. KRUGMAN P., *Differences in Income Elasticities and Trends in Real Exchange Rates*, European Economic Review, v. 33, 1989.
24. HAUSMAN J.A., *Specification Tests in Econometrics*, Econometrica, v. 46, 1978.
25. HAUSMAN J.A., TAYLOR W.E., *Panel Data and Unobservable Individual Effects*, Econometrica, v. 49, 1981.
26. DALUM B., LAURSEN K., VERSPAGEN B., *Does Specialization Matter for Growth?*, Industrial and Corporate Change, v. 8, 1999.
27. VERSPAGEN B., *Growth and Structural Change: Trends, Patterns and Policy Options*, ECIS Wp., 2000.

# Una **modellistica** dell'inquinamento da traffico veicolare in area urbana

**GABRIELE ZANINI**  
**FABIO MONFORTI**  
**ELISIA NARDINI**

**ENEA**

UTS Protezione  
e Sviluppo dell'Ambiente  
e del Territorio, Tecnologie Ambientali

La mobilità privata, non sempre accompagnata da un adeguato sviluppo delle infrastrutture di supporto, è divenuta il problema più importante per la qualità dell'aria nelle aree urbane. La costruzione e l'applicazione di una metodologia modellistica può costituire un valido supporto alla pianificazione della mobilità e un efficace strumento di valutazione della qualità dell'aria

studi & ricerche

## *A new method for **modelling pollution** generated by urban traffic*

### **Abstract**

*In last decades air pollution has become a major problem in urban areas, because of increased private mobility, often without accompanying developing of transport infrastructures.*

*In this work the structure and some application examples of a model-based method for the urban air quality assessment are presented and discussed. The model system is expected to be an useful tool both for mobility planning and air quality assessment*

La composizione dell'atmosfera viene continuamente alterata, sia a livello locale sia, nel tempo, su scala globale dall'insieme delle sostanze, di origine naturale o antropica, che in essa sono rilasciate.

In questi ultimi anni la qualità dell'aria, principalmente degli agglomerati urbani, è diventata oggetto di grande attenzione sia da parte dell'opinione pubblica sia del legislatore. Le città costituiscono un sistema ad alta antropizzazione, caratterizzate da un'elevata concentrazione di abitanti in uno spazio che solitamente si contraddistingue per un notevole accentramento di attività umane. Attività che inevitabilmente vanno ad influire negativamente sulla qualità dell'aria. In questo contesto gli impianti finalizzati alla trasformazione dell'energia costituiscono un massiccio apporto di sostanze inquinanti di origine antropica.

L'impatto ambientale di tali attività non è limitato solo al rilascio di sostanze in atmosfera, ma interessa altri aspetti, come la qualità delle acque di scarico, il rilascio di calore all'esterno, il livello delle emissioni sonore, che però esulano dal contesto del presente lavoro. Fra di esse spiccano, nelle aree urbane, le attività legate al trasporto, privato o collettivo, all'interno delle città o

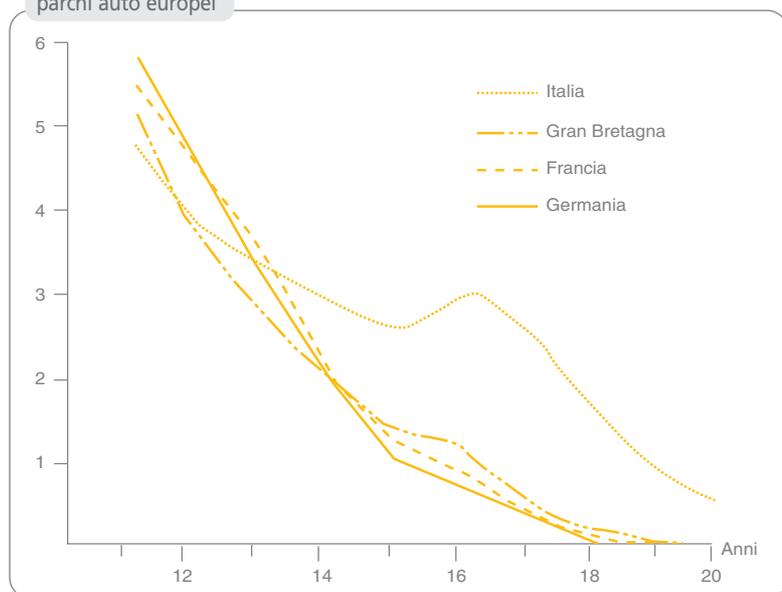
da/verso le aree urbane stesse. Il ruolo del sistema dei trasporti sta assumendo un'importanza crescente nelle società moderne, e di conseguenza sono sempre più evidenti e rilevanti i problemi connessi con la sua gestione. La mobilità ha notevoli ripercussioni sul piano socio-economico di ogni paese: in particolare l'ottimizzazione della gestione e della efficienza del trasporto, e la riduzione del suo impatto sull'ambiente circostante, sono tematiche di primo piano del dibattito politico<sup>1</sup>.

In Italia si è osservata la crescita continua del numero di veicoli circolanti, cui però non è corrisposta una sufficiente crescita delle infrastrutture urbane. Se a ciò si aggiunge una diffusa inadeguatezza del servizio del trasporto pubblico, pur in via di miglioramento in molte aree, si comprende facilmente come nelle città italiane il problema sia particolarmente sentito.

Purtroppo l'Italia si contraddistingue, nell'ambito dell'Unione Europea, per un parco circolante piuttosto vetusto che presenta una notevole presenza di auto con età media superiore a 10 anni ed in stato manutentivo scadente; inoltre la percentuale dei veicoli con oltre 16 anni è molto maggiore in Italia di quella media calcolata a scala europea (figura 1). Come ovvio, questo tipo di veicoli è caratterizzato da maggiori emissioni e consumi, oltre che da minore sicurezza (figura 2).

La situazione italiana è ulteriormente aggravata dalla stessa conformazione dei centri urbani, che risente della loro evoluzione storica: le strade, in genere di piccole dimensioni, sono spesso intasate dal traffico e sono percorse a velocità basse con frequenti *stop and go* che provocano un maggior rilascio di inquinanti rispetto a condizioni di traffico scorrevole. Inoltre nelle città si presenta sempre più pressante il problema della sosta dei veicoli e spesso l'automobilista deve compiere una lunga ricerca per trovare uno spazio libero adibito al parcheggio, provocando un notevole incremento dei consumi e delle emissioni

**Figura 1**  
Percentuali di auto di età superiore ai 10 anni in alcuni parchi auto europei



Fonte: Di LORENZO A., *Carburanti, autoveicoli e ambiente: gli attori e i registi*, Energia, 3/94, pag. 57.

che si aggiungono a quelle dovute al traffico vero e proprio<sup>2</sup>.

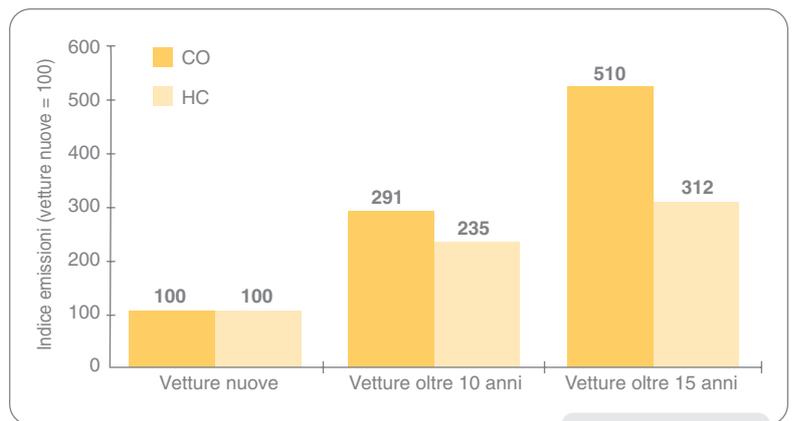
Diventa quindi urgente fornire ai manager ambientali degli strumenti che possano supportare le decisioni e che, in particolare, consentano di valutare gli effetti, a breve e medio termine, delle disposizioni normative sull'effettivo stato della qualità dell'aria. Per questo motivo, nell'ambito dell'Unità Tecnico-Scientifica Protezione e Sviluppo dell'Ambiente e del Territorio, la Sezione di Metodi di Progettazione Innovativi dell'ENEA ha dato vita, a partire dal 2001, ad una struttura modellistica che, a partire dalla richiesta di mobilità potesse permettere di valutare l'impatto delle emissioni da traffico sulla qualità dell'aria urbana.

Tale *suite* modellistica sarà descritta nei prossimi paragrafi, dopo un *excursus* sui principali temi coinvolti nello studio della qualità dell'aria in area urbana.

### L'inquinamento atmosferico e la qualità dell'aria urbana

Nell'atmosfera di un centro urbano è possibile rintracciare tutte le numerose sostanze attualmente definite inquinanti, siano esse in forma gassosa o di aerosol, cioè di particelle (liquide o solide) in sospensione. L'azione nociva di una sostanza inquinante sugli organismi viventi o sui manufatti esposti all'atmosfera o più in generale sull'ambiente, è strettamente connessa con l'*esposizione* del bersaglio all'inquinante medesimo, grandezza che a sua volta è funzione della *concentrazione* e del tempo di contatto.

Essenzialmente si distinguono due tipi di esposizione: *acuta* (a concentrazioni elevate per un tempo breve) e *cronica* (a concentrazioni relativamente basse, ma per lunghi periodi di tempo). Fatti salvi alcuni episodi di particolare gravità, l'esposizione nei grandi centri urbani e delle zone industriali appartiene solitamente alla seconda categoria. A una data esposizione possono corrispondere *effetti* differenti secondo le caratteristiche del bersaglio (ad esempio,



Fonte: DI LORENZO A., *Carburanti, autoveicoli e ambiente: gli attori e i registi*, Energia, 3/94, pag. 57.

**Figura 2**  
Emissioni relative di CO e idrocarburi per autoveicoli di tre fasce di età

per un essere umano, la condizione fisica, l'età, la presenza di un'eventuale patologia polmonare o cardiaca e così via). Inoltre in atmosfera non si ha la presenza isolata di singoli composti inquinanti, ma di miscele degli stessi, all'interno delle quali le sostanze possono interagire in varia maniera tra loro e con il bersaglio<sup>3</sup>.

### Inquinamento atmosferico da motori termici

I combustibili fossili costituiscono attualmente la maggior fonte di energia utilizzata per realizzare la mobilità urbana pubblica e privata. Questi combustibili sono di origine organica, provenendo da una lentissima trasformazione di resti di sostanze vegetali ed animali intrappolate nel sottosuolo e contengono prevalentemente carbonio (C) e idrogeno (H), cui si aggiungono in minori quantità ossigeno (O), zolfo (S), azoto (N), sostanze solide incombustibili, dette anche ceneri, ed una percentuale di umidità variabile.

Il contenuto energetico di tali combustibili viene convertito in una forma utilizzabile attraverso la combustione, processo che richiede un combustibile e un comburente: il comburente, o ossidante, utilizzato è in genere l'ossigeno contenuto nell'aria che deve essere miscelato con il combustibile. La stragrande maggioranza dei veicoli circolanti in Italia è alimentata a benzina e a

gasolio, mentre gli altri combustibili, detti alternativi, quali il gas naturale, il GPL, il BioDiesel e i cosiddetti "gasoli bianchi", di recente nascita, hanno ancora una limitata diffusione, sebbene in crescita.

#### *La classificazione delle emissioni veicolari*

L'attività di analisi e di studio delle emissioni associate al settore del trasporto in Europa è iniziata negli anni 70. Oggigiorno essa è principalmente condotta dall'European Topic Centre of Air Emissions (ETC/AE), Centro di studio che è in stretta comunicazione con le autorità governative delle varie nazioni europee, il cui obiettivo principale è redigere degli inventari annuali delle emissioni antropiche, sia totali che suddivise per tipologie di sorgente (progetto CORINAIR: CORE INventory of AIR Emissions). Nell'ambito CORINAIR, come si è visto all'inizio del paragrafo, le emissioni dei veicoli a motore sono raggruppate in tre tipologie<sup>18</sup>:

- A. *Hot emissions*: le emissioni del veicolo in moto, funzione della velocità, dell'accelerazione e di numerosi altri parametri;
- B. *Cold-start extra emissions*: le emissioni liberate durante la fase di riscaldamento del motore, dopo una partenza a freddo, spesso espresse come frazione delle emissioni a caldo, in base alla porzione del tragitto interessato dal riscaldamento del motore rispetto a quello complessivo;
- C. *Evaporative emissions*: le emissioni di tipo evaporativo, la cui composizione è legata a quella del combustibile e costituite per la maggior parte da VOC (Volatile Organic Compounds – Composti Organici Volatili). A loro volta suddivise in *diurnal losses*, dovute all'innalzamento giornaliero della temperatura esterna, *hot soak losses*, emissioni di arresto del veicolo, dovute al raffreddamento del motore, *running losses*, perdite evaporative durante la marcia del veicolo, per effetto del calore prodotto dal

motore in moto e *filling losses*, perdite di vapori di combustibile durante le operazioni di riempimento del serbatoio.

Le perdite diurne e le *Hot Soak* costituiscono la parte preponderante delle perdite evaporative totali. Per contenerne l'entità, i veicoli di più recente produzione sono muniti di canister a carboni attivi, atti a adsorbire i vapori che tendono a fuoriuscire dal serbatoio e dai sistemi di alimentazione quando il motore è caldo. Inoltre, nei centri di distribuzione dei combustibili per i veicoli si va via via adottando l'uso di manichette a recupero vapori.

#### *Composizione delle emissioni veicolari*

Nel seguito si riassumerà brevemente l'origine dei principali composti inquinanti (gassosi e particolati) emessi dai veicoli mossi da motori a combustione interna.

*Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)* – Durante la combustione gli atomi di carbonio vengono ossidati producendo CO<sub>2</sub>, che viene rilasciata in tempo breve. La concentrazione di CO<sub>2</sub> nei gas di scarico è un importante indice dell'efficienza con cui avviene il processo: il rendimento di combustione è, infatti, direttamente proporzionale alla quantità di CO<sub>2</sub> emessa. La CO<sub>2</sub> è un gas stabile con una permanenza in atmosfera non trascurabile, valutata vicina ai 15 anni. Poiché questo gas viene prodotto in quantità sempre crescenti, se ne sta osservando un accumulo in atmosfera con possibili ripercussioni sul clima globale<sup>4</sup>.

*Monossido di carbonio (CO)* – Gas incolore e inodore, che si sviluppa in caso di combustione imperfetta e incompleta di sostanze contenenti carbonio. Il CO è molto reattivo, per cui la sua permanenza nell'atmosfera è limitata a qualche ora. Il parametro che condiziona l'entità delle emissioni del CO è il rapporto  $\alpha$  = aria/combustibile. Il monossido di carbonio è infatti prodotto in rilevanti quantità nelle combustioni di miscele ricche (cioè in eccesso di combustibile rispetto all'apporto di ossigeno), nelle quali scarseggia l'ossigeno libero.

**Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)** – Comprendono l'ossido (NO) ed il biossido (NO<sub>2</sub>): nella combustione viene prodotto in massima parte il primo (che è più stabile ad alta temperatura), che successivamente si ossida nell'atmosfera. La formazione di questi ossidi è legata alla presenza dell'azoto nel combustibile e nell'aria comburente<sup>5</sup>. In particolare sono stati individuati tre meccanismi che portano alla formazione di NO<sub>x</sub><sup>6</sup>: NO<sub>x</sub> termici (meccanismo di Zel'dovich), Prompt NO<sub>x</sub>, Fuel NO<sub>x</sub>. In camera di combustione il monossido di azoto si ossida a NO<sub>2</sub> man mano che ci si allontana dalla zona di fiamma, poiché la temperatura si abbassa. Nel complesso si può osservare come l'andamento della concentrazione degli NO<sub>x</sub> emessi in un processo di combustione dipenda principalmente dalla concentrazione di ossigeno molecolare e dalla temperatura, e quindi dal rapporto  $\alpha$  (rapporto aria di alimentazione/combustibile)<sup>7</sup>.

**Idrocarburi (HC) e composti organici volatili (VOC)** – Comprendono un numeroso gruppo di alcune centinaia di sostanze organiche, presenti in atmosfera in forma di gas o di particelle liquide. Si tratta di composti generalmente presenti nel combustibile che sopravvivono alla combustione nelle zone in cui la composizione e le condizioni fisiche della miscela impediscono l'ossidazione di parte del combustibile (spegnimento o *quencing*), soprattutto quando la combustione è condotta in regime magro (ovvero in situazioni in cui prevale l'aria immessa sul combustibile introdotto). A causa della loro volatilità, gli idrocarburi e i VOC costituiscono inoltre la maggior parte delle emissioni di tipo evaporativo, emissioni la cui intensità viene ovviamente a dipendere dalle condizioni climatiche dell'ambiente, con un massimo nei mesi estivi. Fra di essi spiccano il benzene, l'1-3 butadiene e gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)<sup>8</sup> per la loro tossicità e per la loro accertata cancerogenicità.

**Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)** – Il benzene è un gas in-

colore, caratterizzato da un tipico odore: tra gli idrocarburi aromatici ha la composizione più semplice. È molto volatile e infiammabile: la sua molecola è costituita per il 92,3% in peso di carbonio e per la restante parte da idrogeno, e possiede una tipica struttura anulare planare. Rispetto agli altri idrocarburi, il benzene è poco reattivo ed è stabile dal punto di vista fotochimico. Permane in atmosfera mediamente qualche giorno prima di venire rimosso. Esistono numerosi processi industriali che presentano come sottoprodotto il benzene, ma la sua fonte antropica più rilevante è data dai processi di manipolazione, lavorazione e combustione dei combustibili fossili, tramite i quali può venire liberato nell'atmosfera per fenomeni evaporativi, oppure insieme ai gas di scarico sia come incombusto sia come prodotto vero e proprio del processo di combustione. La presenza del benzene all'interno dei carburanti non dipende solo dalla loro composizione originaria. Esso viene infatti addizionato alle benzine con lo scopo di sostituire i composti del piombo con altre sostanze antidetonanti mantenendo sempre sufficientemente elevato il numero di ottano, come nella benzina senza piombo (detta comunemente benzina verde) comparsa in Italia negli anni 80 del secolo scorso, che poteva contenere fino al 5% in volume di benzene (CEE 85/210). Con la scoperta della pericolosità del benzene e l'accertamento della sua cancerogenicità, i limiti massimi per questo composto si sono fatti sempre più restrittivi e oggi il valore massimo consentito in Italia è 1% in volume (legge 413). Per mantenere ugualmente alto il livello ottanico e nello stesso tempo contenere la quantità di idrocarburi aromatici presenti, negli ultimi tempi si sta prendendo in considerazione l'aggiunta di composti ossigenati come MTBE e ETBE, che però possono essere immessi nelle benzine in quantità limitata e a costi maggiori rispetto agli idrocarburi aromatici.

*1-3 butadiene* ( $C_4H_6$ ) – A temperatura ambiente è anch'esso un gas, incolore, facilmente infiammabile, e con un tipico aroma pungente e anche per esso è stata dimostrata la capacità cancerogena. Questa sostanza è più reattiva del benzene, e la sua degradazione in aria dà origine ad altre sostanze tossiche. L'1-3 butadiene proviene principalmente da fenomeni di combustione incompleta di combustibili fossili, mentre nel suo caso le emissioni di tipo evaporativo sono trascurabili poiché, per esigenze tecnologiche e motoristiche, i combustibili liquidi sono ricavati in modo da minimizzarne la quantità. La maggior parte di 1-3 butadiene liberata in atmosfera è da attribuire alle partenze a freddo del veicolo<sup>8</sup>. Esso può essere facilmente rimosso dai gas di scarico per mezzo di un efficiente catalizzatore trivalente. Non sono conosciute fonti naturali che ne provocano il rilascio.

*Idrocarburi policiclici aromatici* (IPA) – Sono idrocarburi con due o più anelli aromatici. Provengono da un'incompleta combustione delle sostanze organiche e sono estremamente affini con il particolato carbonioso, che ne può accrescere la pericolosità e gli effetti (comportamento sinergico).

*Piombo* (Pb) – Il piombo è una sostanza che viene liberata nell'atmosfera combinata spesso con altri elementi. La più rilevante tra le fonti antropiche è la combustione di combustibili fossili, in particolare benzine additivate. In passato per elevare le caratteristiche antidetonanti delle benzine e quindi il numero di ottano, si è intervenuto aggiungendo ad esse quantità di piombo tetraetile e piombo tetrametile (composti piombo-alchilici). Per abbattere le emissioni in atmosfera di questa sostanza si sono adottate benzine prive di piombo, con l'uso di additivi antidetonanti di altro genere<sup>9</sup>.

*Particolato sospeso totale* (PST) – Con tale denominazione si indica usualmente l'insieme di tutte le particelle, solide o liquide,

che si trovano in sospensione nell'atmosfera (aerosol). La composizione, le sorgenti e le caratteristiche di tali particelle sono molteplici, ivi incluse numerose sorgenti naturali che, tuttavia, liberano in aria particelle meno pericolose rispetto a quelle liberate dalle attività antropiche<sup>10</sup>. Tra queste ultime predominano il settore dei trasporti e i processi di combustione in genere<sup>8</sup>. Nella combustione, la formazione di particolato è un processo indesiderato che avviene in zone con carenza di ossigeno e quindi è sintomo di una combustione incompleta. Il processo fisico-chimico che origina tali particelle (pirolisi) consiste nella deidrogenazione degli idrocarburi che tendono, successivamente, ad aggregarsi in piccoli nuclei solidi, che a loro volta si accrescono attraverso reazioni di condensazione ed addizione arrivando a contenere fino a migliaia di atomi di C. Questo fenomeno è favorito dalla presenza di alte temperature, di un ambiente riducente (cioè privo di ossigeno) e dall'uso di combustibili complessi. Dal punto di vista sanitario sono molto pericolose le particelle fini  $PM_{10}$ , ovvero con diametro  $< 10 \mu m$ , e  $PM_{2,5}$  con diametro  $< 2,5 \mu m$ .

*Biossido di zolfo* ( $SO_2$ ) – È un gas incolore che si forma nei processi di combustione esclusivamente a causa della presenza di zolfo nel combustibile impiegato. L'apporto associato ai trasporti su strada risulta minore rispetto a quello dovuto ad altre fonti antropiche. Inoltre, l'andamento della concentrazione degli ossidi di zolfo in atmosfera, osservato in questi ultimi anni, è decrescente grazie alla sempre maggiore diffusione di combustibili a basso tenore di zolfo o desolforati.

*Ozono* ( $O_3$ ) – L'ozono è un ossidante estremamente reattivo, presente principalmente nella stratosfera, ove si genera per fenomeni di dissociazione fotochimica dell'ossigeno molecolare ed assolve il delicato compito di proteggere la terra dai raggi ultravioletti.

letti che provengono dal sole. L'ozono troposferico è un inquinante secondario, prodotto cioè da reazioni chimiche cui partecipano emissioni antropogeniche e sostanze che sono naturalmente presenti in atmosfera<sup>11</sup>. In atmosfera in presenza di ossigeno libero e di ossidi di azoto si innesca naturalmente un ciclo di reazioni che coinvolgono tali sostanze e che ha come prodotto intermedio l'ozono e che si chiuderebbe con la distruzione dell'ozono per opera del monossido di azoto. Se però nell'aria sono presenti alcune sostanze appartenenti alla categoria dei VOC (Volatile Organic Compounds), in presenza di radiazione solare, il ciclo si chiude con la reazione tra queste sostanze ed il monossido di azoto, con conseguente accumulo di ozono. Tra tutte le attività umane, il traffico veicolare è uno dei maggiori responsabili della produzione dei precursori dell'ozono. È possibile valutare il potenziale di formazione dell'ozono (PFO, definito come [mg] di O<sub>3</sub> formato per [mg] di VOC presente), che possiedono alcune sostanze organiche volatili. Alcuni esempi sono riportati nella tabella 1.

### Caratteristiche emissive dei motori termici

I motori termici si distinguono principalmente in base a come viene attivato il processo di combustione, tra *motori ad accensione comandata* (o a benzina, in cui l'innescò viene fornito da una scintilla) e *ad accensione spontanea* (o Diesel, in cui si sfrutta la proprietà di autoaccensione di un combustibile). Essi presentano caratteristiche costruttive diverse ed in particolare, poiché si realizzano due diversi processi di combustione, sono caratterizzati da emissioni differenti<sup>12</sup>.

#### *Motori ad accensione comandata*

In questo tipo di motori si immette nella camera di combustione una miscela aria-benzina, in genere stechiometrica e molto omogenea, che viene compressa dall'azione del pistone e poi accesa mediante una

Composto	PFO
Propano	0,48
N-butano	1,02
1,3 butadiene	10,89
Benzene	0,42
Toluene	2,73

Fonte: POLJZZI V., DESERTI M., FUZZI S., *Ozono e smog fotochimico*, Maggioli editore, ARPA, 1998, pag. 27.

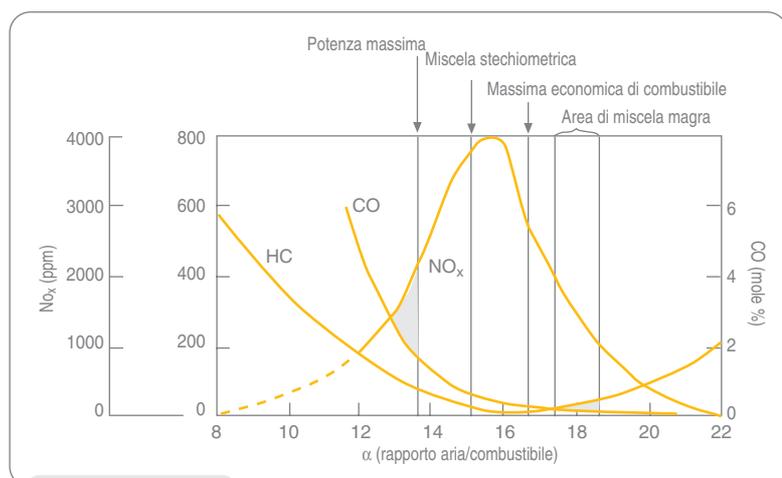
scintilla prodotta dalla candela. Poiché la combustione viene attivata dall'esterno, nella fase di compressione la miscela non deve raggiungere pressioni e temperature di autoaccensione.

In un processo di combustione premiscelata si può osservare come sulle pareti della camera si verificano fenomeni di *quencing*, ovvero di estinzione della fiamma e di spegnimento. Infatti le pareti, per varie esigenze, devono essere costantemente raffreddate e parte del calore che si sprigiona nella combustione risulta disperso all'esterno per fenomeni di conduzione e di convezione. In prossimità delle pareti si osserva quindi un rilevante abbassamento della temperatura, con conseguente accumulo di idrocarburi incombusti o parzialmente ossidati e di monossido di carbonio. Anche se il regime di moto nella camera di combustione viene reso altamente turbolento, lo straterello di spegnimento non può mai essere eliminato del tutto e nei gas di scarico è sempre rilevabile la presenza di composti incombusti.

Nei motori ad accensione comandata, oltre al *quencing*, esistono altri fenomeni che causano la presenza di sostanze incombuste allo scarico. Esse raggiungono le concentrazioni massime in fase di decelerazione o in regime di minimo, in cui si innesca un processo di ricircolo interno dei gas di scarico. Se tale fenomeno assume eccessive proporzioni si ha una diminuzione dell'efficienza della combustione, con conseguente incremento degli incombusti. I motori a benzina inoltre producono notevoli emissioni di NO<sub>x</sub>, dato che operano, generalmente, con valori del rapporto aria/com-

**Tabella 1**

Potenziale di formazione dell'ozono di alcuni principali composti organici volatili



**Figura 3**  
Andamento di CO, HC,  $\text{NO}_x$  nelle emissioni di un veicolo a benzina in funzione del rapporto aria/combustibile

Fonte: UCCELLI R., LOMBARDI C.C., MAURO F., *Impatto ambientale e sanitario dei carburanti per autotrazione*, Energia, ambiente e innovazione, 4-5/96, pag. 19.

bustibile vicini al valore in cui se ne osserva la massima produzione (regime stechiometrico)<sup>12</sup>.

Per gli ossidi di azoto, gli idrocarburi incombusti e il monossido di carbonio si può rappresentare efficacemente l'andamento delle emissioni in funzione del rapporto  $\alpha$  come nella figura 3.

### *Motori Diesel*

In questi motori si realizza l'accensione spontanea del combustibile, e non è necessario regolare la portata di aria comburente. Il combustibile, spruzzato da appositi iniettori direttamente nella camera di combustione, in cui l'aria immessa è stata precedentemente portata in particolari condizioni di pressione e temperatura, viene ridotto in goccioline fini in modo da massimizzarne il contatto con l'aria e garantire l'avvio della combustione.

All'interno della camera di combustione la composizione della miscela varia da punto a punto: il processo si avvia nei punti in cui il rapporto aria/combustibile rientra nel campo di accendibilità e si propaga mano mano che la temperatura e il miscelamento tra combustibile e comburente all'interno del cilindro progrediscono.

Nei motori Diesel l'emissione inquinante più significativa, anche e soprattutto dal

punto di vista dell'impatto ambientale, è costituita dal particolato, detto anche fumo, distinguibile in fumo bianco, composto sostanzialmente da gocce incombuste di gasolio liberate in fase di avviamento, e in fumo nero, costituito da particelle solide, prevalentemente di natura carboniosa, la cui origine è intrinseca alle modalità con cui avviene la combustione nei cilindri.

Tale particolato è costituito da atomi di carbonio aggregati in macromolecole, che si formano a seguito di fenomeni pirolitici. Tali particelle, inoltre, nel flusso di gas di scarico possono aggregarsi tra di loro per fenomeni di collisione comportandosi come dei piccoli nuclei di condensazione. La loro superficie è, infatti, sede di processi fisici che coinvolgono la frazione leggera dei gas presenti (identificata con la sigla SOF: Soluble Organic Fraction), come l'evaporazione, la condensazione, l'adsorbimento<sup>12</sup>. Il campo di variazione delle dimensioni di tali corpuscoli solidi è molto ampio, compreso tra 0,1  $\mu\text{m}$  e 10  $\mu\text{m}$ , ma da un'analisi delle emissioni solide dei motori Diesel si è notato come buona parte del particolato carbonioso abbia diametro inferiore a 0,5  $\mu\text{m}$ , e come la distribuzione dimensionale di esso sia strettamente dipendente dalle condizioni di funzionamento del motore. Più questo opera a carichi elevati e più la frazione fine è rilevante all'interno della distribuzione granulometrica delle emissioni di particolato<sup>7</sup>.

Nei gas esausti dei motori Diesel un altro importante prodotto inquinante è dato dagli ossidi di azoto, generati in notevole quantità, poiché la combustione è realizzata in eccesso d'aria.

### **Struttura e caratteristiche dell'atmosfera**

Un'approfondita conoscenza dello stato meteorologico (locale e generale) e dei moti dell'aria è basilare per studiare i fenomeni di inquinamento atmosferico.

L'atmosfera agisce sugli inquinanti emessi, causandone la dispersione o l'accumulo

secondo un insieme di meccanismi legati alla reattività chimica delle emissioni, alle condizioni meteorologiche ed alla configurazione topografica del territorio in cui esse hanno luogo.

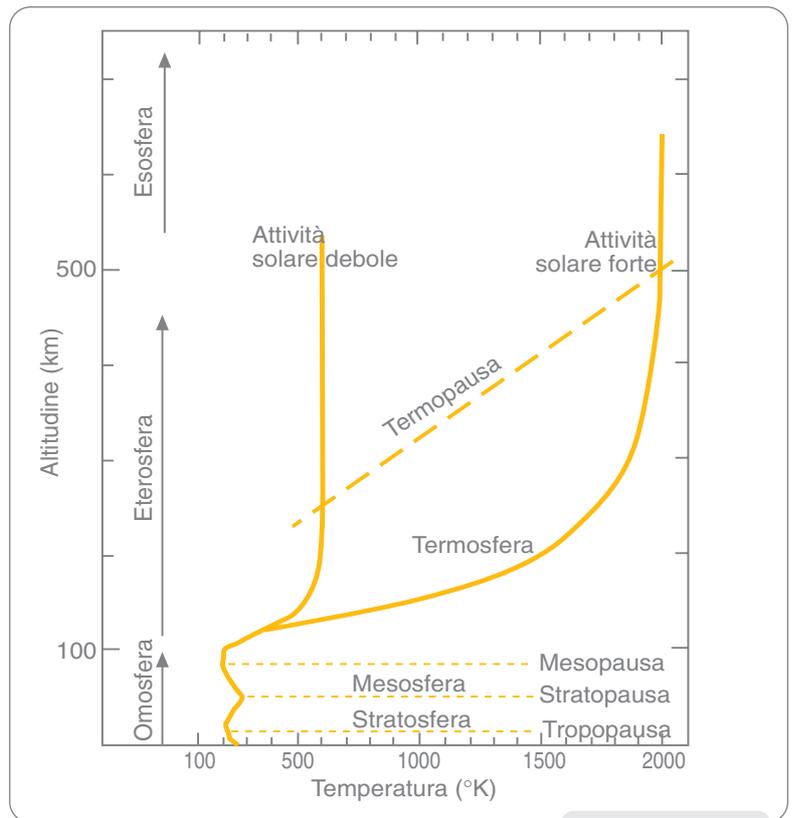
Le principali caratteristiche chimiche e fisiche del sistema atmosfera presentano una dipendenza tipica dalla quota  $z$  che, al di là di variazioni locali e stagionali, permettono di descrivere l'atmosfera come una struttura fortemente stratificata. In figura 4 è riportato, ad esempio l'andamento della temperatura in funzione della quota verticale nei diversi strati. Nello studio dei fenomeni di inquinamento tipici dell'ambiente urbano ci si focalizza solamente sui primissimi chilometri di atmosfera: lo strato limite planetario (Planetary Boundary Layer).

#### Il Planetary Boundary Layer

La quasi totalità degli esseri viventi e una buona parte della massa complessiva dell'aria sono comprese all'interno dello strato atmosferico più a contatto con la superficie terrestre, detto troposfera, che si estende fino a circa 10 km in altezza, con forti differenze in funzione della latitudine e della stagione.

Questo strato, interessato da continui spostamenti di masse d'aria, per effetto della distribuzione non uniforme, nello spazio e nel tempo, dell'energia radiante solare assorbita dall'aria e dal suolo si suddivide ulteriormente in due strati, in base all'influenza della rugosità del suolo sui moti atmosferici: quello più vicino al suolo, maggiormente interessato dalle azioni di attrito viscoso, è detto *Planetary Boundary Layer* (PBL). È in esso che hanno luogo la stragrande parte delle emissioni di origine sia antropica sia naturale ed è in esso che avvengono i fenomeni di trasporto, dispersione, rimescolamento o accumulo degli inquinanti<sup>13</sup>.

Ai fini dell'inquinamento atmosferico urbano, lo studio dell'atmosfera si riconduce quindi sostanzialmente allo studio del PBL. L'altezza del PBL, che rappresenta in parte



Fonte: WALLACE J. M., HOBBS P. V., *Atmospheric science: an introductory survey*, Academic Press, California, 1977, pag. 25.

**Figura 4**  
Distribuzione verticale della temperatura in atmosfera

l'altezza fino alla quale vanno a disperdersi gli inquinanti emessi al suolo, prende il nome di altezza di mescolamento, e varia in funzione dello stato atmosferico.

La diffusione degli inquinanti nel PBL è determinata principalmente da tre parametri: la stabilità dello strato, l'intensità della turbolenza e quella del vento, cui si può aggiungere l'effetto di rimozione esplicato dalle precipitazioni<sup>14</sup>.

#### Stabilità del Planetary Boundary Layer

La stabilità di uno strato atmosferico dipende dall'importanza del rimescolamento dell'aria lungo la direzione verticale. In un'atmosfera stabile i moti spontanei verticali delle masse d'aria tendono a smorzarsi, mentre in un'atmosfera instabile essi si amplificano. La stabilità atmosferica ha importanti effetti sui fenomeni di inquinamento: situazioni di stabilità in assenza di vento, in particolar modo fenomeni di inversione

Classi di stabilità		Gradiente reale
A	Molto instabile	$\gamma > 1,9 \text{ }^\circ\text{K}/100 \text{ m}$
B	Instabile	$1,7 \leq \gamma \leq 1,9 \text{ }^\circ\text{K}/100 \text{ m}$
C	Debolmente stabile	$1,5 \leq \gamma \leq 1,7 \text{ }^\circ\text{K}/100 \text{ m}$
D	Neutrale	$0,5 \leq \gamma \leq 1,5 \text{ }^\circ\text{K}/100 \text{ m}$
E	Debolmente stabile	$-1,5 \leq \gamma \leq 0,5 \text{ }^\circ\text{K}/100 \text{ m}$
F	Stabile	$\gamma < -1,5 \text{ }^\circ\text{K}/100 \text{ m}$

**Tabella 2**  
Classificazione delle classi di stabilità atmosferica secondo Pasquill

Fonte: ZANNETTI P., *Air pollution modelling*, Computational Mechanics Publication, Gran Bretagna, pag. 148.

termica provocano il ristagno in prossimità della superficie di tutte le sostanze ivi immesse. Al contrario, in caso di forte instabilità, di precipitazioni e di elevata turbolenza atmosferica si hanno intense azioni di rimozione e dispersione degli inquinanti: in particolare le piogge o le precipitazioni nevose consentono un efficace abbattimento delle particelle in sospensione e di sostanze gassose che si combinano con le molecole dell'acqua.

La stabilità dipende da numerosi fattori, in particolare dall'andamento  $T(z)$  della temperatura al variare della quota  $z$ . Definito il valore del gradiente  $\Gamma = \partial T / \partial z$  all'equilibrio, in assenza di umidità, pari a circa  $-1/100 \text{ }^\circ\text{K}/\text{m}$ , come gradiente adiabatico secco, si possono verificare le seguenti situazioni<sup>15</sup>:

- *equilibrio stabile*, se la temperatura reale dell'atmosfera diminuisce con l'altezza in misura minore rispetto al caso adiabatico: in particolare, in caso di inversione termica la temperatura cresce con la quota;
- *equilibrio indifferente*, se il gradiente reale e quello adiabatico coincidono;
- *equilibrio instabile*, quando si ha una di-

**Tabella 3**  
Altezze di rugosità di suoli urbanizzati

Terreno		$z_0$ [m]
Con asperità isolate	Alberi, colline, fattorie	$0,2 \div 0,6$
Suburbano	A bassa densità	$0,4 \div 1,2$
	Ad alta densità	$0,8 \div 1,8$
Urbano	A densità molto alta	$1,5 \div 2,5$
	Densità altissima	$2,5 \div 10$

Fonte: OKE T. R., *Boundary Layer Climates*, Methuen, pag. 298.

minuzione della temperatura reale maggiore del gradiente adiabatico secco.

Nel primo caso una massa d'aria secca che si sposta verticalmente verso l'alto subendo una trasformazione adiabatica viene a trovarsi più fredda e quindi più densa dell'aria circostante e tende perciò a ridiscendere. Al contrario, in casi di equilibrio instabile, la stessa massa d'aria si trova ad essere più calda, cioè meno densa, dell'atmosfera a lei circostante e tende quindi a proseguire nel suo moto ascensionale.

La stabilità dell'atmosfera dipende anche da altri parametri, determinanti anche sullo stato della turbolenza dell'aria: la velocità orizzontale del vento  $u$ , le condizioni della superficie del terreno (rugosità del suolo), il grado di insolazione, e così via. Per sintetizzare la stabilità atmosferica sono molto utilizzate le 6 categorie di stabilità atmosferica di Pasquill riassunte in tabella 2.

#### *La velocità del vento e lo Urban Boundary Layer*

Il vento, movimento ordinato delle masse d'aria, è responsabile del trasporto degli inquinanti, in particolare la sua componente orizzontale  $u$ <sup>16</sup>, solitamente maggiore di due o tre ordini di grandezza rispetto alla componente verticale. I venti all'interno del PBL sono profondamente influenzati dalle asperità del suolo (rugosità) e nelle aree urbane la circolazione atmosferica risente profondamente dell'urbanizzazione del territorio: gli edifici, nel loro insieme, conferiscono all'area occupata la propria lunghezza di rugosità, usualmente denotata con  $z_0$ . Tale valore determina la forma del profilo verticale del vento (l'intensità della componente orizzontale del vento, in prossimità del suolo è all'incirca proporzionale a  $\log(z/z_0)$ ) ed è tanto maggiore quanto più il suolo è irregolare.

Sono state definite, per diverse densità abitative, le rispettive altezze di rugosità, come ad esempio nella tabella 3.

Tali rugosità sintetizzano e mediano, prendendo come riferimento un'area urbana ti-

pica i fenomeni di induzione di turbolenza dovuti all'interazione del vento con gli edifici, interazione che causa il prodursi di vortici.

È utile osservare come l'atmosfera subisca un profondo cambiamento del proprio stato fisico nel passaggio dalle zone rurali ad aree maggiormente edificate e abitate. Per l'impatto provocato dalla presenza della città, infatti, si crea a volte una vera e propria superficie di confine, che delimita lo strato atmosferico a contatto con l'area urbana, *Urban Boundary Layer*, e da essa direttamente influenzato, separandolo dagli altri strati atmosferici soprastanti, che invece non risentono così profondamente delle alterazioni locali.

All'interno di tale strato agiscono, a livello di singole strade, ulteriori processi di scala minore all'interno del volume d'aria compreso tra due schiere di edifici paralleli (identificato con il nome di Canyon). Tale geometria costituisce l'unità che si ripete all'interno del fenomeno urbano globale, *Urban Canopy Layer*, il cui studio dettagliato risulta molto complesso.

### La turbolenza

Il moto di una massa d'aria costituente l'atmosfera può, a grandi linee appartenere a una delle seguenti due tipologie:

- *moto laminare*, se la massa d'aria coinvolta si muove organizzata in filetti fluidi, che si spostano con moti paralleli lungo le linee di flusso;
- *moto turbolento*, se la massa d'aria coinvolta è costituita da particelle che si spostano con moto disordinato e casuale, creando dei vortici rapidamente variabili nello spazio e nel tempo.

All'interno delle masse d'aria in moto laminare la dispersione degli inquinanti avviene sostanzialmente per diffusione molecolare, causata cioè dagli urti delle molecole d'aria con le molecole di inquinante. Al contrario, masse d'aria in moto turbolento disperdono gli inquinanti con un'efficienza maggiore di molti ordini di grandezza ri-

spetto alla diffusione molecolare. Lo studio delle caratteristiche della turbolenza atmosferica, e del PBL in particolare, riveste quindi un'importanza cruciale nell'analisi dell'inquinamento urbano.

In una massa d'aria in moto turbolento si osserva una continua trasformazione della energia interna in energia cinetica: i vortici, che si formano in aria, tendono poi a perdere, o meglio, a dissipare questa energia durante la stessa propagazione per fenomeni di attrito. Quindi, se non vengono continuamente riforniti di ulteriore energia dall'esterno, i vortici sono destinati a dissolversi rapidamente<sup>15</sup>.

La turbolenza atmosferica può avere due origini:

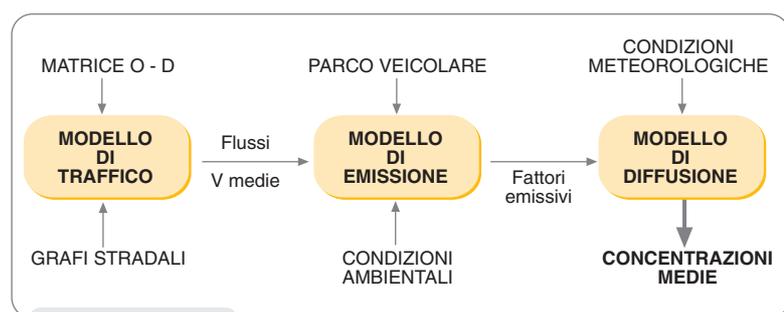
- *meccanica*, se è dovuta alle asperità del terreno (quindi a fenomeni di attrito) e al profilo verticale del gradiente della velocità del vento;
- *termica*, se è indotta da condizioni di instabilità atmosferica e/o una distribuzione dell'energia termica non uniforme all'interno dell'atmosfera.

I moti turbolenti, data la loro natura stocastica, sono impossibili da descrivere analiticamente, dato che le componenti della velocità e le traiettorie delle particelle variano casualmente nel tempo e vengono solitamente descritti per mezzo di grandezze statistiche come i momenti della distribuzione di probabilità della velocità del vento.

### Approccio modellistico all'inquinamento da traffico

Il complesso problema dell'inquinamento atmosferico causato dal traffico veicolare può essere affrontato per mezzo di un modello che, a partire dai dati caratterizzanti le sorgenti inquinanti considerate, presenti nell'area di indagine, e lo stato meteorologico del periodo di studio, simulino l'andamento della concentrazione degli inquinanti.

Nel caso specifico dell'inquinamento indotto da sorgenti veicolari si può articolare lo studio in tre passi per mezzo di una *suite*

**Figura 5**

Schema a blocchi di una tipica suite modellistica per lo studio dell'inquinamento urbano da traffico. Sono indicati i tipi di modelli impiegati, i gruppi di dati in input e i gruppi di dati forniti in cascata da ciascun modello al successivo

modellistica del tipo mostrato in figura 5.

Lo schema a blocchi riporta la tipologia generale di modelli e dati da impiegare. La scelta degli specifici modelli da utilizzare è legata alla scala temporale e spaziale in cui si vuole operare, al tipo di risultati che si desidera ottenere e a considerazioni pratiche di reperibilità e conoscenza dell'utilizzo dei modelli stessi.

Nei prossimi paragrafi si descriveranno brevemente i principi su cui si basano i diversi tipi di modelli, con particolare riferimento ai modelli effettivamente utilizzati per lo studio dell'inquinamento da traffico nell'area bolognese.

### I modelli di traffico

I modelli di traffico hanno come obiettivo quello di ottenere la distribuzione e la caratterizzazione del traffico sulla rete stradale oggetto di studio (o sulla rete logistica, in generale) a partire dai dati sulla richiesta ed offerta di mobilità<sup>17</sup>. Nel caso specifico della simulazione del traffico veicolare all'interno di una rete urbana, i dati in uscita sono costituiti dal flusso veicolare [*veicoli/h*] e la velocità media [*km/h*], definiti per ogni arco stradale.

All'interno della suite, si è scelto un modello di assegnazione del traffico denominato VISUM.

VISUM è un programma di calcolo nato per consentire una gestione ottimale del settore dei trasporti. Esso si basa sull'uso di una o più matrici OD (origine-destinazione) di spostamento, elaborate da specifici programmi che vengono utilizzati in connessione con VISUM.

Le matrici OD sono valutate a partire da interviste effettuate a campione sulla popolazione dell'area urbana e dei Comuni limitrofi e quantifica i poli di origine e di destinazione degli spostamenti periodici della popolazione. Il modello ripartisce quindi i flussi veicolari all'interno della rete stradale, a partire da nodi di origine verso i poli attrattivi di destinazione dei percorsi.

In particolare, possono essere definite due tipi di matrici OD e di flussi, in base alla modalità di trasporto che si intende pianificare, distinguendo tra privato e pubblico.

Il procedimento completo che permette di giungere al risultato si articola in tre passi: valutazione della generazione del traffico, elaborazione della sua distribuzione e ripartizione degli spostamenti all'interno della rete studiata. La definizione dei percorsi sistematici di spostamento è realizzata in base alla ricostruzione del comportamento dei gruppi omogenei individuati all'interno della popolazione censita e alla localizzazione delle attività attrattive nell'area di analisi unita a una serie di vincoli e criteri, quali la scelta del percorso di minimo tempo e la conservazione della somma dei flussi entranti e uscenti nei nodi.

### I modelli emissivi

Nel 1985, all'interno del progetto CORINAIR (vedi sopra "La classificazione delle emissioni veicolari"), è stato elaborato COPERT (Computer Programme for estimating Emissions from Road Transport), un programma software che stima le emissioni inquinanti da sorgenti mobili, diventato il modello standard europeo per le emissioni stradali. Non mancano naturalmente altre attività di ricerca che hanno portato ad altri modelli emissivi elaborati a livello delle singole nazioni. Questi altri modelli si basano su considerazioni e ipotesi diverse tra loro e da quelle del modello COPERT, rendendo i rispettivi risultati difficilmente confrontabili. Gli Stati Uniti, d'altro canto, hanno adottato un loro specifico modello, diverso ancora dai precedenti, denominato MOBI-

LE, che tiene conto della specificità dei combustibili e del parco circolante USA.

I modelli finora realizzati nei paesi dell'Unione Europea sono suddivisibili in tre grandi categorie, che si distinguono principalmente per le differenti ipotesi adottate per il loro sviluppo.

L'approccio modellistico europeo che ha l'origine più lontana nel tempo si basa sulla constatazione che le emissioni medie di un veicolo durante la marcia su un dato percorso sono funzione della velocità media. In particolare le concentrazioni raggiungono i massimi valori in corrispondenza di cicli a bassa velocità caratterizzati da frequenti arresti e partenze.

Questo tipo di modelli si basa su relazioni funzionali che legano velocità media e quantitativo di sostanza emessa per chilometro, ricavate interpolando molti dati sperimentali forniti da prove di emissione ripetute su un banco a rulli o banco motori. Il modello più diffuso, appartenente a questo filone, è proprio il COPERT, nel quale le curve di emissione sono basate sull'ipotesi che il veicolo percorra un ciclo di guida standard, come definito nelle direttive EURO.

Questo gruppo di modelli è però suscettibile di alcune critiche: in particolare il ciclo di guida descritto dalle norme EURO non è un ciclo rappresentativo delle reali condizioni di guida su strada, che possono variare notevolmente pur a parità di velocità media. Quindi un metodo di calcolo che tenga conto solo di tale parametro può essere considerato limitato e soggetto a notevoli incertezze.

Per una più realistica valutazione dei coefficienti emissivi i modelli più recenti introducono almeno un ulteriore parametro, da affiancare alla velocità media: in genere viene considerato l'andamento dell'accelerazione nel tempo, ovvero il prodotto *velocità \* accelerazione*. I modelli emissivi di questo tipo forniscono come risultati i valori istantanei delle emissioni e non i valori mediati su un percorso, come accade per i modelli descritti in precedenza, inoltre ge-

neralmente sono basati su misurazioni effettuate con riferimento a cicli di guida più realistici, costruiti a partire da dati raccolti durante cicli di guida condotti su strada.

Un ultimo gruppo di modelli, invece, assume come elemento di distinzione tra i vari cicli di guida un parametro difficilmente quantificabile: la condizione del traffico. L'obiettivo principale è quello di fornire il valore medio delle emissioni veicolari su un dato percorso. A ciascuna situazione definita viene attribuito un gruppo di fattori di emissione, specifico a seconda del tipo inquinante e di veicolo presi in considerazione<sup>18</sup>.

Qualunque sia il modello emissivo da applicare, esso necessita in ingresso delle seguenti informazioni:

- condizioni climatiche e periodo della simulazione;
- inquinanti e sorgenti oggetto di studio;
- descrizione delle sorgenti;
- informazioni caratterizzanti le modalità di emissione.

Parallelamente in uscita si otterrà la quantificazione delle emissioni e dei consumi di combustibile in forma aggregata o in modo specifico per ciascuna categoria veicolare e per ciascun arco stradale.

#### *Il modello emissivo TEE (Traffic Emissions and Energetics)*

TEE è un modello finalizzato alla stima delle emissioni veicolari e dei consumi di combustibile sia a livello microscopico (strade) sia macroscopico (città), realizzato dall'ENEA nel 1991, in continuo perfezionamento ed ampliamento.

Esso eredita da COPERT (in accordo con le convenzioni CORINAIR) la classificazione delle categorie veicolari del parco circolante in Europa in microcategorie, in base a combustibile impiegato, cilindrata e normativa CEE di riferimento, che possono essere incluse in macrocategorie definite dall'utente come ad esempio due ruote, auto, veicoli leggeri e pesanti.

TEE utilizza curve di emissione provenienti da due database, ottenute per veicolo e in-

quinante nell'unità di tempo, in condizioni standard definite da CORINAIR; il primo database coincide con quello di COPERT, mentre il secondo è stato ricavato nell'ambito del progetto europeo denominato Drive-Modem.

TEE si differenzia da altri prodotti perché è in grado di offrire all'utente tre opzioni di calcolo delle emissioni. Il primo metodo è basato sulla velocità media: le emissioni sono funzioni polinomiali della velocità media tenuta dal veicolo durante il tragitto percorso.

Le altre due opzioni vogliono invece costituire un superamento della trattazione classica, fornendo degli approcci validi ed avanzati allo studio dell'impatto dei veicoli in area urbana e portano alla precisazione dell'ampio margine di variabilità emissiva a parità di velocità media in differenti condizioni di traffico e di guida.

L'opzione di maggior interesse offerta da TEE è sicuramente quella della "velocità media corretta", in cui le emissioni sono calcolate a partire dall'usuale approccio in velocità media inserendo però alcuni fattori correttivi:

$$KCF = KCF0 * d(D) * g(G) * l(L) * v(V)$$

I diversi fattori tengono conto di grandezze che condizionano l'entità delle emissioni effettive, i cui effetti non possono essere considerati attraverso la velocità media: densità veicolare  $D$  [veicoli/km], lunghezza effettiva dell'arco considerato  $L$ , e tempo del verde  $V$  dei semafori eventualmente presenti (espresso come percentuale del totale tempo di un ciclo semaforico), in modo da poter considerare le fermate e le partenze indotte dalla presenza dei semafori.

Per la densità veicolare TEE pone un limite massimo, per strade a una corsia, di 200 veicoli/km escludendo in questo modo situazioni praticamente impossibili, ma che qualche volta i modelli di traffico erroneamente prevedono.

Nella versione attuale di TEE i fattori correttivi sono stati elaborati solo per alcuni in-

quinanti (CO, benzene e PM10) e per alcune microcategorie veicolari (auto alimentate a benzina e a gasolio).

La terza opzione si basa sulla conoscenza della velocità istantanea dei veicoli e permette una fedele valutazione delle emissioni su percorsi abbastanza brevi e conosciuti. Questo metodo proposto si è rivelato molto efficace per confrontare a livello emissivo diverse soluzioni per la regolamentazione degli incroci in ambito urbano (semafori, rotatorie ecc.).

TEE persegue l'obiettivo di offrire all'utente un'alta flessibilità nei dati in ingresso. Nell'impostazione dello scenario della simulazione, infatti, si può assegnare a ciascun arco stradale della rete in esame una composizione del flusso veicolare transiente a scelta fra 11 tipologie definibili dall'utente, superando in tal modo la tradizionale suddivisione dei flussi in urbano/extraurbano/autostradale. Inoltre è possibile intervenire sul parco veicolare introducendo nuove microcategorie, purché ne siano noti i fattori emissivi a priori, e aggiornando i parametri qualitativi medi del parco stesso (età media, peso, livello manutentivo, combustibile impiegato e così via) con grandezze specifiche del parco effettivo della rete studiata.

Completano il quadro dei dati di ingresso, il periodo della simulazione, le temperature medie ambientali (orarie), la pendenza delle strade, l'altezza rispetto al livello del mare.

Infine TEE permette di prendere in considerazione i flussi parcheggiati il cui apporto risulta essere molto rilevante, essendo associato ai fenomeni di volatilizzazione del combustibile, nella fase di raffreddamento del motore, e alle partenze a freddo.

### I modelli diffusivi

Lo studio della diffusione atmosferica delle sostanze liberate da fonti sia naturali sia antropiche si avvale dell'applicazione di modelli che possono essere o delle vere e proprie riproduzioni in scala del fenomeno

indagato (modelli fisici) o algoritmi che descrivono matematicamente gli aspetti fisici e chimici che caratterizzano il processo (modelli teorici).

I modelli teorici si distinguono a loro volta in statistici e in deterministici.

I modelli deterministici si basano su equazioni che descrivono il moto della sostanza in atmosfera: essi riproducono il destino delle sostanze emesse in atmosfera e forniscono una relazione fra sorgenti emissive e concentrazioni stimate. In base ai risultati forniti, si può procedere ulteriormente con la stima dei danni da essi arrecati all'ecosistema. Inoltre i modelli deterministici consentono di valutare degli scenari di controllo e riduzione delle emissioni dal punto di vista dei reali benefici ottenuti, come nel caso presentato nel successivo paragrafo.

I modelli deterministici si raggruppano in tre grandi classi, in cui poi sono stati sviluppati vari filoni modellistici:

- *modelli euleriani*: essi descrivono l'andamento delle concentrazioni degli inquinanti assumendo una griglia spaziale di riferimento fissa. Utilizzano il sistema di equazioni differenziali derivanti dalla teoria della diffusione. La loro applicazione permette in particolare lo studio dei fenomeni di trasferimento di massa e di calore all'interno dell'atmosfera;
- *modelli lagrangiani*: assumono a priori andamenti di tipo probabilistico delle grandezze fisiche e descrivono la traiettoria delle masse inquinanti in atmosfera che si muovono in atmosfera;
- *modelli gaussiani*: sono i modelli analitici più semplice da applicare e da comprendere. In essi si presume che la concentrazione in aria dell'inquinante emesso da una sorgente puntiforme e continua abbia un andamento gaussiano con una larghezza dipendente dalle condizioni di turbolenza dello strato limite planetario<sup>19</sup>. Con opportune modifiche possono essere applicati al caso di sorgenti lineari, aerali o volumetriche e sono oggetto di studio e affinamento ormai trentennale.

#### *Il modello diffusivo ADMS-Urban (Atmospheric Dispersion Modelling System)*

Il modello ADMS Urban permette la simulazione e lo studio dei fenomeni di inquinamento associati a sorgenti industriali, domestiche e stradali situate all'interno di una area delle dimensioni tipiche di una città. Il programma è stato elaborato dalla società CERC (Cambridge Environmental Research Consultants) ed è in continua evoluzione: la versione utilizzata sull'area bolognese è la 1.6 del 2002.

L'algoritmo alla base di ADMS è di tipo gaussiano avanzato, con varianti sviluppate per permetterne l'applicazione a diverse sorgenti nelle più differenti condizioni climatiche.

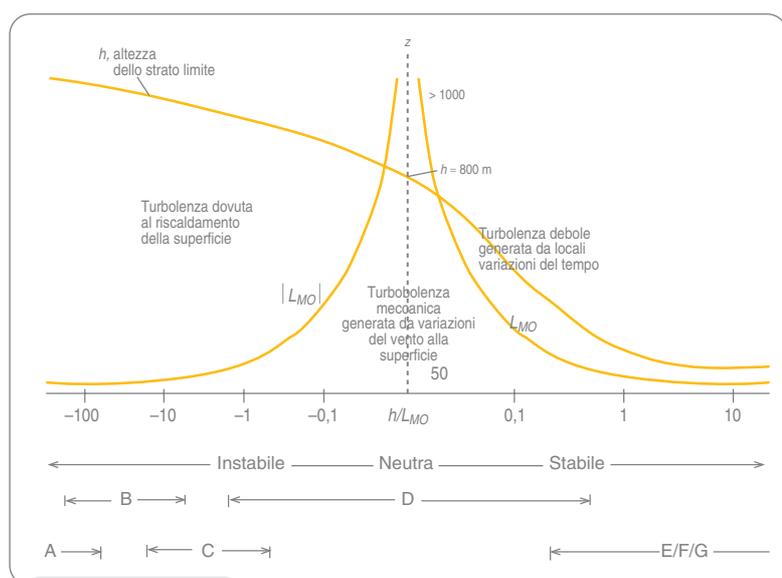
Tale versione di ADMS permette di trattare CO, VOC, PM (ovvero PST), SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>. Inoltre è prevista la possibilità di considerare nella simulazione le reazioni chimiche, qualora fossero rilevanti, tra gli ossidi di azoto e i VOC con l'ozono.

Per quanto riguarda le sorgenti da traffico urbano, ADMS Urban tratta gli archi stradali come sorgenti lineari, identificate dalle coordinate dei due estremi e caratterizzate dai seguenti dati<sup>21</sup>:

- larghezza in  $[m]$ ;
- altezza media degli edifici lungo la strada in  $[m]$ ;
- flusso veicolare in  $[n^\circ \text{veicoli}/h]$  per ciascuna tipologia (*light duty* e *heavy duty*);
- velocità media dei veicoli, distinguendo tra le due tipologie, in  $[km/h]$ .

In questo ambito, è possibile affinare la modellazione del fenomeno diffusivo utilizzando, nei casi opportuni, uno specifico algoritmo di Street Canyon che considera la situazione diffusiva particolare che si verifica quando la strada ha una larghezza inferiore all'altezza degli edifici ai suoi fianchi. In questo caso si crea un vortice interno alla via e una conseguente condizione di ricircolo e di ristagno degli inquinanti emessi all'interno del canyon stesso.

A differenza di altri programmi di simula-



**Figura 6**  
Legame tra stabilità  
atmosferica, rappor-  
to  $h/L$  e altezza  $h$   
dell'UBL

Fonte: CERC User Guide, ADMS Urban - Version 1.6, Cambridge, 2000, p. 177.

zione dei fenomeni diffusivi in atmosfera, ADMS Urban non fa ricorso alle classi di stabilità di Pasquill-Gifford, che consentono una descrizione solo approssimativa dell'Urban Boundar Layer. Gli algoritmi di calcolo si basano invece principalmente su due grandezze: il reciproco della lunghezza  $L$  di Monin Obukhov e l'altezza  $h$  dello strato limite, che permettono una più rigorosa e realistica rappresentazione della struttura (figura 6).

Il risultato del modello consiste nelle concentrazioni degli inquinanti, concentrazioni che possono essere ottenute in singoli punti, alle quote desiderate, o su griglie bi- o tri-dimensionali.

Il modello assume due scale temporali<sup>20</sup>: a breve termine (short term) calcolando le concentrazioni medie sull'intervallo temporale di riferimento, normalmente di una o più ore, e a lungo termine (long term) per ottenere concentrazioni confrontabili con i valori limite e i valori guida stabiliti dalle leggi nazionali e dalle direttive europee (come le medie orarie, giornaliere, annuali o i valori dei percentili).

L'utilizzo di ADMS Urban è estremamente

efficace quando esso viene connesso con programmi di rappresentazione geografica del territorio della famiglia dei GIS (Geographical Information System).

Grazie a questa estensione si possono trasferire informazioni da un programma all'altro in entrambe le direzioni. Arcview GIS permette la visualizzazione grafica di mappe cui possono essere associati vari tematismi, quali il grafo stradale e i rispettivi carichi di traffico oppure le concentrazioni al suolo degli inquinanti. Attraverso questa correlazione è stato possibile introdurre i dati relativi agli archi stradali della mappa di Bologna da Arcview direttamente in ADMS Urban e, grazie all'interconnessione con Spatial Analyst, visualizzare le mappe di concentrazione risultanti.

## Conclusioni

Si sono illustrati i principi alla base della costruzione di una suite modellistica finalizzata alla valutazione dell'impatto del traffico sulla qualità dell'aria di una zona urbana. La catena modellistica è stata messa effettivamente in funzione e ha fornito risultati interessanti, sia per quanto riguarda la valutazione di operatività del piano generale del traffico urbano, elaborato dal Comune di Bologna nel 2001<sup>22</sup>, sia quando si è utilizzata in raffronto coi dati delle centraline della rete urbana di Bologna in una giornata invernale<sup>23</sup>.

Vari raffinamenti sono possibili. Dal punto di vista dell'efficienza sarà ad esempio opportuno prevedere un metodo maggiormente automatizzato per il passaggio dei dati fra le varie componenti del modello, oggi realizzato mediante opportune tabelle in formato Excel.

Dal punto di vista delle applicazioni pratiche, è necessario reperire dati migliori sui flussi di traffico e sulla loro evoluzione nel corso del tempo per migliorare il già pur buon accordo fra previsioni modellistiche e misure.

## Bibliografia

1. MALOSTI D., ROMANAZZO M., *Mobilità, trasporto, traffico: come controllare l'entropia?*, Energia, ambiente e innovazione, 1/98, pp. 31-46.
2. OKE T.R., *Boundary Layer Climates*, II<sup>a</sup> ed., Methuen, Cambridge, 1987.
3. MEET report: *Calculating transport emissions and energy consumption*, dal sito internet: <http://www.eea.eu.int>, 1999.
4. WALLACE J.M., HOBBS P.V., *Atmospheric science an introductory survey*, Academic Press, California, 1977.
5. UCCELLI R., *Fonti, livelli ed effetti dell'inquinamento atmosferico*, Energia, ambiente e innovazione, 1/97, pp. 58-70.
6. CORNETTI G., *Macchine termiche*, II<sup>o</sup> volume, ed. Il Capitello, Torino, 1996.
7. UCCELLI R., LOMBARDI C.C., MAURO F., *Impatto ambientale e sanitario dei carburanti per autotrazione*, Energia, ambiente e innovazione, 4-5/96, pp. 19-32.
8. ORTOLANI C., *Combustione*, III<sup>a</sup> ed., Città Studi Edizioni, 1994.
9. GIACOSA D., *Motori endotermici*, XIV<sup>a</sup> ed., Hoepli, Milano, 1995.
10. MONTALI M., *La risposta tecnologica IVECO ai problemi ambientali*, parte I, ATA Ingegneria automobilistica, vol. 49, 1996, pp. 271-278.
11. MONTALI M., *La risposta tecnologica IVECO ai problemi ambientali*, parte II, ATA Ingegneria automobilistica, 50, 1997, pp. 11-23.
12. GAMBINO M., MIGLIACCIO M., *Combustibili alternativi per l'autotrazione*, Liguori editore, Napoli, 1993.
13. STULL R.B., *An introduction to Boundary Layer Meteorology*, Kluwer Academic Publisher, Belgio, 1988.
14. EPA Report, tratto dal sito internet: <http://www.epa.gov>.
15. SANTODIMAURO L., *Dinamica dell'inquinamento atmosferico da impianti industriali*, Calderini, Milano, 1975.
16. SEINFELD J.H., PANDIS S.N., *Atmospheric chemistry and physics*, John Wiley & Sons, Canada, 1998.
17. SARTORE M., *Rappresentazioni della mobilità. Costruzione di un osservatorio intra-irregionale*, dal sito internet: <http://www.mondogis.it>.
18. MEET report: *Calculating transport emissions and energy consumption*, dal sito internet: <http://www.eea.eu.int>, 1999.
19. AUTORI VARI, *Handbook of applied meteorology*, Wiley – Interscience, Canada, 1985.
20. CERC User Guide: *ADMS Urban – Version 1.6*, Cambridge, 2000.
21. MCHUGH C.A., CARRUTHERS D.J., EDMUNDS H.A., *ADMS Urban: an air quality management system for traffic, domestic and industrial pollution*, dal sito internet: [www.cerc.co.uk](http://www.cerc.co.uk).
22. NARDINI E., *Sviluppo ed applicazione in area urbana di un modello integrato emissione-dispersione sui principali inquinanti da traffico*, tesi di laurea, Università degli studi di Bologna, facoltà di Ingegneria.
23. PIERSANTI A., *Il particolato atmosferico in area urbana: strumenti modellistici per l'analisi di scenario*, tesi di laurea, Università degli studi di Bologna, facoltà di Ingegneria.

ENERGIA,  
AMBIENTE  
E INNOVAZIONE

# L'anomalia termica del 2003 nel mar Mediterraneo osservata da satellite

SALVATORE MARULLO  
MAURIZIO GUARRACINO

ENEA  
Progetto Speciale Clima Globale

La temperatura superficiale del mare è un ottimo indicatore climatico. L'affidabilità delle misure da satellite, ormai quasi equivalenti alle misure *in situ*, ha consentito di elaborare e confrontare i dati a partire dal 1985 e di evidenziare l'anomalo riscaldamento della superficie marina del Mediterraneo occidentale verificatosi nell'estate del 2003

studi & ricerche

## Satellite observation of the 2003 thermal anomaly in the Mediterranean Sea

### Abstract

*The use of remote sensing data has made it possible to exactly quantify both the extension and the spatial and temporal distribution of the anomalous heating of the Mediterranean Sea in the summer of 2003. The quantitative analysis of surface temperature data based on measurements made by the AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) installed on NOAA polar satellites has confirmed the importance of the 2003 thermal anomaly and detailed its features.*

*The anomaly appeared both at the local level and in the basin average. Temperatures often rose above 32°C in areas where the peak was usually around 27°C. Though the phenomenon was certainly of atmospheric origin, its specific causes and their effects in terms of sea stratification and of thermal and hydrological balances have yet to be understood, quantified and assessed. Research on these matters will be conducted in the coming months, and will involve not only further observation and analysis, but also an intense activity of mathematical modelling focusing on the seawater part and air-sea interaction*

L'attività di osservazione del mare da satellite fa parte integrale delle attività correntemente svolte dal gruppo di modellistica oceanografica del Progetto Speciale Clima Globale dell'ENEA. Questa attività costituisce sia un supporto agli studi di modellistica numerica che un filone autonomo di ricerca per lo studio del clima globale con particolare riferimento al ruolo degli oceani. Le misure di parametri marini dallo spazio contribuiscono in maniera sostanziale all'osservazione continuativa della superficie marina ed al controllo dell'andamento temporale di parametri chiave per la definizione del clima attuale e delle sue oscillazioni su scale temporali che vanno dai pochi giorni a qualche anno.

Tra i vari parametri marini che possono essere derivati con sufficiente affidabilità da satellite, la temperatura superficiale del mare (SST) è il parametro che da più lungo tempo (sin dalla fine degli anni 70), con più continuità e precisione è stato misurato. La continuità di tali misure è stata assicurata dal carattere operativo dei satelliti della serie NOAA in quanto parte del sistema di osservazioni meteorologiche globali. La precisione delle misure di temperatura superficiale del mare ha raggiunto, negli ultimi anni, livelli impensabili all'inizio dell'ultimo decennio grazie a tutta una serie di studi che sono culminati nel progetto Pathfinder della NASA. La validazione delle misure satellitari di SST ha dimostrato che la differenza media fra stime da satellite, ricavate mediante l'algoritmo Pathfinder, e misure di temperatura superficiale pellicolare *in situ*, effettuate alle medie e basse latitudini, è praticamente nulla o al massimo si mantiene inferiore a pochi decimi di grado. Per questo motivo si è ritenuto che la SST potesse rappresentare un ottimo indicatore climatico da utilizzare per l'individuazione di eventuali tendenze climatiche o eventi transienti che, provocando improvvise e consistenti variazioni dei campi medi, possano apprezzabilmente influire sul clima regionale ed eventualmente globale.

L'anomalia termica osservata nel corso dell'estate del 2003 nella zona mediterranea e centro-europea rientra in quest'ultima classe. È evidente che un riscaldamento consistente e prolungato della superficie marina può influenzare il clima della regione in cui avviene tramite una distorsione più o meno apprezzabile dell'usuale bilancio di calore all'interfaccia aria-mare. La zona di confine tra il mare e l'atmosfera è infatti quella che più attivamente contribuisce a tale bilancio.

Nel corso dell'estate del 2003 le alte temperature registrate in varie città europee e il prolungarsi di un'estate particolarmente torrida hanno provocato un lungo dibattito che ha coinvolto sui giornali o nelle televisioni un'ampia varietà di esperti e neofiti (o viceversa). Nel caso delle temperature su terra la consolidata e diffusa rete di misure meteorologiche ha comunque permesso di quantificare esattamente l'ampiezza dell'anomalia termica mentre nel caso del mare le poche misure sparse ed occasionali hanno fornito un quadro del tutto parziale e a volte inesatto. In questo caso, le misure di SST da satellite forniscono l'unico mezzo per valutare quantitativamente l'ampiezza del riscaldamento di questa estate rispetto ai valori medi degli anni precedenti, individuare esattamente la finestra temporale in cui il fenomeno è accaduto e controllare la sua distribuzione spaziale.

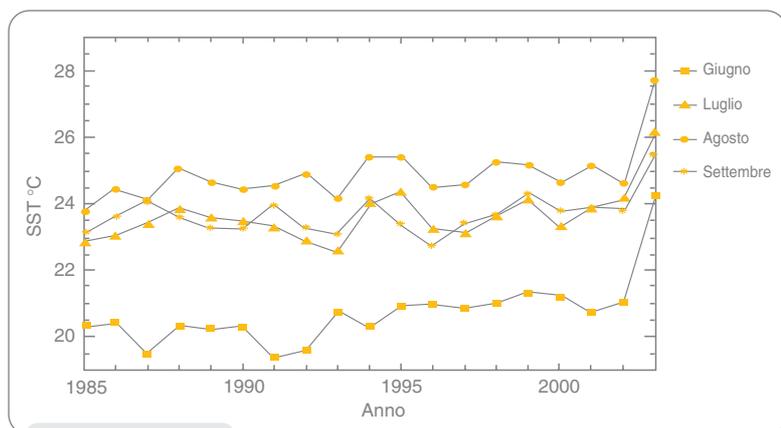
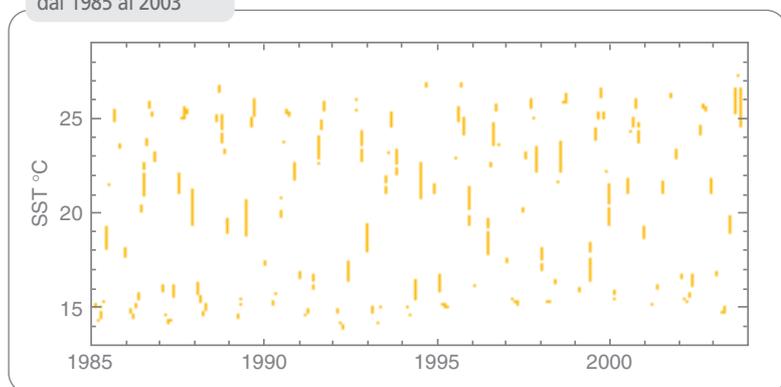
In questa nota intendiamo presentare i risultati preliminari dell'analisi della serie di temperatura superficiale del mar Mediterraneo al fine di produrre stime quantitative e affidabili dell'ampiezza del fenomeno. L'analisi qui presentata è basata sull'uso dei dati elaborati nell'ambito del progetto Pathfinder del JPL-NASA per il periodo 1985-2002. A partire dal 2003 i dati sono stati acquisiti dalla stazione HRPT di Roma presso il Gruppo Oceanografia da Satellite (GOS) del CNR-ISAC ed elaborati nell'ambito della collaborazione tra il GOS e il gruppo di modellistica oceanografica del Progetto Speciale Clima Globale dell'ENEA. Attualmente questa attività di acquisizione ed elaborazione dei dati continua su base giornaliera aggiornando la serie temporale in tempo reale (entro circa

30 minuti dal passaggio del satellite i dati sono disponibili su web) per tenere sotto controllo l'evoluzione del fenomeno.

### L'analisi della serie temporale

La serie temporale utilizzata copre il periodo che va dal 1° gennaio 1985 al 30 settembre 2003 ed è stata costruita utilizzando i dati AVHRR forniti da JPL-NASA per il periodo fino al 2 giugno 2003 e i dati acquisiti dalla stazione di ricezione del GOS di Roma elaborati con lo stesso algoritmo utilizzato dal progetto Pathfinder per il restante periodo. Al fine di conservare una certa omogeneità tra dati di diversi periodi

**Figura 1**  
Andamento della temperatura media del Mediterraneo dal 1985 al 2003



**Figura 2**  
Temperatura superficiale media del Mediterraneo

ed evitare di introdurre errori legati ad una non corretta considerazione del ciclo diurno, sono stati utilizzati solo dati relativi a passaggi notturni sul Mediterraneo. Questa scelta implica che tutti gli effetti legati al riscaldamento diurno, dovuti all'intensa insolazione estiva in presenza di venti deboli o

assenti, sono esclusi e quindi i risultati ottenuti sono in qualche misura più robusti anche se la stima dell'ampiezza dell'anomalia termica sarà abbastanza più conservativa. Tutti i *pixel* contaminati dalla presenza di nubi o altri fattori ambientali sono stati individuati dall'algoritmo di "cloud detection" di Pathfinder ed esclusi dalle successive analisi. In figura 1 è riportato l'andamento delle temperature giornaliere mediate su tutta l'area del Mediterraneo (escludendo il mar Nero) nel periodo in esame.

Per tutto il periodo che va dal 1985 fino al 2002, sia pure con evidenti variazioni interannuali, il ciclo stagionale si ripete senza drammatiche variazioni. I minimi oscillano tra i 13,4 °C del 1993 e i 15,2 °C del 2002, mentre i massimi oscillano tra 25,6 °C del 1985 e i 27,1 °C del 1994.

Nel corso del 2003 l'andamento regolare osservato nei precedenti 18 anni è stato stravolto dai valori insolitamente alti di SST registrati nel periodo estivo, dove sono state raggiunte temperature medie prossime ai 29 °C, ben al di sopra della media dei 18 anni precedenti e al di fuori dei limiti osservati di variabilità interannuale. Per evidenziare la variabilità interannuale dei valori medi di SST nel Mediterraneo nei periodi estivi sono state calcolate le temperature medie mensili per i mesi di giugno, luglio, agosto e settembre nei 19 anni in esame (figura 2).

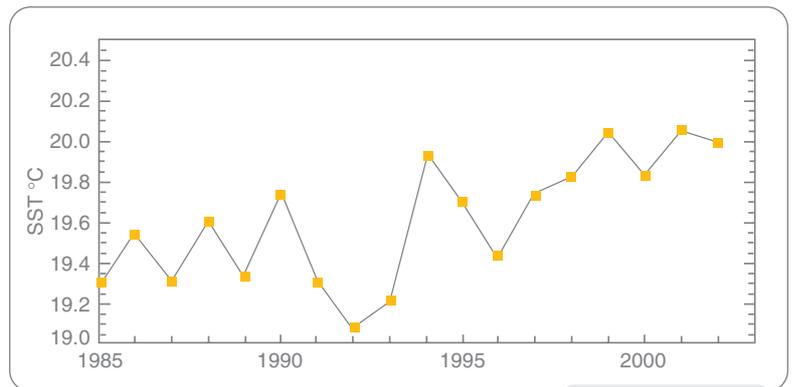
L'andamento delle temperature medie mensili ovviamente conferma i risultati delle osservazioni giornaliere evidenziando l'assenza di tendenze evidenti nel periodo 1985-2002, ma mostrando che i valori di giugno, luglio, agosto e settembre del 2003 sono ben al di sopra del valore medio dei 18 anni precedenti e decisamente al di fuori delle tipiche oscillazioni interannuali. A livello di medie annuali nel periodo 1985-2002 (figura 3) l'andamento presenta degli aspetti interessanti.

Inizialmente, tra il 1985 e il 1991, la temperatura ha presentato delle oscillazioni annuali con ampiezza crescente, ma minimi costantemente attorno a 19,3 °C. Il periodo successivo è stato caratterizzato dalla de-

pressione tra il 1991 e il 1993 con minimo assoluto nel 1992, che può essere collegata al transiente osservato per gli stessi anni nelle caratteristiche idrologiche del Mediterraneo e nella formazione di acque dense nel Mediterraneo orientale. Tra il 1992 e il 2002, escludendo i valori relativamente alti del 1994-1995 si è osservato un continuo aumento della SST di circa  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  in 10 anni (cioè circa  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{anno}$ ).

Per definire più precisamente la finestra temporale entro la quale il fenomeno di anomalia termica si è sviluppato e tentare di capire, almeno qualitativamente, la relazione tra tale fenomeno marino e quanto è avvenuto nell'atmosfera è stato riprodotto l'andamento giornaliero medio della SST nell'intervallo 1985-2002 insieme a quello della SST del 2003 e all'andamento della temperatura dell'aria per lo stesso periodo (figura 4). I dati di temperatura dell'aria (alla quota di 2 m sul livello del mare) sono stati ricavati dalle analisi del centro europeo "European Centre for Medium-Range Weather Forecasts" (ECMWF). Risulta evidente che la fase più critica del riscaldamento del mare si è avuta tra la fine di maggio e l'inizio di settembre del 2003. Una prima fase di riscaldamento si è osservata tra il 18 aprile e il 25 maggio.

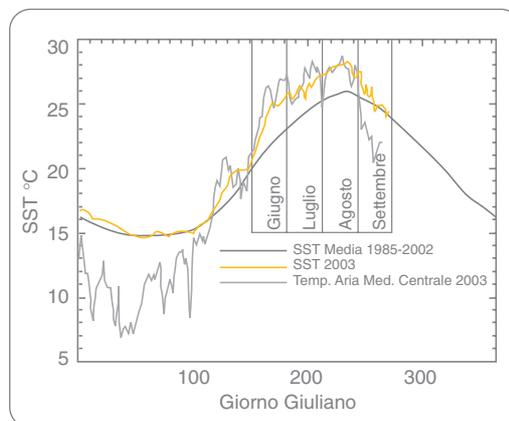
Le varie fasi dell'anomalia corrispondono abbastanza puntualmente alle variazioni della temperatura dell'aria, confermando ovviamente l'origine atmosferica del fenomeno. La distribuzione spaziale delle variazioni interannuali di SST osservate non è stata uniforme interessando con modalità ed intensità differenti il bacino orientale e occidentale. Per studiare la distribuzione spaziale dell'aumento di temperatura superficiale nel 2003 rispetto agli anni precedenti sono state prodotte mappe medie mensili di SST per il periodo 1985-2002 nei mesi più caldi dell'anno, ovvero per il periodo giugno-settembre, e corrispondenti mappe per gli stessi mesi del 2003 (figura 5). Il confronto tra le mappe di luglio e agosto del 2003 e le corrispondenti mappe medie dei 18 anni precedenti mostrano la presenza di aree dove il riscaldamento è



**Figura 3**  
Andamento della temperatura media annuale nel mar Mediterraneo (1985-2002)

stato più evidente. In particolare il riscaldamento è stato più intenso nei bacini occidentali come risulta chiaro dalle mappe di anomalia termica riportate in figura 6. Nel mar di Levante il fenomeno è stato assai più contenuto se non assente.

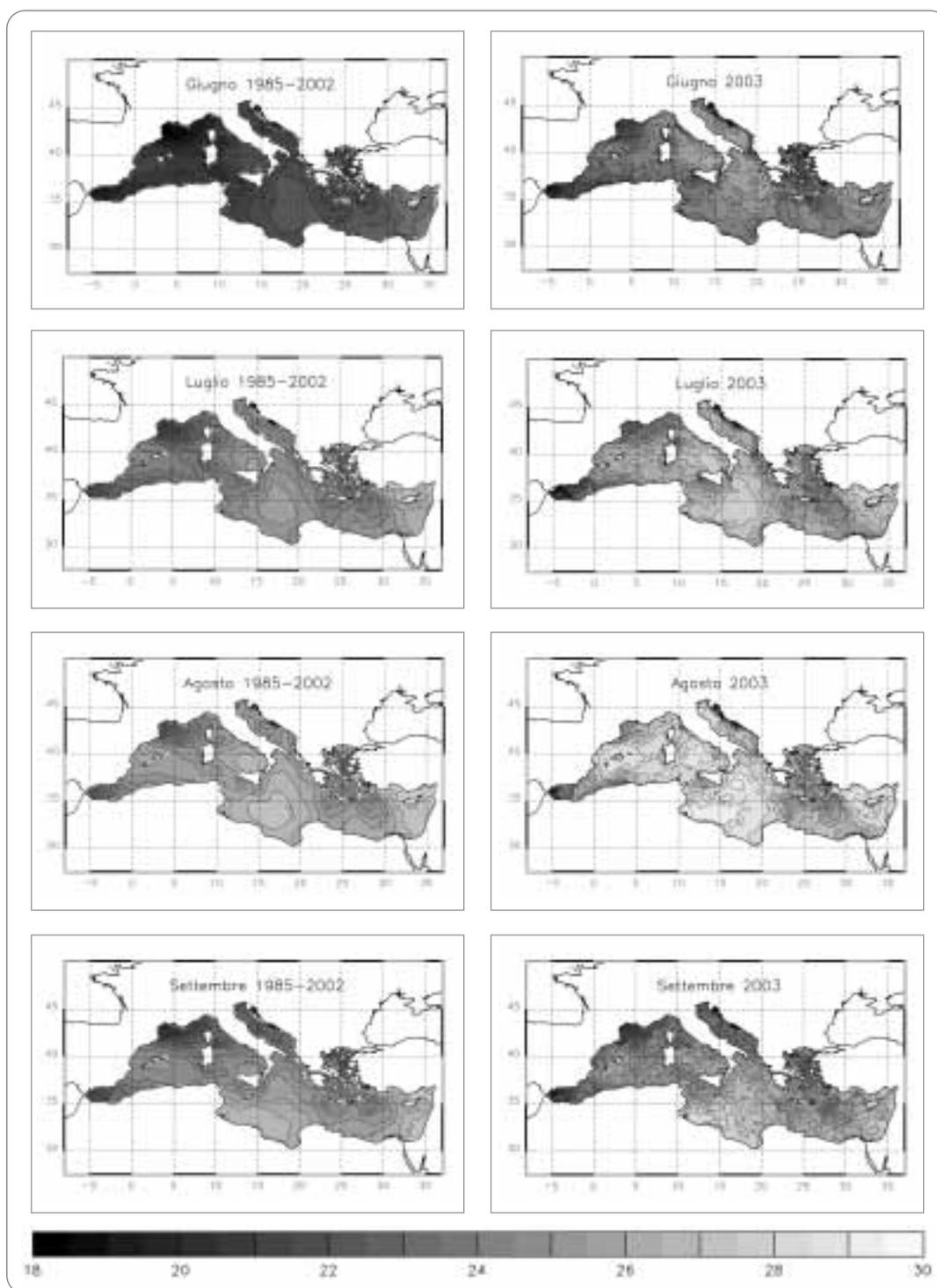
Più in dettaglio le aree dove il riscaldamento è stato maggiore sono state quelle del golfo del Leone-Ligure, Tirreno, Ionio settentrionale e Adriatico nel mese di giugno. In queste aree l'anomalia termica ha raggiunto in media i  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con punte intorno ai  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  nel mar Ligure, alto Tirreno e sul lato italiano del mar Adriatico (zone bianche in figura 6a). In luglio il fenomeno, pur mantenendosi su valori estremamente elevati, si è attenuato presentando valori massimi di quasi  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ad est della Sardegna e nella zona tra la Tunisia, la Sardegna e la Sicilia. Nel mese di agosto si è avuta una nuova intensificazione del fenomeno nella zona del golfo del Leone e mar Ligure, raggiungendo valori prossimi ai  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nel mese di settembre l'anomalia termica è andata attenuandosi scendendo sotto  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 4**  
Confronto tra l'andamento medio della temperatura superficiale del mar Mediterraneo dal 1985 al 2002 (linea nera) e andamento nel 2003 (linea ocra). L'andamento della temperatura dell'aria è rappresentato dalla curva in grigio

**Figura 5**

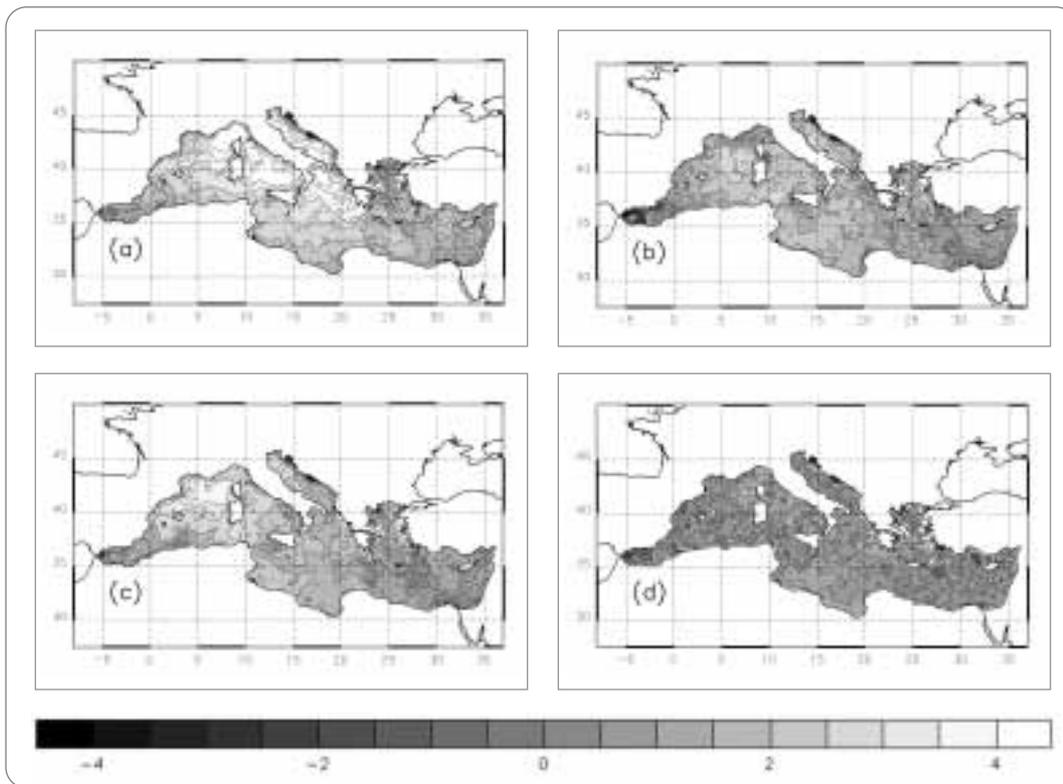
Mappe di temperatura superficiale media del mar Mediterraneo nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre mediate dal 1985 al 2002 (pannelli sul lato sinistro) e corrispondenti mappe per il 2003 (pannelli sul lato destro)



In generale, le mappe di anomalia riportate in figura 6 confermano che l'anomalia del 2003 non ha interessato molte zone del mar di Levante dove i valori si sono avvicinati molto allo zero con aree ristrette di anomalia negativa.

## Conclusioni

L'uso dei dati di telerilevamento spaziale ha permesso di quantificare esattamente sia l'ampiezza, sia la distribuzione spaziale e temporale dell'anomalo riscaldamento del mar Mediterraneo durante l'estate del 2003.

**Figura 6**

Mappe di anomalia (temperatura 2003 – temperatura media 1985-2002) di temperatura superficiale del mare nei mesi di giugno 2003 (a), luglio 2003 (b), agosto 2003 (c) e settembre 2003 (d). Le zone in bianco del Mediterraneo rappresentano le aree dove l'anomalia ha ecceduto i 4,5 °C

L'analisi quantitativa dei dati di temperatura superficiale del mare ricavati dalle misure del sensore AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) montato a bordo dei satelliti polari della serie NOAA ha confermato, dettagliandone i contorni, l'importanza dell'anomalia termica del 2003. Il confronto tra i dati del 2003 e la serie temporale dei valori di SST nel periodo 1985-2002 ha mostrato che il maggior discostamento tra le medie dell'ultimo anno e la media dei 18 anni precedenti è avvenuto durante il mese di giugno, benché valori più alti di temperatura siano stati riscontrati durante il mese di agosto. L'anomalia di temperatura del 2003 si è presentata in maniera disomogenea nel bacino Mediterraneo; in particolare il fenomeno è stato particolarmente meno intenso nel mar di Levante, nell'Egeo e nel mare di Alboran; mentre intensità massime sono state osservate nel settore centro-occidentale. Questa distribuzione è in accordo con la distribuzione spaziale dei forzanti atmosferici, e in particolare con il campo barico che è prevalso nel periodo esaminato.

In conclusione, l'analisi quantitativa dell'evoluzione dell'anomalo fenomeno di riscaldamento, operata grazie alla disponibilità immediata dei dati da satellite, ha dimostrato che i valori di temperatura riscontrati nel 2003 sono stati ben al di fuori dei tipici valori degli anni precedenti e nettamente al di fuori delle tipiche oscillazioni interannuali. L'anomalia si riscontra sia a livello locale sia in termini di media di bacino.

Localmente sono stati raggiunti valori spesso oltre i 32 °C in zone dove usualmente i massimi si aggiravano intorno ai 27 °C. Attualmente, benché l'origine atmosferica del fenomeno sia accertata, restano da capire e quantificare le cause a monte e da valutarne le conseguenze sia in termini di stratificazione del mare che in termini di bilanci termici e idrologici.

Questa attività di ricerca sarà sicuramente l'argomento dei prossimi mesi di lavoro e dovrà coinvolgere, oltre ad un ulteriore sforzo osservativo e di analisi, anche un'intensa attività di modellistica numerica con particolare riferimento alla parte marina e di interazione aria-mare.

# Beni culturali e intelligenza artificiale: un dialogo possibile

**LUCIANA BORDONI**  
**ENEA**  
Unità di Agenzia

Le tecnologie dell'Intelligenza Artificiale offrono un'occasione straordinaria per potenziare, sul piano quantitativo e qualitativo la funzione culturale. Consentono inoltre di allargare il numero dei potenziali fruitori dei beni culturali stimolando l'avvio di strategie di comunicazione e la produzione di nuovi servizi

studi & ricerche

## *Cultural resources and artificial intelligence: a feasible dialogue*

### **Abstract**

*In recent decades, information technology and communications networks have become regular tools for humanities scholars. A new challenge now facing IT is to give more effective data-analysis tools to researchers and scientists involved in the management of cultural resources - tools that can facilitate the enjoyment and study of our cultural heritage. AI offers a good solution; it can give scholars advanced investigative and analytic tools that can be easily handled by people who are not necessarily computer experts*

**N**umerose sono le entusiasmanti occasioni d'incontro fra arte e scienza. Un esempio di straordinaria convergenza tra osservazione, ricerca artistica e ricerca scientifica è rappresentato dai disegni di Leonardo da Vinci. Osservatore metodico e sistematico, pittore e ingegnere, assertore dell'esigenza di rendere tutto visibile, egli ci ha lasciato migliaia di disegni che sono anche uno strumento di indagine scientifica della realtà, e che ci forniscono un'idea della simbiosi tra arte e scienza.

La ragione e il metodo che sono alla base del percorso stesso della scienza, molto spesso lo sono anche dell'arte<sup>1</sup>.

Da anni le conoscenze scientifiche sviluppate nel settore delle tecnologie avanzate dell'informatica hanno trovato un fertile campo applicativo nell'ambito di problematiche interdisciplinari e l'opera sopra citata fornisce una eloquente interpretazione di tale multidisciplinarietà.

Agli inizi degli anni 80 l'ambiente umanistico e quello informatico sembravano ancora essere due ecosistemi del tutto distinti, impermeabili e tendenzialmente antagonisti e irriducibili.

Soltanto negli ultimi anni la crescente attenzione da parte del mondo umanista all'informatica ha fatto nascere la consapevolezza che il settore dei Beni Culturali sia indubbiamente un contesto in cui le tecnologie dell'Intelligenza Artificiale (IA) possono contribuire ad ottenere delle soluzioni significative. La ricerca, in particolare quella che si colloca nell'IA, ha ultimamente prodotto, in numerosi settori dei beni di interesse culturale, un valore aggiunto tramite il conseguimento di nuove conoscenze<sup>2-6</sup>.

Indirizzi peculiari sono stati recentemente intrapresi e ampiamente sperimentati per il trasferimento delle più svariate tecnologie informatiche alla pratica culturale, rivelando una larga applicabilità.

Recenti applicazioni delle tecniche di visualizzazione e di realtà virtuale hanno contribuito allo sviluppo di strumenti software in grado di fornire un valido aiuto al

lavoro degli "operatori" culturali. Attività di studio e di ricerca nell'ambito dell'apprendimento automatico, dell'elaborazione del linguaggio naturale, dei sistemi agenti, della percezione, del ragionamento automatico, della robotica hanno consentito di concepire, progettare, e realizzare soluzioni indirizzate al miglioramento di specifici momenti di analisi, diagnosi, rappresentazione e utilizzazione della conoscenza. Sul piano della fruizione, questi strumenti hanno consentito di far compiere un vero e proprio salto qualitativo nei rapporti tra le istituzioni culturali e il pubblico. Essi permettono di offrire all'utente straordinarie occasioni per costruire efficaci percorsi personali di qualificazione e di apprendimento. L'idea stessa di museo, di biblioteca e di archivio sta subendo profonde alterazioni: nuove esigenze culturali e nuove funzioni implicano delle trasformazioni culturali profonde.

Ci si domanda se la "rivoluzione" delle nuove tecnologie di comunicazione potrà creare una nuova cultura e una nuova umanità. L'avvento della fotografia ha prodotto un grande cambiamento per lo studio e per il confronto "a distanza" di opere d'arte. Le tecnologie informatiche aprono nuovi campi alla "riproducibilità" delle opere d'arte, accrescono il livello e la qualità di comunicazione del settore culturale sia rispetto ai fruitori diretti che a quelli remoti. Le aree investite dalle nuove tecnologie sono molteplici e le numerose applicazioni in continua evoluzione producono sempre maggiori livelli qualitativi che interessano la gestione e la conservazione delle risorse culturali.

Al fine di approfondire la consistenza del settore di ricerca che coniuga l'IA ai Beni Culturali, vengono di seguito prese in esame alcune attività, significative per i risultati da esse prodotte, frutto di questo particolare connubio. Nei prossimi paragrafi saranno presentati alcuni specifici apporti dei metodi e tecnologie dell'IA alle biblioteche, agli archivi, ai musei, all'ar-

cheologia, al restauro e conservazione con lo scopo di provare a mostrare quanto proficua è la loro utilizzazione e quanto rilevante è l'approccio interdisciplinare.

### Biblioteche archivi e musei

La ricerca di informazione è sempre stato un problema cruciale sia nel mondo dei documenti cartacei che in quello informatico. Grazie all'esplosione di internet poi, una quantità enorme di informazione viene messa a disposizione di utenti in modo immediato, facile ed economico.

La presenza e l'utilizzazione delle tecnologie informatiche nelle biblioteche è in forte evoluzione. Fino a pochi anni fa l'informatica in biblioteca si esauriva nella automazione delle tradizionali funzioni bibliotecarie: acquisizioni, catalogazione, consultazione del catalogo, prestito, statistiche ecc. L'evoluzione degli strumenti informatici, da mainframe a server, l'affermazione della architettura client-server e delle interfacce grafiche, ha reso evidente la necessità di una evoluzione dei tradizionali strumenti delle biblioteche.

L'aumento esponenziale dei documenti in forma digitale disponibile sulle reti, distribuiti spesso in modo spontaneo e casuale, rende evidente la necessità di un'attività di biblioteca nei confronti di questi documenti. Anche la tipologia della consultazione in sede, tradizionalmente limitata al solo materiale posseduto e conservato dalla biblioteca, sta subendo un cambiamento: ora può trasformarsi in consultazione e possibile rielaborazione da parte dell'utente non solo delle notizie ricavate dal materiale posseduto dalla biblioteca, ma anche delle informazioni ricavate dall'accesso in rete. La biblioteca digitale consente una gestione dei documenti diversa da quelle tradizionali<sup>7-9</sup>; la sua organizzazione permette all'utente finale di avere una visione nuova delle risorse che la biblioteca rende disponibili. L'utente finale non è più il consumatore passivo di documentazione ma un prota-

gonista attivo della sua ricerca. L'aumento esponenziale dei documenti in forma digitale disponibile sulle reti distribuiti spesso in modo spontaneo e casuale, rende evidente la necessità di un'attività di biblioteca nei confronti di questi documenti.

La dimensione e complessità del problema connesso all'organizzazione e accesso all'informazione disponibile richiedono forme evolute di rappresentazione, gestione e supporto all'utente. L'informazione veicolata dai documenti è di tipo testuale e le forme implicite con cui il linguaggio esprime conoscenze e dati richiedono strumenti complessi di analisi, acquisizione, rappresentazione ed estrazione dell'informazione. Per soddisfare queste esigenze è necessario sviluppare strumenti in grado anche di automatizzare alcuni processi di raffinamento autonomo della conoscenza connessi alla natura dinamica delle forme linguistiche di comunicazione (ad esempio, il trattamento di neologismi, di parole sconosciute e di nuovi tipi di testi). Anche la possibilità di accedere più facilmente e più velocemente a grandi quantità di informazioni è da sempre stato un requisito molto sentito. I sistemi tradizionali di ricerca dell'informazione non sono sempre idonei a supportare tali fenomeni. Nasce così la necessità di investigare modalità efficaci atte a dotare l'ambiente di interazione di una biblioteca digitale delle appropriate forme di rappresentazione del contenuto in modo da fornire agli utenti degli opportuni suggerimenti per localizzare i dati desiderati. I vari paradigmi per rappresentare il contenuto vanno da una descrizione testuale di quanto è immagazzinato nella sorgente informativa sino a forme di rappresentazione strutturate che utilizzano linguaggi di rappresentazione della conoscenza. Servizi di biblioteche elettroniche intelligenti sono stati sviluppati<sup>10</sup>, essi si avvantaggiano delle tecniche dell'apprendimento automatico per l'analisi e la classificazione dei documenti, per la classificazione e la modellizzazione degli

utenti. La modellazione dell'utente costituisce una delle funzionalità più importanti ed utili in molti sistemi in cui l'interazione con l'utente ha un ruolo fondamentale. Il settore della modellazione dell'utente ha fatto un considerevole progresso durante la sua esistenza di più di un quindicennio proponendo e applicando tecniche di IA sempre più sofisticate. Applicazioni delle tecniche di modellazione dell'utente si trovano descritte in molti campi. Attualmente uno dei settori più innovativi per l'applicazione delle tecniche di modellazione è rappresentato dal World Wide Web. Nella letteratura sono state proposte parecchie definizioni di modello dell'utente che differiscono per il contenuto, la rappresentazione, il ruolo. In generale, un modello dell'utente deve contenere le informazioni esplicite su tutti gli aspetti dell'utente corrente che possono essere rilevanti per adattare il comportamento di un sistema interattivo all'utente.

Un esempio di tali applicazioni è il sistema prototipale realizzato presso l'ENEA/UDA/Advisor della Casaccia in collaborazione con il Dipartimento di Informatica dell'Università di Bari<sup>11,12</sup>. Il sistema in oggetto consente di effettuare una ricerca personalizzata dell'informazione, basata sulla profilazione dell'utente, all'interno di una biblioteca digitale. In particolare la sperimentazione ha riguardato l'utilizzo della biblioteca digitale realizzata per il progetto COVAX. Un consorzio internazionale composto da nove membri europei (l'ENEA/UDA/Advisor ha partecipato per l'Italia) ha dato vita a COVAX (Contemporary Culture Virtual Archive in XML), un progetto della durata di due anni e finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Tecnologie della Società dell'Informazione (IST) ([www.covax.org](http://www.covax.org)).

Lo scopo principale di COVAX è consistito nel mettere insieme il materiale descrittivo e digitalizzato posseduto da biblioteche, archivi e musei per costruire un sistema globale di ricerca e reperimento dell'infor-

mazione. COVAX ha dimostrato la sua fattibilità attraverso la realizzazione di un prototipo contenente un campione significativo di tutti i differenti tipi di documenti posseduti presso le diverse sedi dei partners partecipanti al progetto.

La rivoluzione delle nuove tecnologie costituisce anche per i musei una grande occasione per rilanciarne la funzione culturale e per aprire la discussione su cosa il museo oggi rappresenta e dovrà rappresentare nei prossimi anni. Il ruolo centrale affidato all'uso delle tecnologie avanzate dell'informatica a supporto dell'operazione conoscitiva, offre al museo la possibilità di proporre modalità inedite e più complesse di descrizione del manufatto. Per molto tempo la missione dei musei è stata quella di conservare oggetti provenienti da epoche o luoghi lontani, raccogliendo il maggior numero possibile di materiale (reperti e quant'altro...). Negli ultimi decenni stiamo assistendo ad una trasformazione del museo, da deposito in cui vengono conservate passivamente preziose ed illustri testimonianze del passato (funzione che comunque dovrà continuare ad esistere) a centro di elaborazione di prodotti intellettuali, realizzati e consumati grazie alle possibilità offerte dalle nuove tecnologie.

Attualmente il museo sta sperimentando delle nuove funzioni quali la fruizione, la didattica e la comunicazione, specificatamente rivolte al pubblico dei visitatori. La realtà virtuale è quasi sicuramente una fra le tematiche di ricerca dell'IA più conosciute anche al pubblico meno specialistico, in virtù del fatto che viene riconosciuta quale forma "spettacolare" e "avveniristica" di comunicazione legata al vertiginoso incremento che, in questi ultimi anni ha subito la comunicazione e ha reso possibile l'inserimento nella vita quotidiana di un elevato numero di nuove e diversificate forme di comunicazioni. Numerose sono le realizzazioni di musei virtuali<sup>13,14</sup> e di visite "intelligenti" basate sulla tipologia del visitatore. Di particolare interesse, per quanto

riguarda le visite museali personalizzate, il sistema prototipale (<http://peach.itc.it/preview.html>) realizzato nell'ambito del progetto PEACH (Personal Experience with Active Cultural Heritage) presso l'ITC-irst di Trento. Tale sistema<sup>15</sup> consente di migliorare la fruizione di una visita museale tramite l'utilizzo di un PDA (Personal Digital Assistants) che permette di viaggiare all'interno di un'opera d'arte e di esplorarne i dettagli. La sperimentazione è stata effettuata presso la Torre dell'Aquila a Trento per l'affresco "Il ciclo dei mesi" del XV secolo.

Un altro esempio di applicazione delle tecnologie IA applicate ai musei è fornito dal sistema Minerva<sup>16</sup>. Dato un insieme di opere d'arte e un ambiente in cui esse devono essere collocate, Minerva attraverso le tecnologie dei sistemi multiagente, organizza automaticamente il museo e fornisce un supporto all'utente nella visita e fruizione del museo.

## Archeologia

Questo settore è da molti anni considerato un terreno fertile per le applicazioni dell'informatica avanzata. Come studiare le strutture interne di un reperto prezioso, oppure unico, che non può essere tagliato e sezionato? Reperti di questo tipo sono patrimonio dell'umanità. A volte il reperto non può essere neanche osservato e studiato per intero dall'esterno: si tratta, per esempio, di un fossile che è ancora tutt'uno con la roccia o con il sedimento che lo ricopre e che se venisse staccato andrebbe in frantumi. Ricerche topografiche e urbanistiche, lo scavo e la sua gestione, la ricostruzione spazio-temporale e culturale dei fenomeni, le ricerche archeometriche, la classificazione dei materiali sono contesti in cui le tecniche di realtà virtuale, di elaborazione e classificazione delle immagini e gli strumenti quali i GIS (Geographic Information System) hanno prodotto risultati soddisfacenti<sup>17</sup>.

Le reti neurali come metodologia per l'ap-

prendimento automatico consentono la realizzazione di sistemi di riconoscimento dotati di capacità di "autoistruzione", utili per l'ordinamento e la classificazione di reperti, soprattutto per quelli di dimensione estremamente ridotte. Lo studio compiuto sulla necropoli (II età del ferro) di Sala Consilina<sup>18</sup>, il cui intento era di definire le caratteristiche delle comunità indigene che occupavano il comprensorio della Lucania interna, ha previsto l'utilizzo delle reti neurali per il riconoscimento di forme. I dati analizzati si riferivano a 173 tombe delle quali sono state rilevate una serie di caratteristiche relative alla loro struttura e alla composizione dei corredi funerari.

Le reti neurali costituiscono uno strumento di indagine anche per il sistema connessione prodotto per classificare la grana dei conglomerati<sup>19</sup>.

Tale lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto PARNASO "ricerche e sviluppi di sistemi innovativi di indagine e diagnosi assistita" orientato al monitoraggio del degrado di strutture architettoniche di rilevanza archeologica. L'obiettivo era di ottenere un classificatore di grana di conglomerati a origine fluviale utilizzati per la costruzione dei monumenti di epoca romana a partire da immagini acquisite in una campagna fotografica condotta sul monumento, il caso studio preso in esame è stato il teatro romano di Aosta.

Il Web di prossima generazione viene pensato come un Web semantico, un'estensione dell'attuale Web in cui l'informazione riveste un significato definito abilitando l'interazione fra l'uomo e la macchina. Questo tipo di ricerca ha portato il coinvolgimento di una disciplina strettamente filosofica: l'ontologia.

Gli aspetti ontologici dell'informazione acquistano valore strategico in quanto indipendenti dalle forme di codifica dell'informazione stessa, che può essere quindi isolata, recuperata, organizzata, integrata in base a ciò che più interessa: il suo contenuto. Un'ontologia tipica è costituita in genere

da una tassonomia che definisce le classi di oggetti e le loro relazioni ed una serie di regole per ragionare su di essi.

Tra i progetti più significativi in proposito va ricordato SHOE (<http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/>) dell'Università del Maryland, che realizza un'estensione ontologica dei più consolidati linguaggi per immettere informazioni sul Web. Di rilievo il contributo prodotto dall'ICOM-CIDOC (International Committee for Documentation of the International Council of Museums), nel CIDOC Conceptual Reference Model (CRM). Questo modello fornisce delle definizioni, e una struttura formale, per descrivere concetti e relazioni, impliciti ed espliciti, utilizzati nella documentazione dei Beni Culturali:

«The CIDOC CRM is intended to provide a common language for domain experts and implementers to formulate requirements for cultural heritage information systems and to serve as a guide for good practice of conceptual modeling. In this way, it can provide the "semantic glue" needed to mediate between different sources of cultural heritage information, such as that published by museums, libraries and archives» (<http://cidoc.ics.forth.gr>).

La costruzione di ontologie di dominio potrebbe certamente fornire un supporto alla ricerca per la soluzione di queste problematiche, purtroppo al momento è riscontrabile una preoccupante carenza di casi studio reali (e non semplici prototipi esemplificativi) nel campo dei Beni Culturali in generale, e dell'archeologia in particolare. Un contributo degno di nota viene fornito da Oleg Missikoff<sup>20</sup>, che propone l'utilizzo della modellazione concettuale del tipo "Fibula" (e di alcune sue specializzazioni), partendo dall'analisi di materiali provenienti da scavi e ricognizioni della necropoli villanoviana dei Quattro Fontanili a Veio.

Un interesse particolare è dato dal fatto che questi materiali sono stati in precedenza

oggetto di altre analisi offrendo così la possibilità di utilissimi confronti.

## Restauro e conservazione

Le nuove tecnologie informatiche vengono incontro alle nuove esigenze di salvaguardia della documentazione che si stanno manifestando sia da parte dell'utenza tradizionale, che dal così detto pubblico esperto della comunità dei ricercatori di professione. Anche se la qualità di riproduzione del materiale documentario non potrà e non dovrà mai essere interamente sostituibile, le tecniche di archiviazione digitale di immagini documentarie rispondono alle esigenze di una consultazione filologicamente attenta con risultati dal punto di vista qualitativo altamente realistici. Se è vero che nulla potrà sostituire il piacere emozionale nell'avere tra le mani il manoscritto originale, è altrettanto vero che tutte le volte che è possibile sostituire alla manipolazione diretta dell'originale, la riproduzione elettronica sarà stato fatto qualcosa per preservare l'integrità dell'opera.

Tecnicamente la distribuzione dell'informazione digitale rappresenta una migliore alternativa alla fotografia ed alla microfilmatura. Il microfilm tende infatti a degradare nel tempo, mentre le immagini digitali hanno un'esistenza senza tempo. La conservazione dell'immagine di una fotografia normale è anch'essa soggetta alla vulnerabilità della materia cartacea, ma un'immagine digitale è un'informazione "trasferibile". Particolari applicazioni per il restauro virtuale di opere d'arte, nel campo della documentazione archivistica consentono in alcuni casi di recuperare particolari perduti di legature, di miniature, oppure di identificare la provenienza di determinati materiali cartacei sulla base del riconoscimento della filigrana.

Nel caso della Biblioteca Nazionale Centrale Firenze il Progetto Restauro virtuale ([http://www.bncf.firenze.sbn.it/progetti/Restauro\\_Virtuale/prehome.htm](http://www.bncf.firenze.sbn.it/progetti/Restauro_Virtuale/prehome.htm)) mostra

come per i codici miniati pergamenei danneggiati dall'acqua sia stato necessario ripristinare le cromie originali, modificando lo stato esistente di impoverimento del colore, recuperare i segni coperti per trasmissione di colore o trasformati per l'impressione da contatto fra le carte. In sintesi, la metodologia del restauro virtuale ha consentito di realizzare tutti quegli interventi impossibili per il restauro vero e proprio: pulizia cromatica, ripristino di lacune su parti non disegnate, recupero di segni coperti, abrasi o cancellati, potenziamento di segni deboli, lettura di informazioni non perfettamente visibili ad occhio nudo. Il restauro virtuale, permettendo di ripristinare quelle informazioni ormai irrecuperabili attraverso le tecniche ordinarie di restauro, deve quindi intervenire laddove il restauro tradizionale non può procedere e conseguentemente deve essere visto non come una tecnica in opposizione al restauro tradizionale, ma come un intervento integrativo, un aiuto per la lettura testuale e la ricerca storica e filologica.

Il restauro "trasparente" del Mosè di Michelangelo (<http://www.progettomose.it>) è un esempio di comunicazione mediale, di informazione personalizzata, di approfondimento per gli studiosi di ogni parte del mondo, di immagini per i curiosi della rete. Un circuito di web-camere rende possibile visionare i lavori di restauro dalle angolazioni più inedite ed in ogni sua fase, senza l'ostacolo di transenne e ponteggi classici. Chiunque può "incontrare" il Mosè del Web.

Un' interessante applicazione nel settore del restauro realizzata presso l'ENEA<sup>21</sup> in collaborazione con i tecnici della CBC (Conservazione Beni Culturali) riguarda l'analisi delle giornate di esecuzione di un affresco. La realizzazione di un affresco avviene mediante la stesura di strati cromatici sopra un intonaco "fresco" ossia quando sulla sua superficie non sono avvenuti i processi di carbonatazione; il verificarsi di tali processi infatti permette la possibilità di

ancorare il pigmento alla superficie garantendo così la stabilità e la conservazione del dipinto. Quanto detto implica perciò che si debba stendere l'intonaco su una superficie la cui estensione è vincolata dai tempi di esecuzione delle campiture cromatiche e di carbonatazione della superficie. Generalmente tali tempi non sono superiori alla giornata, pertanto con il termine "giornata" è comunemente intesa anche la porzione di affresco eseguita su un'estensione di intonaco limitata alla singola unità secondo cui è stata "costruita" un'intera decorazione ad "affresco".

L'analisi delle giornate di esecuzione e la loro resa grafica è ormai da tempo entrata a far parte della documentazione di un corretto intervento di restauro di affreschi. I dati che se ne ricavano, spesso ovvi e ininfluenti per dipinti di piccole dimensioni, possono assumere rilevanza notevole nel caso di decorazioni pittoriche complesse, in cui la ricostruzione di una sorta di cronologia interna può essere di utile confronto con dati documentari e interpretazioni stilistiche. Ma è anche vero che, proprio nel caso di decorazioni complesse, si avverte con maggiore urgenza la necessità, da un lato di un controllo scientifico della coerenza del rilevamento, dall'altro dello sviluppo di un sistema di elaborazione dei dati e di una rappresentazione più soddisfacente della successione esecutiva della pittura.

Il sistema software realizzato, basato sulla formulazione matematica del problema e sulla conseguente modellizzazione, consente di individuare la sequenza realizzativa delle giornate e di fornire un valido aiuto in loco per il restauratore. Tale strumento dimostra essere particolarmente utile qualora la conoscenza da parte del restauratore sia incompleta e la soluzione adottata in casi precedenti possa essere di aiuto; è stato applicato con risultati significativi presso la Loggia di Palazzo Rospigliosi Pallavicini a Roma e la Cappella di San Brizio nel Duomo di Orvieto.

## Conclusioni

Come illustrano i contributi sopra esposti, le tecnologie dell'IA offrono un'occasione straordinaria per potenziare, sul piano quantitativo e qualitativo la funzione culturale. Consentono inoltre di allargare il numero dei fruitori potenziali stimolando l'avvio di strategie di comunicazione e la produzione di servizi nuovi. Notevole è la portata del processo di trasformazione della funzione e dell'organizzazione delle strutture dei beni culturali in conseguenza della sempre più massiccia utilizzazione delle nuove tecnologie. Ciò è particolarmente evidente, nello scenario internazionale, in quelle istituzioni più avanzate nel processo di informatizzazione. In esse infatti i nuovi servizi si impongono a quelli tradizionali e subiscono una trasformazione non marginale le motivazioni e l'identità dell'utenza. Siffatto cambiamento costituisce una fase importante, ma intermedia, di un vasto processo che investe contenuti culturali e tecnologici.

È auspicabile un diverso atteggiamento fra le diverse "anime" degli operatori dei settori che comprensibilmente si muovono con maggior agio rispetto alle tematiche proprie della loro formazione che rispetto a temi meno familiari, in quanto condizione indispensabile al raggiungimento di tale trasformazione. Presumibilmente lo sforzo di cui si ha bisogno consiste nello scambiare e favorire esperienze e culture differenti. Mi piace pensare che il convergere di idee e disponibilità possa costituire uno stile di lavoro per quanti hanno a cuore il consolidarsi di una capacità nuova di intendere e fare cultura.

A conclusione di quanto detto si rende noto che da circa un anno si è costituito, nell'ambito dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale, un gruppo di lavoro sui Beni Culturali il cui intento è proprio quello di promuovere e sostenere iniziative atte allo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche per il "bene" culturale.

Per ulteriori informazioni consultare il sito:  
<http://studi131.casaccia.enea.it/enea/aiaa/index.html>.

## Bibliografia

1. *La ragione e il metodo*, a cura di Marco Bona Castellotti, Enrico Gamba, Fernando Mazzocca, Electa, Milano 1999.
2. Atti del Workshop "Intelligenza Artificiale per i Beni Culturali e le Biblioteche Digitali", a cura di L. Bordoni e F. Poggi, VIII Congresso dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale, Pisa 23 Settembre 2003.
3. F. ABBATTISTA, L. BORDONI & G. SEMERARO, *Artificial Intelligence for Cultural Heritage and Digital Libraries*, Applied Artificial Intelligence: An International Journal, 17(8-9):1-7, Taylor & Francis, August 2003.
4. Atti del Workshop "Intelligenza Artificiale per i Beni Culturali e le Biblioteche Digitali", a cura di L. Bordoni e G. Semeraro, VII Congresso dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale, Bari 25 Settembre 2001.
5. Atti del Workshop "Intelligenza Artificiale per i Beni Culturali", a cura di L. Bordoni, VI Congresso dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale", Bologna 14 Settembre 1999.
6. L. BORDONI: Atti del Workshop "Esperienze e potenzialità di informatica e intelligenza artificiale per i beni artistici e le biblioteche", Roma 3 Aprile 1998, Serie Seminari, RT/Studi/98/1.
7. G. SEMERARO, S. FERILLI, N. FANIZZI, F. ABBATTISTA, *Learning Interaction Models in a Digital Library Service*, Proc. Of Int. Conf. on User Modelling, July 2001.
8. F. ESPOSITO, G. SEMERARO, F. ABBATTISTA, N. FANIZZI, S. FERILLI: *Intelligent Information Retrieval in a Digital Library Service*, Proc. of the First DELOS Network of Excellence Workshop on "Information Seeking, Searching and Querying in Digital Libraries", Dicembre 2000.
9. G. SEMERARO, M. DEGEMMIS, P. LOPS, U. THIEL, M. L'ABBATE: *A Personalized Information Search Process Based on Dialoguing Agents and User Profiling*, ECIR 2003, Pisa 14-16 April 2003, pp. 613-621.
10. G. SEMERARO, F. ESPOSITO, D. MALERBA, N. FANIZZI, S. FERILLI, P. LOPS: *IDL: A Prototypical Intelligent Digital Library Service*, 5<sup>th</sup> Congress of the Italian Association for Artificial Intelligence, Rome, Italy, September 17-19, 1997, pp. 447-450.
11. L. BORDONI, O. LICCHELLI, P. LOPS, F. POGGI, G. SEMERARO: *Learning preferences of users accessing digital libraries*, Proc. Of the 10<sup>th</sup> ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications, 26-30 July 2003, Madeira, Portugal, J. Cha et al. (eds), pp. 457-465.
12. O. LICCHELLI, F. ESPOSITO, G. SEMERARO, L. BORDONI, *Personalization to improve searching in a Digital Library*, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Workshop on New Developments in Digital

- Libraries, NDDL 2003, Angers, France, April 2003, pp.47-55.
13. G. MAINO, D. VISPARELLI: *Il museo virtuale dei mosaici*, Convegno "Contesti virtuali e fruizione dei beni culturali", Napoli, 22-23 Maggio 2003.
  14. D. CONTE, L.P. CORDELLA, P. FOGGIA, A. LIMONGIELLO, C. SANSONE, M. VENTO: *Acquisizione e fruizione su Internet di opere d'arte*, Convegno "Contesti virtuali e fruizione dei beni culturali", Napoli, 22-23 Maggio 2003.
  15. M. ZANCANARO, O. STOCK, I. ALFARO: *A multimedia museum guide with dynamic documentaries*, Convegno "Contesti virtuali e fruizione dei beni culturali", Napoli, 22-23 Maggio 2003.
  16. F. AMIGONI, V. SCHIAFFONATI: *The Minerva Multiagent System for Museum Organization*, Atti del Workshop "Intelligenza Artificiale per i Beni Culturali e le Biblioteche Digitali", a cura di L. Bordoni e F. Poggi, Pisa 23 Settembre 2003, pp. 55-59.
  17. Convegno "Contesti virtuali e fruizione dei beni culturali", Napoli, 22-23 Maggio 2003. <http://studi131.casaccia.enea.it/enea/aiia/napoli/napoli.html>
  18. C. DAVINO, R. DI MARTINO, F. MOLA, D. VISTOCCO: *Riconoscimento automatico di forme in archeologia: il caso della necropoli di Sala Consilina*, Atti del Workshop "Intelligenza Artificiale per i Beni Culturali", a cura di L. Bordoni, Bologna 14 Settembre 1999. <http://studi131.casaccia.enea.it/enea/it/wsb.html>
  19. S. DI GIOIA, U. MANISCALCO, L. MOLTEDO, *A connectionist system for classification of conglomerates grain*, Atti del Workshop "Intelligenza Artificiale per i Beni Culturali e le Biblioteche Digitali", a cura di L. Bordoni e F. Poggi, Pisa 23 Settembre 2003, pp. 13-17.
  20. O. MISSIKOFF: *Un approccio ontologico alla modellazione concettuale di un caso studio nel dominio dell'archeologia*, Atti del Workshop "Intelligenza Artificiale per i Beni Culturali e le Biblioteche Digitali", a cura di L. Bordoni e F. Poggi, Pisa 23 Settembre 2003, pp. 18-22.
  21. C. BERTORELLO, L. BORDONI, A. COLAGROSSI, G. MARTELLOTTI, C. SECCARONI: *Un sistema software per l'analisi della sequenza delle giornate negli affreschi*, Kermes, Nardini Editore n. 29, 1997, pp. 41-59.

Giacinto Gimignani – *Urania*

# Mito e tecnoscienza: la strana coppia

a cura di  
**FAUSTO BORRELLI**

scienza, tecnica,  
storia & società

Duemilacinquecento anni fa, Erodoto pensò per primo la storia come "storia di vicende umane", lasciando alle sue spalle un mondo di figure mitiche disorientanti che interferivano in quelle vicende. Duemilacinquecento anni dopo, ci troviamo in una situazione analoga, ma speculare rispetto a quella di Erodoto. Ci troviamo di fronte a un futuro dal quale irrompono presenze tecnoscientifiche assai più disorientanti delle arcaiche figure mitiche, dalle quali spesso le presenze tecnoscientifiche prendono il nome.

Nella prima parte di questo articolo viene immaginata – come ipotesi di lavoro – una storia umana come "intervallo" fra mito e tecnoscienza e vengono evidenziate le sorprendenti corrispondenze di questa "strana coppia", cioè dei caratteri delle figure mitiche e dei caratteri dei grandi progetti e prototipi tecnoscientifici. Nella seconda parte, si leggerà il mito di Prometeo, Epimeteo e Pandora sull'origine del fuoco e del sapere tecnico nei testi di Platone, Esiodo ed Eschilo.

## Mith and technoscience: the odd couple

*Twenty-five hundred years ago, Herodotus was the first to think of history as the "story of human affairs," thus jettisoning a whole misleading world of mythical beings who supposedly intervened in them. Twenty-five hundred years later, we find ourselves in a situation that seems to be a mirror image of Herodotus's. We face a future in which we glimpse technoscientific beings much more misleading than the archaic mythical ones whose names they often bear.*

*In the first part of this article, human history is imagined (in a working hypothesis) as an "interval" between myth and technoscience, and the surprising matches between the two members of this "odd couple" – that is, between the characteristics of the mythic figures and those of our grand technoscientific projects and prototypes – are brought out. The second part re-reads the myths of Prometheus, Epimetheus and Pandora, on the origin of fire and technical knowledge, as told by Plato, Hesiod and Aeschylus.*

*Un dono largito agli uomini piega al giogo di questo destino me, miserabile: chiusa nel cavo d'una canna furtiva sottraggo la sorgente della fiamma, che si rivelò ai mortali maestra d'ogni arte e formidabile risorsa. Non altre sono le colpe che espio avvinto da questi ceppi nel cielo spalancato.*

ESCHILO, Prometeo incatenato

### Un tema complesso e suggestivo

In un precedente lavoro, apparso su questa rivista, abbiamo toccato il tema del rapporto fra teologia e tecnoscienza, mostrando come fra i due argomenti, apparentemente lontani, vi fosse invece un legame molto stretto.

In questo lavoro, si affronterà il tema, ben più complesso, del rapporto fra mito e tecnoscienza, due argomenti che appaiono non soltanto lontani, ma addirittura antitetici. Non si dice forse che il pensiero razionale – di cui la tecnoscienza contemporanea è considerata come la più alta espressione storica – sia il risultato di un processo di emancipazione dal pensiero mitico?

### Antitesi apparente?

Riflettendo un po' meglio sull'antitesi fra mito e tecnoscienza è sorto il dubbio che le cose non siano state poi sempre così e che fra questa "strana coppia" vi sia sempre stata invece una sorta di arcaica affinità.

Ma come, il massimo di irrazionalità e il massimo di razionalità sarebbero connessi?

### Accadeva in Grecia nel V secolo

Sì, è proprio quello che era accaduto in Grecia nel V secolo, quando per la prima volta emerse il pensiero riflesso e, con esso, filosofia e pensiero scientifico. Tuttavia, nonostante l'apparire del pensiero riflesso, i Greci continuarono a servirsi sia del racconto mitico (*mithos*) sia del ragio-

namento argomentato (*lógos*) alternandoli caso per caso.

Nel "Protagora" di Platone, il sofista, nel momento in cui decide di spiegare l'origine del sapere tecnico basato sul fuoco, si rivolge agli astanti chiedendo loro che tipo di discorso avrebbero preferito: un racconto mitico o un ragionamento argomentato? Gli fu risposto di scegliere quello che lui ritenesse più adatto al tema; e Protagora ritenne più adatto proprio il racconto mitico. Ma già molto prima del V secolo, in Grecia si era stabilito un profondo legame fra mito e sapere tecnico. Cioè, mentre il mito prospettava un modo di vita beata – quello degli déi dell'Olimpo – il sapere tecnico si sforzava di avvicinare quel modo di vita beata con l'uso del fuoco connesso all'invenzione di strumenti tecnici. Strumenti tecnici che – come diciamo oggi – avrebbero dovuto aumentare la produttività del "lavoro-fatica" all'infinito, fino al sogno utopico di produrre, in un solo giorno, quello che si produceva con la fatica di un anno. È quello che letteralmente dice Esiodo (VIII sec. a. C.) in "Opere e giorni".

### I maestri del sospetto

A scanso di equivoci, diciamo subito che "i maestri del sospetto" di questa vicinanza paradossale fra mito e tecnoscienza non sono i filosofi – che pure adorano i paradossi – ma gli scienziati e i tecnologi. Sono stati proprio loro ad avvertire per primi una affinità fra questa "strana coppia"; e sono stati sempre loro a lasciare la traccia più consistente per comprendere il problema: i nomi mitologici scelti per i loro prototipi e i loro progetti.

Si tratta di una vicinanza a dir poco sorprendente, dato che le "figure mitiche" sono per loro natura: potenti, ambigue, fuori controllo umano e condizionano il destino degli uomini e del cosmo. Per gettare luce su questo oscuro legame è necessario però, per prima cosa, fare un passo indietro da gigante anzi, meglio, da titano come Prometeo.

## Dalle figure mitiche alle presenze tecnoscientifiche

Tutto cominciò duemilacinquecento anni fa, quando Erodoto (485-425 a.C.) pensò per primo la storia come storia di vicende umane, lasciando alle sue spalle un mondo di figure mitiche disorientanti e dispotiche che interferivano nelle vicende umane.

Da allora ci siamo mossi nella storia umana come fosse un acquisto perenne ed immutabile.

Oggi, venticinque secoli dopo, ci troviamo in una situazione analoga, ma speculari rispetto a quella in cui si era trovato Erodoto; quelle figure dispotiche e disorientanti le troviamo davanti, nel nostro futuro.

Ci troviamo cioè di fronte ad un futuro da cui irrompono "presenze tecnoscientifiche" assai più disorientanti delle antiche figure mitiche, dalle quali, sorprendentemente, esse prendono spesso il nome; assai più disorientanti perché assai più potenti e coinvolgenti e, nel contempo, gravi di conseguenze sul vivente, sull'ambiente, sul cosmo e sulle vetuste strutture istituzionali.

Si delinea così un futuro sempre più carico di dirompenti presenze tecnoscientifiche che si accalcano per penetrare a ritmo accelerato nella storia umana, sconvolgendola.

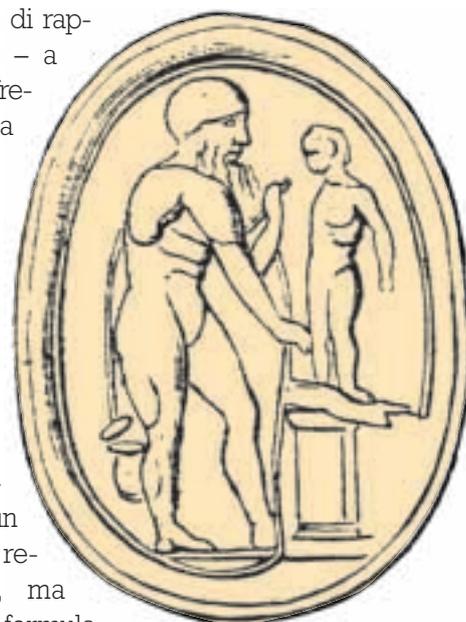
## Irruzione dal futuro

L'espressione "presenze disorientanti" vuol dire presenze che scuotono alla radice la fiducia in un "oriente metaforico", cioè in modi di vita ritenuti immutabili perché sedimentati nel corso di un profondo passato, ma destinati a relativizzarsi alle prime scosse della tecnoscienza – nuova presenza tellurica che "irrompe dal futuro" nella storia umana.

"Irrompere dal futuro" sembra essere una espressione insensata. Ma allora anche le "previsioni tecnologiche" – che tentano di "squarciare i velami" del futuro che noi stessi creiamo e che poi ci incombe – sarebbero insensate. In altri termini, questa

espressione è un tentativo di rapportarsi – con le parole – a quella potente spinta irrefrenabile che anima la ricerca tecnoscientifica e che "provoca" il futuro ad irrompere nella storia umana.

Non si fa ricerca se non si è presi da questa spinta passionale irrefrenabile – dicono coloro che hanno compiuto grandi scoperte scientifiche; e aggiungono: si ha un bel parlare di etica, di responsabilità, di confini, ma Einstein, davanti alla sua formula, non si è posto nessun altro problema al di fuori di quelli della ricerca; la ricerca deve essere fundamentalmente libera da vincoli.



Prometeo modella il corpo dell'uomo (ceramica greca)

## Massimo di tecnoscienza possibile

Questa spinta irrefrenabile vuole realizzare il "massimo di tecnoscienza possibile", cioè di tecnoscienza "oggi" ipotizzabile, ma "conoscibile" in tutti i suoi aspetti, reali e imprevedibili, soltanto "dopodomani", cioè un lasso di tempo dopo la sua irruzione nel mondo.

La spinta verso il "massimo di tecnoscienza possibile" è l'essenza più profonda del moderno mondo occidentale, chiamata anche spinta "faustiana", "titanica" o "prometeica".

## Una presenza tecnoscientifica dirompente: la clonazione umana

Come esempio di presenza tecnoscientifica dirompente ne offriamo qui uno solo per tutti gli altri: la clonazione umana. Annunciata nel febbraio 1997 su *Nature* – "Cloning humans from adult's tissue is likely to be achieved any time from one to ten years from now" – è puntualmente realizzata, con quattro anni di anticipo sul tempo massimo

previsto, agli inizi del 2003.

Al di là degli aspetti tecnoscientifici, delle potenzialità terapeutiche e delle riflessioni bioetiche – la clonazione umana è, in prospettiva, una presenza tecnoscientifica dirimpante perché recide il fondamentale nesso – naturale e vitale – fra desiderio e procreazione, base di ogni cultura.

La clonazione, infatti, è riproduzione asessuata dove il desiderio non svolge più alcun ruolo – come nella partenogenesi o nella riproduzione per talea che si fa con le piante in balcone. Al solo presentarsi, la clonazione umana “altera” gli ingredienti primi della storia umana nella loro essenza vitale più profonda.

Colpisce quella donna e quell'uomo che da sempre hanno procreato nel desiderio reciproco, dando vita, nell'eros, ad altri esseri umani diversi e provvedendo – in un modo che funziona da milioni di anni – alla continuazione della specie e della storia.

Con la clonazione umana tutto questo viene relativizzato, non è più un “unicum”.

Il desiderio prende la strada del gioco erotico, la procreazione quella del laboratorio e le generazioni quella delle replicazioni.

### Centralità del desiderio nella cultura umana

Ricordiamo, se ve ne fosse bisogno, che la maggior parte delle espressioni artistiche delle culture di tutti i tempi non siano altro che rappresentazioni figurative, poetico-letterarie o musicali di un continuo canto del desiderio: dalla tentazione di esistere nell'eros di Adamo ed Eva al Cantico dei Cantici; dalla lirica greca a quella latina; dalla prima alla milleunesima notte di Sherazade; da Abelardo ed Eloisa a Paolo e Francesca; da Giulietta e Romeo a Renzo e Lucia; da Edoardo e Ottilia delle “Affinità elettive” a Tristano e Isotta; da Alfredo e Violetta a Tosca e Cavaradossi; dal “breve incontro” di David Lean al “lungo incontro” di Martin Heidegger e Hannah Arendt. Tutto questo, come si è detto, con la clonazione viene aggirato.

Sulla centralità del desiderio nella Bibbia è fondamentale la lettura dell'opera del teologo americano David M. Carr: “The Erotic Word: Sexuality, Spirituality and the Bible”, Oxford University Press, 2003. Carr, studioso di esegesi biblica, ci mette di fronte a verità da sempre avvertite, ma rimosse.

Professore di “Old Testament” alla “Union Theological Seminary” di New York, David M. Carr mostra in modo inequivocabile che:

«... the Bible tells us that humans, both male and female, were created in the image of a passionate God. The Bible, particularly the Hebrew Bible, affirms erotic passion, both eros between humans and eros between God and humans... Passionate love is the primary human vocation”.

Tutto questo, ripetiamo ancora, viene “relativizzato” dalla clonazione umana.

### La storia come intervallo tra mito e tecnoscienza

Dal tipo di riflessioni appena sviluppate, viene immaginata, come ipotesi di lavoro, una storia umana come “intervallo” fra mito e tecnoscienza.

Questa ipotesi trova le sue radici in pensatori e pensatrici di estrazione molto diversa: Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), Nicolaj Berdiaev (1874-1948), Alfred Einstein (1879-1955), José Ortega y Gasset (1883-1955), Romano Guardini (1885-1968), Martin Heidegger (1889-1976), Ernst Jünger (1895-1998), Friedrich Jünger (1898-1977), André Leroi-Gouhan (1911-1986), Jacques Ellul (1912-1994), Emanuele Severino (1929), Luce Irigaray (1930), Donna H. Haraway, Umberto Galimberti, e soprattutto Bernard Stiegler (1950) – allievo di Derrida – le cui importanti riflessioni su “tempo e tecnica” sono state pubblicate in una trilogia apparsa fra il 1994 e il 2001:

- Volume I: *La technique et le temps. La faute d'Epiméthee*, Galilée 1994 (pagg. 284);
- Volume II: *La technique et le temps. La désorientation*, Galilée 1996 (pagg. 282);
- Volume III: *La technique et le temps. Le*

*temps du cinéma et la question du mal-être*, Galilée 2001 (pagg; 330).

## Prometeo spinta propulsiva del mondo occidentale

Il titolo del primo volume della trilogia di Bernard Stiegler è: *La technique et le temps. La faute d'Epiméthée* (La tecnica e il tempo. L'errore di Epimeteo). Nel titolo si nomina Epimeteo "colui che pensa soltanto dopo", fratello di Prometeo "colui che pensa prima".

Il titolo di un famoso saggio di David S. Landes è: *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in the Western Europe from 1750 to the Present*.

In questo titolo, Prometeo – liberato dalle catene di Zeus per il fuoco rubato a beneficio degli uomini – diventa nientemeno che metafora della spinta propulsiva del mondo occidentale.

I libri che nei loro titoli hanno Prometeo sono molti; per questo non li citeremo, ritenendo che questi due titoli siano sufficienti per evidenziare la rilevanza attuale di questa figura mitica.

## Prototipi e nomi

Si è accennato in precedenza che sono stati gli scienziati e i tecnologi ad avvertire una affinità fra mito e tecnoscienza, offrendoci anche la traccia per avvicinarsi al problema. La traccia, come si è detto, è quella dei nomi mitologici che spesso sono stati prescelti per progetti e prototipi innovativi; nomi suggestivi che si rifanno in genere al "numinoso" e alla mitologia greca.

*Superphenix* da *Phenix*, prototipo di potentissimo reattore autofertilizzante che, come l'araba fenice, rinasce sempre dalle sue ceneri; *Apollo*, progetto che invia sulla luna gli argonauti dello spazio; *Adone* da *Ada*, bellissimo acceleratore alla conquista di nuove particelle; *Saturno 5*, grande vettore del progetto Apollo; *Creso*, grano geneticamente modificato che, per la sua ricca

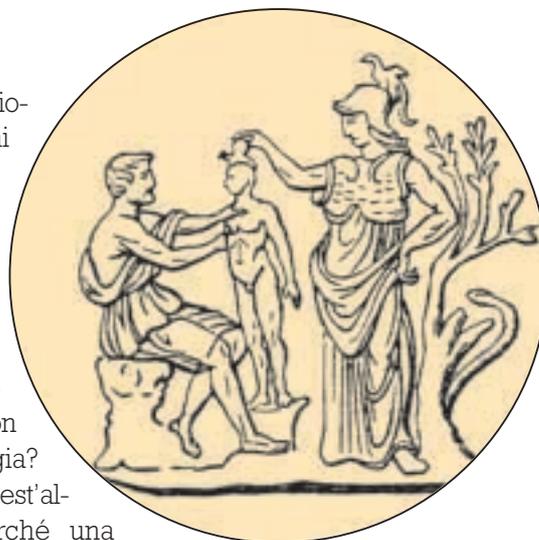
resa, prende il mitico nome del ricchissimo re dell'antica Lidia; *Titan*, razzo vettore più volte utilizzato, per la sua titanica forza, nelle ricerche spaziali; *Ariane*, razzo vettore che guida sonde e satelliti, aiutandoli a districarsi nei labirinti celesti; *ENEA*, organismo alla ricerca di nuovi lidi; *Moses*, prototipo di macchina che separa le acque della laguna di Venezia da quella del mare aperto; *Osirak*, reattore nucleare francese costruito per andare in Mesopotamia, dove non arrivò mai; *Prometheus*, potente missile terra-terra; *Chimera*, mix cellulare di due specie diverse come uomo e coniglio; *Penelope*, progetto di tessitura di Costituzione Europea in grado di essere fatta e disfatta secondo le esigenze; *Prometeo* e *Pandora*, nomi di due satelliti di Saturno verso cui viaggiano le sonde di un omonimo progetto per la loro osservazione; *Prometeo@polial-polito.it*, consorzio per leghe speciali; *Prometea*, recentissimo prototipo di puledra clonata, annunciato nell'agosto 2003.

Questi esempi di nomi mitologici sono suggeriti soltanto dalla memoria. Ma volendo andarli a cercare sicuramente se ne troverebbero molti altri, come: *Dafne*, *Era*, *Nettuno*, *Proteo* e così via. La domanda a questo punto è: si tratta solo di una questione estetica, di nomi suggestivi, oppure la scelta di questi nomi "nasconde e rivela" qualche altra cosa più interessante?

Athena aiuta Prometeo a modellare il corpo dell'uomo (ceramica greca)

## Due facce

Scartata la spiegazione estetica dei nomi mitologici, la domanda si ripropone: per quale ragione i prototipi della tecnoscienza – dalla fisica alla genetica – vengono spesso chiamati con nomi della mitologia? Poniamoci allora quest'altra domanda: perché una



banca, un carcere o un ospedale possono essere chiamati con il nome di un santo, della Regina del Cielo o del Santo Spirito, mentre questi nomi non andrebbero bene per un reattore nucleare, un organismo clonato, un mix cellulare uomo-coniglio o un missile?

La risposta è questa: perché i progetti e i prototipi innovativi della tecnoscienza presentano, in genere, due facce; il reattore nucleare tradizionale, ad esempio, presenta una faccia positiva (elettricità in abbondanza, luce, calore e benessere) e una faccia negativa (Cernobyl con tutte le sue molteplici conseguenze).

Le cose "sante" nell'immaginario sono invece sempre positive, mai negative, né ambigue. Dare un nome "santo" a un reattore nucleare, a un organismo clonato, a un mix cellulare oppure a un vettore spaziale non va assolutamente bene, sa di sacrilegio<sup>1</sup>.

Prometeo con il fuoco divino rubato (ceramica greca)



## Il rango della tecnoscienza

Nonostante questo, le conquiste della scienza e della tecnica godono, nell'immaginario, di un "rango" elevatissimo, anche se hanno due facce. La tecnoscienza e i suoi progetti e prototipi hanno infatti un rango elevato perché "fanno miracoli". La stessa medicina moderna è considerata "miracolosa", anche se ha una faccia oscura chiamata eufemisticamente "effetto collaterale" o "controindicazione".

Ma il "santo" – ricordiamo – "fa miracoli senza farmaci", il santo fa "guarigioni miracolose" sollecitato soltanto dalla devozione

sincera, dalla preghiera e dai pellegrinaggi al "Santuario", da cui sovente si torna guariti "per grazia ricevuta". Come uscire da questa "impasse"? Dove trovare altri nomi?

## Il ritorno degli dèi in metamorfosi tecnoscientifica

Dove trovare delle figure "numinose" che fanno miracoli ma che, a differenza del "santo", siano ambigue, amorali, insofferenti al controllo dell'uomo e abbiano un rango elevatissimo fuori discussione?

Il soccorso arriva dalle rimembranze umanistiche che, inconsciamente, fanno "ritornare" gli dèi scomparsi dall'Olimpo. Del resto non è la prima volta che gli dèi scompaiono dall'Olimpo per ricomparire in un altro luogo e in un'altra forma.

Accadde già in tempi mitici quando gli dèi furono terrorizzati dal mostro Tifone, figlio di Gea e del Tartaro. Tifone era alto più di qualsiasi montagna, col capo sfiorava le stelle; stendendo le braccia toccava con una mano l'Oriente e con l'altra l'Occidente; al posto delle dita aveva cento teste di draghi; dalla cintola in giù era circondato di vipere; lanciava fiamme dagli occhi e si spostava rapidamente per mezzo di due ali immense. Quando gli dèi lo videro, fuggirono terrorizzati in Egitto, trasformandosi in animali: Apollo in nibbio, Ares in pesce, Hermes in ibis, Dionisio in caprone ed Efesto in bue. Solo Zeus lo affrontò, ma fu sopraffatto dal mostro che gli strappò i tendini e i muscoli delle braccia e delle gambe, nascondendoli in una pelle di orso sorvegliata da un drago. Zeus, enervato, fu gettato in una caverna in Cilicia. Hermes trafugò tendini e muscoli reimpiantandoli abilmente nel corpo di Zeus, che ricominciò la lotta con Tifone in cielo, in terra e sui monti della Tracia che cominciarono a grondare sangue. Tifone fu messo in fuga dai fulmini scagliati da Zeus, che lo raggiunse in Sicilia

<sup>1</sup> L'eccezione che conferma la regola è quella del Progetto San Marco, a suo tempo caldeggiato dalla Santa Sede. In questo caso, infatti, il nome del Santo è d'obbligo, perché è proprio il primo Evangelista, Marco, che – in metamorfosi tecnoscientifica – diffonde la Buona Novella nello spazio planetario per mezzo di un satellite messo appositamente in orbita. L'opportuna osservazione è dell'ingegner Marco Martini.

e lo schiacciò vivo sotto l'Etna – da dove Tifone urla e vomita ancora fiamme mescolate a residui infocati dei fulmini di Zeus.

In Egitto vi fu una metamorfosi animale, in Occidente – oggi – una metamorfosi tecnoscientifica degli dèi dell'Olimpo.

### Recupero di una antica vicinanza perduta

Le “figure mitologiche” infatti hanno caratteristiche del tutto simili a quelle dei potenti prototipi della tecnoscienza: sono potenti come loro; sono ambigue; sono al di là del bene e del male; sfuggono al controllo dell'uomo; interferiscono con volontà dispotica sul destino dell'uomo e del cosmo; compiono atti straordinari e miracolosi; sono di rango “numinoso” elevatissimo al pari dei “santi”.

In breve, accade che:

- gli dèi ricacciati da Erodoto “nel passato” ricompaiono oggi, irrompendo dal futuro, in metamorfosi tecnoscientifica come prototipi innovativi e progetti;
- la tecnoscienza si colloca al di là della “terra dei santi”; e
- la “strana coppia” (mito e tecnoscienza) recupera il senso di una antica vicinanza perduta.

È arrivato il momento di occuparsi di Prometeo.

### Il mito di Prometeo

Prometeo, figlio del titano Giapeto e della nereide Asia, è dotato di straordinaria chiaroveggenza, al contrario del fratello Epimeteo che prima agisce poi riflette.

Zeus incarica Prometeo di fabbricare i viventi. Mentre Prometeo predispone le forme, Epimeteo assegna ai viventi le doti naturali per la sopravvivenza. Epimeteo però commette un imperdonabile errore: esaurisce la scorta di doti naturali per la sopravvivenza assegnandole tutte agli animali. L'uomo resta indifeso.

Preoccupato per l'errore di Epimeteo,

Prometeo ruba il fuoco divino al carro del Sole e lo dà agli uomini compensandoli, con una dote non naturale, della mancanza di doti naturali.

Con il fuoco divino l'uomo sviluppa il sapere tecnico garantendosi la sopravvivenza, ma imprudentemente si avvicina troppo alla condizione degli dèi.

Per questo Zeus è furente e decide di punire sia gli uomini, sia Prometeo.

Per punire gli uomini, Zeus fa costruire da Ermes un vaso “ermeticamente” chiuso con dentro tutti i malanni. Affida il vaso a Pandora, una bellissima fanciulla non nata di donna ma fabbricata da un gruppo di dèi. Pandora porterà quel vaso, come dono di Zeus, a Epimeteo per le sue nozze con Pandora. Nonostante la chiaroveggenza di Prometeo che aveva avvisato il fratello di non accettare mai un dono di Zeus portato da una donna, Epimeteo accetta il vaso e incautamente lo apre. Da esso escono tutti i malanni meno la speranza, sarcastico conforto di Zeus per sopportare quei malanni.

Ma la peggiore punizione, Zeus la riserva per l'ex fido Prometeo – ladro del fuoco divino – che viene incatenato sulla più alta vetta del Caucaso visibile dal mare lontano, dove un'aquila mostruosa, figlia di Tifone, gli divora di giorno il fegato che ricresce di notte. Prometeo resterà incatenato ad imprecare contro Zeus per trentamila anni, sopportando indomito il supplizio perché – chiaroveggente – è confortato dalla conoscenza del segreto della caduta degli dèi nel nulla.

Segreto che Zeus cercherà invano di carpirgli per evitare un fato inevitabile.

Giasone e gli argo-

Pandora  
(ceramica greca)



nauti racconteranno di aver visto Prometeo incatenato alla vetta del Caucaso – ed udito i suoi lamenti strazianti – passandovi sotto con la nave mentre cercavano il vello d'oro. Si dice che Prometeo venne liberato da Eracle; ma il “Prometeo liberato” di Eschilo è andato perduto e Prometeo potrebbe trovarsi ancora là, in Cecenia.

### Prometeo: un emblema permanente

Prima di affrontare i testi classici di Platone, Esiodo ed Eschilo, è opportuno un breve “excursus” sulla figura di Prometeo che, del rapporto fra mito e tecnoscienza, è un emblema permanente.

Prometeo è una delle più grandi figure che sono scaturite dalla profondità del mito greco ed ha una tradizione artistica e letteraria che, dalla più lontana antichità classica si estende ininterrotta fino ai nostri giorni.

In origine “nume del fuoco”, poeti, scrittori e mitografi rivestono Prometeo dei più vari e complessi significati filosofici e morali, facendone un simbolo dello spirito umano nel suo anelito verso la conoscenza, l'autonomia e la libertà.

### Dall'antichità cristiana a Rousseau

Nell'antichità cristiana si forma presto una interpretazione favorevole a Prometeo, il salvatore degli uomini. Quel Prometeo che si ribella contro gli dèi “falsi e bugiardi”, quel Prometeo che viene incatenato ad una roccia in una posa che prefigura il Crocifisso, riscuote le simpatie di Tertulliano e Sant'Agostino. L'interpretazione cristiana del mito arriva fino al XVII secolo con la commedia di Calderon de la Barca *La estatua de Prometeo*, piena di riferimenti teologici.

Con Rousseau, preceduto da Voltaire, la figura di Prometeo si attualizza nel senso che, mentre Prometeo dona all'uomo il fuoco divino, mette anche in guardia le generazioni future – cioè le nostre generazio-

ni – dall'eccesso di ragione, di potenza tecnica, di ricchezza, che possono derivare da quel “dono”. Nel frontespizio del suo *Discours* del 1750, Rousseau ha fatto raffigurare Prometeo che, mentre dà il fuoco all'uomo, allerta un satiro barbuto che si intromette per toccare la fiamma: “Satiro tu non conosci il fuoco! Rimpiangerai la barba del tuo mento perché a toccarlo brucia!”.

### Dal Romanticismo ai nostri giorni

Con il Romanticismo, Prometeo torna ad esser quell'indomito ribelle che impreca contro Zeus, come nel “Prometeo incatenato” di Eschilo.

In questo atteggiamento del ribelle, Prometeo riscuote le simpatie di Goethe (Prometeo-Faust), Percy B. Shelley, Vincenzo Monti (Prometeo-Napoleone), Manzoni, Beethoven (Le creature di Prometeo), Mary Shelley (Prometeo-dottor Frankenstein), Leopardi (La scommessa di Prometeo), Marx (Prometeo-Proletariato), De Nerval, Listz, Wagner (Prometeo-Sigfrido), Nietzsche (Prometeo-Zarathustra), Giosuè Carducci (Prometeo-Satana e la ferrovia), Kafka, De Chirico, Bachelard (Il complesso di Prometeo), Camus (Prometeo-Sisifo), Kokoschka, Pavese, Henri Moore e Heinrich Müller.

Ai nostri giorni David Landes, come abbiamo visto, ha fatto di Prometeo la spinta propulsiva dello sviluppo della moderna economia occidentale basata sull'innovazione tecnologica; mentre scienziati e tecnologi sono ricorsi a Prometeo e ad altre figure mitiche per i nomi dei loro progetti e prototipi tecnoscientifici.

L'ultimo prototipo arriva nell'agosto 2003 dalla biotecnologia: è Prometea, una puledra clonata.

Passiamo adesso alla “diretta mitologica” con i testi di Platone, Esiodo ed Eschilo che ci parlano di Prometeo, Epimeteo e Pandora e dell'origine del sapere tecnico.

[continua]

[FINE DELLA PRIMA PARTE]



## La certificazione energetica degli edifici nelle raccomandazioni UNI-CTI

VINCENZO LATTANZI\*,  
FRANCESCA CAPPELLETTI\*\*

\* ENEA, Unità di Agenzia - Bari

\*\* Università IUAV di Venezia

La legge 9 gennaio 1991, n. 10 prevedeva l'emanazione, entro 90 giorni, di un decreto attuativo che definisse le modalità con cui operare la certificazione energetica degli edifici. In particolare all'art. 30, la certificazione energetica è definita come "l'atto che documenterà il valore del fabbisogno energetico di un immobile e che verrà allegato in sede di compravendita o locazione", mentre l'art. 32 rende obbligatoria la certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche dei componenti degli edifici e degli impianti. Entrambi gli articoli prevedevano la successiva pubblicazione di decreto del Presidente della Repubblica, "adottato previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, sentito il parere del Consiglio di Stato, su proposta del Ministro dell'indu-

stria, del commercio e dell'artigianato, sentito il Ministro dei lavori pubblici e l'ENEA"<sup>1</sup>. Mentre il decreto attuativo dell'articolo 32 è stato emanato nel 1998<sup>2</sup>, per l'articolo 30 non esiste alcun decreto che lo renda operativo. Per quanto riguarda le funzioni amministrative, in tema di energia e per tutti i compiti previsti dagli articoli 12, 14 e 30 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, il Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112<sup>3</sup>, attribuisce competenza alle Regioni. In particolare "per quanto attiene alle funzioni di cui al medesimo articolo 30 della legge n. 10 del 1991 trasferite alle Regioni, resta ferma la funzione d'indirizzo ai sensi dell'articolo 8 della legge 15 marzo 1997, n. 59".

Di fatto, quindi, sulle modalità con cui certificare gli edifici nessun documento normativo

ufficiale soddisfa le esigenze di chiarezza, applicabilità e completezza. Nonostante questo vuoto legislativo già da qualche anno a livello locale sono state avviate delle iniziative per la certificazione energetica degli edifici di nuova costruzione. Ne sono esempi i certificati energetici rilasciati dall'Ufficio Aria e Rumore della Provincia Autonoma di Bolzano<sup>4</sup>, le certificazioni emesse dai Punti Energia della Regione Lombardia e altre analoghe iniziative che promuovono il risparmio energetico per mezzo di una riduzione dei consumi di risorse non rinnovabili e delle relative emissioni di gas inquinanti.

A livello europeo la recente Direttiva Europea 2002/91/CE del 16 dicembre 2002 "Energy performance of buildings"<sup>5</sup> ha dato un notevole impulso alla emanazione di linee guida nazionali, poiché rende obbligatorio entro il 4 gennaio 2006 l'adozione di uno strumento per la certificazione energetica degli edifici. L'Italia, dunque, come gli altri paesi europei è chiamata ad adeguarsi alla direttiva nei tempi previsti.

### L'iniziativa del Comitato Termotecnico Italiano

Da quanto evidenziato nella premessa emergono almeno due considerazioni: nel nostro Paese il trasferimento di competenze alle Regioni, se da una parte facilita l'attuazione di programmi di certificazione energetica degli edifici a livello territoriale, dall'altra rende ancora più urgente l'emissione, da parte del Governo, di un decreto di indirizzo, che indichi le linee guida da seguire al fine di assicurare uniformità di intenti. Inoltre neppure le indicazioni a livello europeo possono costituire un riferimento, dal momento che la recente Direttiva 2002/91 non impone alcun metodo specifico, ma stabilisce unicamente i principi generali e gli obiettivi la-

sciando agli Stati membri l'autonomia delle modalità attuative ottimali per la loro specificità nazionale e/o regionale.

La necessità di offrire un riferimento nazionale standard, in un momento in cui Regioni e Province sono indirizzate ad operare in piena autonomia, ha spinto il Comitato Termotecnico Italiano a dare nel più breve tempo possibile delle indicazioni ufficiali in tema di certificazione energetica. L'impegno del CTI è finalizzato a mettere a disposizione in tempi brevi, gli strumenti normativi necessari per la promozione di una regolamentazione effettivamente applicabile, il più possibile uniforme sul territorio nazionale, e che consenta il conseguimento di un reale risparmio energetico. I lavori sono iniziati considerando le indicazioni della Direttiva. In particolare essa prevede (art. 3) che la metodologia per il calcolo del rendimento energetico sia stabilita e applicata dagli Stati membri a livello nazionale o regionale considerando per il calcolo la coibentazione, il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di fonti di energia rinnovabili, le caratteristiche architettoniche dell'edificio. Per il calcolo del rendimento energetico degli edifici, definito come "...la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari fabbisogni connessi ad un uso standard dell'edificio...", devono essere utilizzate la norma EN 832 "Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali"<sup>6</sup> e il progetto di norma prEN 13790 "Thermal performance of buildings - Calculation of energy use or space heating"<sup>7</sup> che si riferisce a tutte le tipologie di edificio.

I lavori del CTI, svolti in seno ai Sottocomitati SC1, SC5 e SC6,

hanno portato alla elaborazione di due raccomandazioni (in fase di pubblicazione), che in seguito potranno diventare norme, per consentire il calcolo del consumo energetico invernale degli edifici, dell'acqua calda sanitaria e la determinazione dei consumi estivi. Al momento i riferimenti normativi che contengono tutte le indicazioni tecniche necessarie per il calcolo del rendimento energetico ai fini della certificazione energetica degli edifici sono quindi i seguenti:

- Norma tecnica UNI EN 832 e relativa Raccomandazione per calcolo del fabbisogno di energia termica dell'edificio
- Norma tecnica UNI 10348<sup>8</sup> e relativa Raccomandazione per il calcolo del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti degli impianti.

#### La Raccomandazione UNI-CTI

Il GL8/SC1 del CTI ha approvato il 23 maggio 2003 la Raccomandazione "Prestazione termica degli edifici. Esecuzione della certificazione energetica. Dati relativi all'edificio"<sup>9</sup> redatta con lo scopo di definire i dati, relativi all'edificio, richiesti per il calcolo del fabbisogno di calore per il riscaldamento degli edifici ai fini della certificazione energetica.

La Raccomandazione è scaturita dall'esigenza di rendere applicabile a tutti gli edifici la UNI EN 832, ritenendo ormai assodato il metodo di calcolo ivi contenuto. La Raccomandazione contiene infatti un elenco dei dati di cui è necessario disporre per il calcolo del fabbisogno termico dell'edificio (paragrafi 5 e 6), descrive le procedure e le modalità di rilievo dei dati in campo (paragrafo 7), e adotta delle precise ipotesi di calcolo (paragrafo 8). Essa si pone, pertanto, come guida per chi sarà il responsabile della pratica di certificazione.

Tale Raccomandazione può essere applicata a tutti gli edifici riscaldati esistenti, qualunque sia la destinazione d'uso; non si applica a progetti di edifici non ancora realizzati.

I dati necessari per il calcolo del fabbisogno sono classificati in dati climatici della località, ricavabili da UNI 10349<sup>10</sup>, in dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio e in dati relativi alle caratteristiche tipologiche, costruttive e termiche dell'edificio. Questi ultimi possono essere ricavati dal progetto termico del sistema edificio-impianto, se ritenuti affidabili, oppure, sulla base della tipologia edilizia e previo sopralluogo in campo. Riguardo a quest'ultima opzione di rilevamento dei dati, la Raccomandazione, al paragrafo 7, suggerisce le procedure da seguire in campo. Tuttavia, uno dei problemi più rilevanti consiste nell'individuazione delle caratteristiche costruttive e dei relativi parametri termici dei componenti edilizi qualora non si disponga dei progetti e delle relative schede tecniche. Infatti, per la determinazione del fabbisogno termico degli edifici, uno dei parametri più importanti riguarda la quota di energia termica trasmessa attraverso l'involucro, quota che è legata alle caratteristiche termiche dei materiali che costituiscono la stratigrafia delle strutture. L'appendice A della Raccomandazione, ancora in fase di completamento, riporta pertanto delle tabelle che consentono di individuare il valore della trasmittanza termica per le diverse strutture opache verticali e orizzontali sulla base dello spessore e dell'anno di costruzione anche senza conoscere la composizione precisa. Inoltre, la stessa appendice A riporta gli abachi relativi a tipologie costruttive tra le più comunemente impiegate nelle diverse località geografiche, suddivise secondo diversi

periodi storici.

A queste tabelle ed abachi è quindi possibile ricorrere in mancanza di documentazione tecnica attestante l'esatta stratigrafia e le caratteristiche termiche dei materiali utilizzati. In caso contrario, è possibile determinare la trasmittanza termica come da UNI 10351<sup>11</sup> e da UNI 10355<sup>12</sup> o calcolarla secondo UNI EN 6946<sup>13</sup>.

È importante sottolineare come, anche nel caso sia disponibile il progetto termico, è necessario procedere ad un sopralluogo in campo per una verifica di massima della correttezza dei dati ricavati dalla documentazione di progetto.

Una seconda questione affrontata e risolta dalla Raccomandazione consiste nel definire un valore di fabbisogno termico che sia indipendente da fattori soggettivi e abitudinali. Per svincolare i dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio da specifiche abitudini e comportamenti, l'Appendice B della Raccomandazione riporta dei valori standard da utilizzare nel calcolo del fabbisogno. Questi valori sono stati definiti anche in funzione della destinazione d'uso dell'edificio e della zona climatica in cui la località rientra. Essi riguardano la temperatura interna, i ricambi d'aria, il periodo di riscaldamento, la gestione degli schermi esterni, gli apporti di calore interni. Questi ultimi vengono computati sulla base della superficie lorda in pianta.

Il bilancio energetico dell'edificio, effettuato secondo il metodo fornito dalla norma UNI EN 832, "...deve essere calcolato adottando il singolo mese come periodo di calcolo" e considerando come unica zona termica quelle porzioni di edificio aventi la medesima destinazione d'uso riscaldate da un unico sistema di riscaldamento.

Infine l'appendice C riporta gli

schemi per l'acquisizione dei dati necessari per il calcolo, mentre l'Appendice D "Esempio di lista descrittiva dell'Edificio" vuole essere un esempio di modulo da compilare a completamento della descrizione dell'edificio ai fini di dare dei suggerimenti e delle indicazioni all'utente circa i possibili interventi di risparmio energetico da effettuare.

### Conclusioni

Con l'approvazione di questa Raccomandazione e, a breve, della "Raccomandazione per l'utilizzo della norma UNI 10348 ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria e del rendimento degli impianti di riscaldamento e/o di produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari" il CTI avrà mantenuto l'impegno di cui in premessa per la definizione di una metodologia da applicare a livello nazionale.

Sarebbe auspicabile che le diverse Regioni sulla base delle deleghe previste nell'ambito del D.Lgs. 112/98 adottino tali strumenti normativi nella legislazione regionale relativa alla certificazione energetica.

Le Raccomandazioni CTI costituiscono solo una premessa per la definizione della procedura di certificazione. Le modalità con cui verrà applicata non sono ancora state definite a livello nazionale. Tuttavia si deve sottolineare che il successo dello strumento di certificazione è correlato, da una parte all'unificazione del metodo di calcolo per la valutazione della prestazione energetica e, dall'altra alla chiara definizione di come sono rilevati i dati necessari per il calcolo così da renderli indipendenti da arbitrarie interpretazioni.

Per completare il lavoro, è prioritario in questa fase applicare le due Raccomandazioni a casi studio per testare direttamente su casi reali l'applicazione delle stesse. A questo proposito l'Isti-

tuto Universitario di Architettura di Venezia (IUAV-Università degli Studi) in collaborazione con ENEA ha assegnato diverse tesi di laurea sull'argomento con l'obiettivo di verificare gli scostamenti tra i risultati ottenuti dall'applicazione delle due Raccomandazioni ed i consumi reali dell'edificio.

### Bibliografia

1. Legge 9 gennaio 1991, n.10, *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*, in G.U. 16 gennaio 1991 n.13.
2. Decreto Ministeriale 2 Aprile 1998 - *Modalità di certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti ad essi connessi*, in G.U. 5 maggio 1998 n.102.
3. Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n.112, *Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli enti locali*, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.
4. Provincia di Bolzano, Ufficio Aria e Rumore, *KlimaHaus CasaClima. Calcolo degli indici termici. Guida al calcolo degli indici*, in [www.provinz.bz.it/umweltagentur/2902/klimahaus](http://www.provinz.bz.it/umweltagentur/2902/klimahaus)
5. Direttiva 91/2002/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, *Rendimento energetico nell'edilizia*, 16/12/2002.
6. UNI EN 832, *Prestazione termica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali*, 30/06/2001.
7. prEN 13790 *Thermal performance of buildings – Calculation of energy use or space heating*, progetto di norma
8. UNI 10348, *Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo*, 30/11/1993.
9. Raccomandazione UNI-CTI, *Prestazione termica degli edifici. Esecuzione della certificazione energetica. Dati relativi all'edificio*, approvata dal GL8/SC1 in data 23/05/2003.
10. UNI 10349, *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici*, 30/04/1994.
11. UNI 10351, *Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità*, 31/03/1994.
12. UNI 10355, *Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo*, 31/05/1994.
13. UNI EN ISO 6946, *Componenti e elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodi di calcolo*, 30/09/1999.



## Le ceneri vulcaniche affioranti sull'isola di Lampedusa

MARA GALLETTI\*, BIANCAMARIA NARCISI\*\*

ENEA

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

\*\* Progetto Speciale Clima Globale

note tecniche

Le ceneri vulcaniche prodotte nel corso di eruzioni esplosive, immesse nell'atmosfera e sospinte dai venti possono ricadere su aree geografiche molto vaste e comprendenti ambienti sedimentari differenti, sia marini sia terrestri. Studi su alcune eruzioni del passato hanno dimostrato che le ceneri di un singolo evento esplosivo possono ricoprire aree di dimensioni superiori a quelle del territorio dell'Unione Europea; nel caso di alcune vigorose eruzioni dei vulcani italiani, le ceneri hanno raggiunto il mar Mediterraneo orientale e persino la Russia meridionale, coprendo distanze in linea d'aria di migliaia di km<sup>1</sup>. La formazione di un livello di *tephra* (questo termine di origine greca è usato dagli studiosi come sinonimo di cenere vulca-

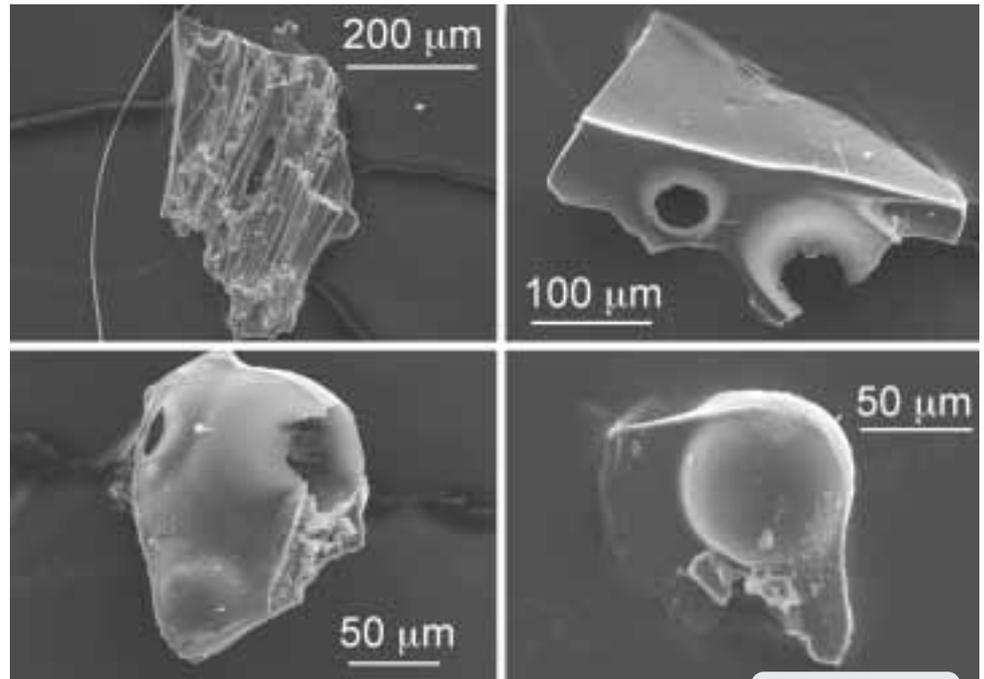
nica) è pressoché istantanea, se paragonata con la durata dei fenomeni geologici. Pertanto, ogni livello contenuto in una successione sedimentaria rappresenta una superficie isocrona e documenta un'eruzione del passato. Attraverso la caratterizzazione morfologica, mineralogica e geochemica del particolato di un orizzonte di *tephra*, è possibile risalire alla sorgente vulcanica e all'eruzione che lo ha generato. Lo studio degli orizzonti di *tephra* contribuisce alla soluzione di quesiti di carattere cronologico e stratigrafico; è ampiamente impiegato nelle ricerche di geologia del Quaternario e di geoarcheologia per datare cambiamenti paleoclimatici e paleoambientali<sup>2</sup>. In campo vulcanologico, ritrovamenti di ceneri in siti distanti dal vulcano di emissio-

ne forniscono elementi utili per valutare l'esplosività di una data eruzione. Infatti l'indice di esplosività VEI di una eruzione è calcolato in base all'altezza della colonna eruttiva, alla durata del fenomeno vulcanico ed al volume di materiale piroclastico emesso<sup>3</sup>; nel caso di eruzioni avvenute in tempi geologici, per le quali ovviamente non sono disponibili descrizioni ed osservazioni dirette del fenomeno, questo indice è ricavato dal rilevamento dell'areale coperto dai prodotti dell'eruzione. Una sequenza di livelli di *tephra* rappresenta un archivio di preziose informazioni vulcanologiche e contribuisce a definire la pericolosità di un vulcano.

Un recente studio dell'ENEA ha riguardato un livello di ceneri vulcaniche rinvenuto sull'isola di Lampedusa<sup>4</sup>. Quest'isola, ubicata nel Canale di Sicilia a soli 110 km dalle coste tunisine, rappresenta l'estremità meridionale del territorio italiano. È geologicamente costituita da rocce carbonatiche di età miocenica sulle quali poggiano, con un'ampia lacuna stratigrafica, sedimenti marini e continentali del Quaternario legati all'ultimo ciclo climatico interglaciale-glaciale (ultimi 125.000 anni). Nel corso di un rilevamento geologico condotto a Lampedusa per ricerche paleoclimatiche, è stato scoperto un sottile e discontinuo livello di *tephra* intercalato nei sedimenti quaternari. Le ceneri sono state esaminate al microscopio elettronico a scansione (SEM) e successivamente analizzate per definirne la composizione chimica relativamente al contenuto degli elementi maggiori, minori e in tracce. Le osservazioni al SEM hanno messo in evidenza la presenza nella cenere di pomici vescicolate, di sottili schegge vetrose e di

micro-granuli con morfologia globulare cava (figura 1). Questi ultimi sono alquanto inconsueti nelle ceneri vulcaniche e sono caratteristici di eruzioni di fluidi magmatici a bassa viscosità. Le analisi chimiche, effettuate con spettrometria X a dispersione di energia (EDS), indicano che le particelle sono composte essenzialmente da silicio, alluminio ed elementi alcalini (sodio e potassio) e, secondo lo schema in uso in vulcanologia, sono classificabili come rioliti peralcaline. Dal confronto dei dati raccolti analiticamente con quelli disponibili in letteratura, è emerso che le ceneri ritrovate a Lampedusa sono relative all'attività del vulcano di Pantelleria. Infatti le vulcaniti peralcaline sono piuttosto particolari e si trovano in poche località al mondo, una delle quali è appunto l'isola vulcanica di Pantelleria. La relazione con uno degli altri vulcani dell'area mediterranea è pertanto chiaramente da scartare. Da un'ulteriore interpretazione dei dati, emerge che la cenere vulcanica ritrovata a Lampedusa non è relativa alla ben nota eruzione del Tufo Verde, avvenuta a Pantelleria circa 50.000 anni fa, bensì ad un evento esplosivo pantesco verificatosi tra 50.000 e 125.000 anni dal presente.

Questo studio presenta molteplici risultanze. Esso fornisce indicazioni sull'età dei sedimenti di Lampedusa contenenti il livello di *tephra* e contribuisce all'inquadramento cronologico degli eventi paleoclimatici documentati in tali sedimenti. La cenere di Lampedusa possiede caratteristiche micro-morfologiche e geochemiche che la rendono facilmente distinguibile da altri livelli di cenere presenti nell'area e pertanto può rappresentare un'utile livello-guida per gli



**Figura 1**  
Immagini riprese al SEM dei granuli vetrosi della cenere di Lampedusa

studi stratigrafici nel Canale di Sicilia e nei territori a questo adiacenti. Questa ricerca costituisce il primo ritrovamento sulla terraferma di vulcaniti pantesche al di fuori dell'isola di Pantelleria e fornisce informazioni sulla storia esplosiva anti-

ca di questo vulcano, ancora limitatamente definita a causa della scarsità degli affioramenti sull'isola vulcanica.

Lo studio di questo livello di *tephra* ha rappresentato un'opportunità per il Laboratorio della Sezione PROT/CHIM del

Analita	AGV-1 certificato (mg kg <sup>-1</sup> )	AGV-1 misurato (mg kg <sup>-1</sup> )	<i>Tephra</i> di Lampedusa (mg kg <sup>-1</sup> )
Sc	12±1	12,3±0,8	4,1±0,1
Rb	67±1	70,9±3,6	91,5±0,7
Y	20±3	17,1±0,2	78,9±0,7
Zr	227±18	217±5	890±38
Nb	(15)	12,9±0,2	135±9
La	38±2	34,7±1,3	113±3
Ce	67±6	63,8±2,1	257±5
Nd	33±3	28,0±0,9	87,0±2,0
Sm	5,9±0,4	5,39±0,26	17,4±0,4
Eu	1,6±0,1	1,93±0,14	3,54±0,08
Gd	5,0±0,6	5,12±0,24	18,1±0,4
Dy	3,6±0,4	3,35±0,20	15,6±0,3
Er	(1,7)	1,78±0,12	8,94±0,17
Yb	1,72±0,2	1,54±0,08	8,04±0,10
Lu	0,27±0,03	0,23±0,02	1,19±0,02

**Tabella 1**  
Concentrazione degli elementi in tracce e delle terre rare nel materiale di riferimento AGV-1 e nella cenere di Lampedusa

Centro Ricerche della Casaccia di saggiare la tecnica di analisi di spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS) sulla matrice vulcanica<sup>5</sup>. Le misure di concentrazione di numerosi analiti (tabella 1) sono state eseguite con una apparecchiatura ELAN 6100 (Perkin-Elmer, SCIEX, Toronto, Canada). Al fine di individuare le migliori condizioni strumentali sono state effettuate prove variando alcuni parametri ritenuti significativi quali: tempi di conteggio delle singole masse, numero di repliche, Auto Lens On/Off, flusso del nebulizzatore, voltaggio delle lenti ecc. Particolare attenzione è stata posta alla prevenzione della contaminazione dei campioni e al controllo delle interferenze spettrali e di matrice. Il problema della contaminazione è stato tenuto sotto controllo utilizzando reagenti ad elevato grado di purezza e contenitori la cui idoneità è stata preventivamente saggiata. Per quanto riguarda le interferenze spettrali,

è stato sempre possibile per ogni analita, individuare una massa isotopica non interferita sulla quale effettuare la misura. Le interferenze di matrice sono state risolte diluendo il più possibile il campione, compatibilmente con i livelli di concentrazione degli analiti che si andavano a determinare.

L'aggiunta di uno standard interno (Rh a massa 103) ha sensibilmente migliorato le prestazioni analitiche strumentali.

Sei aliquote di cenere vulcanica di Lampedusa, preventivamente macinate in un mortaio di agata, sono state solubilizzate con una miscela di HNO<sub>3</sub>, HF e HClO<sub>4</sub> mediante un sistema di digestione a microonde. I campioni sono stati quindi fatti evaporare su una piastra riscaldante e successivamente diluiti con acqua bidistillata ad un volume finale di 25 mL. Ciascuna soluzione opportunamente diluita è stata direttamente analizzata.

L'accuratezza e la precisione del metodo utilizzato sono state

preventivamente verificate mediante l'analisi di dieci aliquote di un materiale di riferimento, USGS Andesite AGV-1, trattate esattamente come i campioni di cenere vulcanica.

La distribuzione degli elementi delle terre rare nella cenere rinvenuta di Lampedusa è risultata perfettamente coerente con quella delle rocce peralcaline di Pantelleria.

Ciò conferma pertanto quanto suggerito dalle analisi microscopiche e chimiche degli elementi maggiori circa l'origine di questa cenere.

### Bibliografia

1. B. NARCISI, L. VEZZOLI, *Glob. Planet. Ch.* 21, (1999), 31-50.
2. B. NARCISI, *Il Quaternario*, (1994), 545-554.
3. C.G. NEWHALL, S. SELF, *J. Geophys. Res.* 87, (1982), 1231-1238.
4. M. GALLETI, B. NARCISI, *GeoActa*, 2, (2003), in stampa.
5. R. CAPRIOLI, C. CREMISINI, M. GALLETI, XXI Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, Torino 22-27 Giugno (2003).

ENERGIA,  
AMBIENTE  
E INNOVAZIONE

dal **MONDO**

**La Finlandia è l'economia più competitiva**

**Trasporto di polveri e clima**

**Sole ed ecosistemi sub-polari**

### LA FINLANDIA È L'ECONOMIA PIÙ COMPETITIVA

Secondo l'ultima relazione sulla competitività globale, pubblicata dal Forum economico mondiale, l'economia della Finlandia è la più competitiva al mondo. La relazione del 2003 stila una classifica dei 102 paesi che producono complessivamente il 97,8 per cento del PIL mondiale, suddividendoli in due distinte categorie. Un "indice di competitività della crescita" valuta il potenziale di un paese per il raggiungimento di una crescita economica sostenuta a medio e lungo termine, mentre un "indice di competitività aziendale" analizza il livello di performance che caratterizza la competitività delle aziende di un determinato paese e la qualità dell'ambiente

imprenditoriale in cui si trovano ad operare.

La Finlandia si è classificata al primo posto in entrambi gli indici, presentandosi come l'economia nazionale più competitiva al mondo. Se si considera solo l'indice di crescita, sei dei primi dieci paesi sono europei: si tratta di tre Stati membri dell'UE e tre dell'Associazione europea di libero scambio (EFTA). Per l'indice delle imprese, solo Singapore e gli Stati Uniti hanno impedito che le nazioni europee occupassero i primi dieci posti della classifica. La relazione sulla competitività globale, che si basa sui contributi di imprenditori e dirigenti delle principali aziende di ogni paese, è stilata dal Forum economico mondiale, in collaborazione con 104 istituti partner in tutto il mondo, specialmente istituti di ricerca o università a livello nazionale.

### TRASPORTO DI POLVERI E CLIMA

Una ricerca effettuata da istituti scientifici della NOAA (l'ente americano e di ricerca per l'atmosfera e l'oceano) sul trasporto, da est verso ovest, di polveri e sabbia sahariane attraverso l'atmosfera ha confermato che questo fenomeno influenza il tempo ed il clima della regione caraibica, ma anche del Messico e della Florida. Le polveri, infatti, diventano nuclei di condensazione del vapor d'acqua atmosferico quando l'umidità dell'aria è elevata; la loro maggiore presenza favorisce lo sviluppo delle nubi e la formazione delle perturbazioni meteorologiche, soprattutto se esistono già condizioni di instabilità dell'aria nei bassi strati dell'atmosfera. Invece, laddove non esistono o sono trascurabili i processi di instabilizzazione termica (come alle medie latitudini o sui continenti) l'aumento delle polveri può portare ad effetti opposti: im-

pedire cioè la formazione delle nubi e quindi aumentare la siccità, oltre che peggiorare la qualità dell'aria. Secondo la ricerca, la causa scatenante è il riscaldamento globale. A causa dell'aggravarsi della siccità del Sahel, è aumentato il trasporto delle polveri dall'Africa; la siccità nel Sahel dipende dall'aumento della temperatura del mare che modifica le correnti aeree; la temperatura del mare, a sua volta, deriva dal riscaldamento globale.

Quando i venti spirano da sud, i problemi derivanti dalle polveri sahariane interessano anche l'Italia meridionale e gran parte del versante tirrenico dell'Italia centrale e settentrionale.

### SOLE ED ECOSISTEMI SUB-POLARI

Lievi variazioni nell'intensità del sole possono aver influito in modo prevedibile sul clima e sugli ecosistemi sub-polari negli ultimi 12.000 anni. Lo sostengono i ricercatori di diverse università statunitensi che hanno studiato le caratteristiche geochimiche e biologiche dei sedimenti dei laghi in Alaska. I dati provengono principalmente dal lago Arolik nella regione presso le montagne di Ahklun, lungo la costa sud-occidentale dell'Alaska.

Dall'esame della composizione biochimica dei campioni sono stati identificati cicli naturali riguardanti il clima e gli ecosistemi che sembrano essere collegati a deboli cicli solari e all'estensione della copertura di ghiaccio nel Nord Atlantico. Queste ricerche, condotte per oltre dieci anni e illustrate recentemente su *Science*, spiegherebbero esaurientemente i mutamenti avvenuti in passato negli ecosistemi di terra e d'acqua dolce alle latitudini settentrionali e potrebbero essere utilizzate per elaborare anche proiezioni sul futuro.



### SPAZIO EUROMEDITERRANEO DI ISTRUZIONE

Si è svolta a Catania il 7 e 8 novembre sul tema della "Creazione di uno spazio euromediterraneo di istruzione superiore" una riunione informale alla quale hanno partecipato i Ministri dell'istruzione superiore dell'Unione Europea e del bacino mediterraneo, i Presidenti delle Conferenze Rettori delle Università dei Paesi partecipanti, i Rappresentanti della Commissione Europea Istruzione e Cultura, dell'Associazione delle Università Europee (EUA) e dell'UNESCO. L'allargamento dello spazio europeo di istruzione superiore all'intera area mediterranea si inserisce nel contesto degli orientamenti dell'Unione

Europea mirati a: "sviluppare le risorse umane e promuovere la comprensione tra le culture e il riavvicinamento dei popoli nella regione euro mediterranea" (Dichiarazione di Barcellona del 1995); fornire assistenza alla ristrutturazione dei sistemi educativi e formativi di livello superiore nell'Area (Programma TEMPUS); garantire una cooperazione più strutturata fra l'UE e le istituzioni dei Paesi terzi ed una maggiore mobilità dell'Europa verso l'esterno, anche nell'ottica di promuovere la Comunità Europea quale centro mondiale di eccellenza per l'istruzione superiore, nonché per la ricerca scientifica e tecnologica (Programma ERASMUS/ MUNDUS). In linea di continuità con le attività già intraprese dall'Unione Europea, l'iniziativa mira a promuovere la realizzazione di una rete mediterranea di scuole superiori, in aree di formazione e ricerca considerate prioritarie dai diversi Paesi, e con uno stretto collegamento con i centri di eccellenza dell'istruzione superiore in Europa.

### SETTIMANA EUROPEA S&T

Promossa dalla Comunità Europea si è svolta dal 3 al 9 novembre scorso la Settimana europea della Scienza e della Tecnologia che ha visto impegnati i paesi membri in una serie di manifestazioni ed eventi.

In Italia, dove è ancora attivo il Progetto Nazionale per l'Educazione Scientifica e Tecnologica varato dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca che promuove, raccoglie e diffonde esperienze nel settore realizzate da scuole in collaborazione con Università ed altri soggetti pubblici e privati, si sono svolte importanti iniziative. Tra queste vanno ricordate: il

Festival della Scienza di Genova (23 ottobre - 3 novembre), per avvicinare i ragazzi alla scienza e quindi fornire loro strumenti per capire il mondo che li circonda, così come il Museo della Scienza e della Tecnica di Milano con l'iniziativa "La primavera della scienza".

Per "Sensibilizzare il cittadino europeo alla sicurezza informatica: esperienze internazionali e sfide per il futuro" si è svolto a Roma il 7 novembre EAWARE; mentre, presso il Laboratorio di Scienze Sperimentali di Foligno si è sviluppato il tema della "Matematica del concreto".

### PREMIO CARTESIO 2003

La cerimonia per la premiazione del terzo premio Cartesio per promuovere la dimensione europea delle carriere in R&S si è tenuta il 20 novembre a Roma, presso l'Accademia dei Lincei, alla presenza del Commissario europeo per la Ricerca, Philippe Busquin.

Il primo premio di 700.000 euro è stato assegnato a un progetto che ha eseguito ricerche pionieristiche su diodi emettitori di luce realizzati con polimeri (PLEDs - polymeric light-emitting diodes) per schermi luminosi e monitor, che si caratterizzano per il loro rivoluzionario potenziale. Il secondo premio del valore di 300.000 euro è stato assegnato a un progetto che migliora notevolmente l'efficacia dei sistemi di posizionamento e navigazione. Tale scoperta contribuirà a migliorare l'efficienza dei viaggi, della sicurezza personale, oltre ad accrescere l'affidabilità delle misurazioni geofisiche.

Quest'anno il premio si è soffermato sul tema della mobilità dei ricercatori europei e sui nuovi strumenti per accrescere la collaborazione transnazionale.

dall'**ITALIA****Archimede in Sicilia****Fondo per  
l'innovazione  
tecnologica****Zucchelli, benemerito  
della cultura****Accordo Italia-USA  
sull'ambiente****ARCHIMEDE IN SICILIA**

È stato presentato a Roma il 4 novembre da Carlo Rubbia per l'ENEA e da Paolo Scarani per l'ENEL, l'accordo di collaborazione fra i due enti per la realizzazione del Progetto Archimede. Un impianto solare a concentrazione da 21 MWe, sviluppato secondo una innovativa tecnologia messa a punto dall'ENEA per convertire in modo efficiente la luce diretta del sole in calore ad alta temperatura (550°), sarà realizzato per integrare la centrale di Priolo Gargallo (Siracusa), un moderno impianto termoelettrico a ciclo combinato dell'ENEL, alimentato a metano, che già produce elettricità.

I principali vantaggi dell'iniziat-

va derivano dalla possibilità di dimostrare l'applicabilità della tecnologia solare ENEA concentrando l'investimento sui componenti innovativi e limitando quindi il più possibile i costi, soprattutto per la parte convenzionale dell'impianto.

I risultati attesi dall'esercizio di un impianto solare innovativo a piena scala sono l'acquisizione di conoscenze, al fine di esportare la tecnologia sviluppata, e l'opportunità di apertura del mercato per l'industria nazionale dei componenti solari.

La percentuale di energia elettrica prodotta da fonte solare, rispetto a quella complessivamente generata (760 MWe), permetterà all'impianto di Priolo di essere pressoché congruente con la vigente regolamentazione ambientale che impone l'obbligo di immissione in rete del 2% di energia da fonte rinnovabile.

**FONDO PER L'INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA**

È stato pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* del 26 novembre 2003 il decreto del Ministro delle Attività Produttive che apre un bando per l'accesso alle agevolazioni del Fondo per l'innovazione tecnologica (FIT) finalizzato alla promozione e alla diffusione nelle piccole e medie imprese dell'innovazione basata sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT). Il bando è emanato in attuazione del decreto 21 ottobre 2003 che ha destinato allo sviluppo dell'innovazione nelle piccole e medie imprese 62,8 milioni di euro e ha individuato nei bandi tematici la procedura da seguire. Il bando tematico "Innovazione/ICT", diretto alle PMI, ai Centri di ricerca e ad Università ed Enti pubblici di ricerca in partnership

con le imprese, riguarda: lo studio e la realizzazione di processi aziendali innovativi finalizzati al recupero di competitività; la realizzazione di nuove applicazioni informatiche a supporto dell'azione di reingegnerizzazione; gli acquisti sia di brevetti e licenze sia di hardware o software; l'acquisizione di servizi di connettività a larga banda. Le domande di partecipazione potranno essere presentate al Ministero per le Attività Produttive dal 26 dicembre 2003 al 24 febbraio 2004.

**ZUCHELLI, BENEMERITO  
DELLA CULTURA**

Il 16 ottobre scorso Mario Zucchelli, recentemente scomparso, è stato insignito, dal Presidente della Repubblica Italiana Carlo Azeglio Ciampi, della Medaglia d'Oro quale riconoscimento 2002 da parte del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, per la Scuola, la Cultura e l'Arte. Fin dal 1987 Zucchelli è stato il responsabile per l'ENEA dell'attuazione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA), e nel 2003 era diventato il Presidente del Consorzio tra ENEA, CNR, OGS ed INGV subentrato all'ENEA per l'attuazione del PNRA.

**ACCORDO ITALIA-USA  
SULL'AMBIENTE**

È stato firmato a Sacramento in California, dal Ministro dell'Ambiente italiano Altero Matteoli e dal Sottosegretario agli Affari Globali del Dipartimento di Stato Americano Paula Dobransky, un accordo di cooperazione sulle tecnologie energetiche pulite per proteggere il clima. L'accordo è arrivato in occasione del workshop che si è svolto tra esperti italiani e americani il 15 e 16 settembre nella città californiana.

cronache



## GRADUATORIE DI CONCORSI ENEA

Graduatoria di merito della selezione per l'assunzione in prova di n. 18 unità di personale diplomato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 7 marzo 2003 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 19)

(in sessantesimi)

### Posizione U/1

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di strumentazione di dati territoriali per la caratterizzazione dell'ambiente costiero.

1. Peloso Alessandro	47,1
2. Mancino Vincenzo	40,1
3. Borrelli Ugo	36,0

### Posizione U/2

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione e manutenzione hardware/software di sistemi informatici

1. Paolucci Fabrizio	44,7
2. Pescatore Clemente	42,7
3. Viola Pietro	42,1
4. Pucci Marco	36,8
5. D'angelo David	35,7

### Posizione U/3

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella progettazione esecutiva, realizzazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche e/o elettriche

1. Sensoli Roberto	48,8
2. Scotini Antonio	46,1
3. Mezzacappa Mario	42,4
4. Trotta Fabrizio	41,6
5. Giugno Valerio	41,3
6. Schina Giuliano	40,4
7. Sciortino Antonino	39,5
8. Veschetti Miriam	37,2
9. Pelucchini Bruno	32,2
10. Viola Rosario	31,9

### Posizione U/4

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in attività di progettazione esecutiva e realizzazione dell'elettronica di controllo per sensori basati su tecnologie laser.

1. Menicucci Ivano	46,7
--------------------	------

### Posizione U/5

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo delle tecniche per le diagnostiche dei plasmis termonucleari

Posto scoperto per mancanza di candidati idonei

### Posizione U/6

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dell'utilizzo di sistemi a radiofrequenza per il riscaldamento di plasmis termonucleari

1. Aquilini Massimo	46,6
---------------------	------

### Posizione U/7

N. 1 perito elettronico con almeno

due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della strumentazione delle diagnostiche per plasmis termonucleari

1. Pensa Aldo	51,0
---------------	------

### Posizione U/8

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nello sviluppo e realizzazione di sistemi di acquisizione dati e di sistemi di controllo per impianti sperimentali con celle a combustibile

1. Lopresti Roberto	43,4
---------------------	------

### Posizione U/9

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in gestione e manutenzione della strumentazione di impianti di inertizzazione dei rifiuti e gestione data base

1. Anello Fabrizio	37,1
2. Tagliavia Dario	34,1

### Posizione U/10

N. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in manutenzione esercizio e collaudo di sistemi e componenti elettromeccanici di impianti sperimentali per il trattamento di rifiuti e reflui

1. Caretto Flavio	45,3
2. Viceconti Giampiero	42,1
3. D'ambrosio Vito Nicola	40,7
4. Castellone Luigi	38,4
5. Ippolito Antonio	36,1
6. Pitillo Nicola	32,2

### Posizione U/11

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in tecniche analitiche per la determinazione di metalli in traccia e metodologie analitiche per la biologia molecolare

1. Conte Fabio	43,8
----------------	------

### Posizione U/12

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in analisi chimiche di effluenti, da impianti sperimentali di trattamento rifiuti e reflui, con tecniche strumentali avanzate

1. Russo Antonio 42,6
2. Risoli Pietro Luciano 38,4

#### Posizione U/13

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella preparazione di componenti per celle a combustibile ad elettrolita polimerico e nella gestione di impianti sperimentali per la produzione di idrogeno

1. Cento Cinzia 42,3
2. Pesco Stefano 40,2

#### Posizione U/14

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in tecniche analitiche avanzate e messa a punto di metodiche cromatografiche applicate al controllo di impianti sperimentali per il trattamento di rifiuti e reflui

1. Baldassarre Francesco 44,3

#### Posizione U/15

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in analisi chimiche su campioni di acque, suoli, sedimenti e matrici biologiche

1. D'Annibale Luigi 46,1
2. Sili Scavalli Mauro 36,8
3. Ferro Federico 36,5

#### Posizione U/16

N. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in attività di progettazione esecutiva di parti meccaniche di apparecchiature sperimentali complesse (sistemi per diagnostiche laser remote, reattori per sintesi laser di nanomateriali ecc.)

1. Ferrante Domenico 44,5

#### Posizione U/17

N. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella realizzazione e gestione di sistemi da vuoto di grandi impianti sperimentali

1. Ciaffi Massimiliano 42,1
2. Giacomini Giuliano 37,0
3. Ravaoli Cristiano 29,1

#### Posizione U/18

N. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata

successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in progettazione esecutiva mediante CAD, tecniche di prototipazione rapida e metrologia di precisione

1. Lo Bue Alessandro 50,3
2. Ploner Giuseppe 47,8
3. Mancini Andrea 40,8
4. Di Giorgio Giorgio 39,8
5. Bucci Massimiliano 32,9

**Graduatoria definitiva della selezione per l'assunzione in prova di n. 18 unità di personale diplomato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 7 marzo 2003 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 19)**

#### Posizione U/1

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di strumentazione di dati territoriali per la caratterizzazione dell'ambiente costiero

1. Peloso Alessandro
2. Mancino Vincenzo
3. Borrelli Ugo

#### Posizione U/2

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione e manutenzione hardware/software di sistemi informatici

1. Paolucci Fabrizio
2. Pescatore Clemente
3. Viola Pietro
4. Pucci Marco
5. D'angelo David

#### Posizione U/3

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella progettazione esecutiva, realizzazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche e/o elettriche

1. Sensoli Roberto
2. Scotini Antonio
3. Mezzacappa Mario
4. Trotta Fabrizio
5. Giugno Valerio
6. Schina Giuliano
7. Sciortino Antonino
8. Veschetti Miriam
9. Pelucchini Bruno
10. Viola Rosario

#### Posizione U/4

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in attività di progettazione esecutiva e realizzazione dell'elettronica di controllo per sensori basati su tecnologie laser

1. Menicucci Ivano

#### Posizione U/5

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo delle tecniche per le diagnostiche dei plasmi termonucleari

Posto scoperto per mancanza di candidati idonei

#### Posizione U/6

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dell'utilizzo di sistemi a radiofrequenza per il riscaldamento di plasmi termonucleari

1. Aquilini Massimo

#### Posizione U/7

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della strumentazione delle diagnostiche per plasmi termonucleari

1. Pensa Aldo

#### Posizione U/8

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nello sviluppo e realizzazione di sistemi di acquisizione dati e di sistemi di controllo per impianti sperimentali con celle a combustibile

1. Lopresti Roberto

#### Posizione U/9

N. 1 perito elettronico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in gestione e manutenzione della strumentazione di impianti di inertizzazione dei rifiuti e gestione data base

1. Anello Fabrizio
2. Tagliavia Dario

#### Posizione U/10

N. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata

successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in manutenzione esercizio e collaudo di sistemi e componenti elettromeccanici di impianti sperimentali per il trattamento di rifiuti e reflui

1. Caretto Flavio
2. Viceconti Giampiero
3. D'ambrosio Vito Nicola
4. Castellone Luigi
5. Ippolito Antonio
6. Pitillo Nicola

#### Posizione U/11

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in tecniche analitiche per la determinazione di metalli in traccia e metodologie analitiche per la biologia molecolare

1. Conte Fabio

#### Posizione U/12

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in analisi chimiche di effluenti, da impianti sperimentali di trattamento rifiuti e reflui, con tecniche strumentali avanzate

1. Russo Antonio
2. Risoli Pietro Luciano

#### Posizione U/13

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella preparazione di componenti per celle a combustibile ad elettrolita polimerico e nella gestione di impianti sperimentali per la produzione di idrogeno

1. Cento Cinzia
2. Pesco Stefano

#### Posizione U/14

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in tecniche analitiche avanzate e messa a punto di metodiche cromatografiche applicate al controllo di impianti sperimentali per il trattamento di rifiuti e reflui

1. Baldassarre Francesco

#### Posizione U/15

N. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in analisi chimiche su campioni di acque, suoli, sedimenti e matrici biologiche

1. D'Annibale Luigi
2. Sili Scavalli Mauro
3. Ferro Federico

#### Posizione U/16

N. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in attività di progettazione esecutiva di parti meccaniche di apparecchiature sperimentali complesse (sistemi per diagnostiche laser remote, reattori per sintesi laser di nanomateriali ecc.)

1. Ferrante Domenico

#### Posizione U/17

N. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella realizzazione e gestione di sistemi da vuoto di grandi impianti sperimentali

1. Ciaffi Massimiliano
2. Giacomini Giuliano
3. Ravaoli Cristiano

#### Posizione U/18

N. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in progettazione esecutiva mediante CAD, tecniche di prototipazione rapida e metrologia di precisione

1. Lo Bue Alessandro
2. Ploner Giuseppe
3. Mancini Andrea
4. Di giorgio Giorgio
5. Bucci Massimiliano

**Graduatoria di merito della selezione per l'assunzione in prova di n. 59 unità di personale laureato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 7 marzo 2003 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 19)**

#### Posizione Z/1

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della chimica analitica strumentale con particolare riferimento al settore agroalimentare

- |                      |      |
|----------------------|------|
| 1. Sangiorgio Paola  | 51.5 |
| 2. Capone Mauro      | 43.7 |
| 3. Carconi Pierluigi | 40.8 |

#### Posizione Z/2

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo dei processi di estrazione ed analisi con fluidi supercritici di matrici naturali

- |                        |      |
|------------------------|------|
| 1. Aliboni Andrea      | 42.5 |
| 2. Pedrazzi Elisabetta | 41.3 |

#### Posizione Z/3

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della chimica dei sistemi metallo idrogeno

- |                     |      |
|---------------------|------|
| 1. Rizzo Antonietta | 50.0 |
|---------------------|------|

#### Posizione Z/4

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione di miscele di polveri ceramiche e leganti e nella ottimizzazione di processi di formatura, sinterizzazione e caratterizzazione di componenti ceramici

- |                       |      |
|-----------------------|------|
| 1. Stewart Alessandro | 51.1 |
| 2. Giorgio Gaetano    | 34.8 |

#### Posizione Z/5

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella sintesi di materiali ceramici compositi mediante tecnologie non convenzionali di filtrazione chimica da fase vapore

- |                              |      |
|------------------------------|------|
| 1. De Pinto Dario Alessandro | 45.0 |
|------------------------------|------|

#### Posizione Z/6

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in analisi di speciazione di composti organometallici in matrici ambientali mediante tecniche gascromatografiche

- |                     |      |
|---------------------|------|
| 1. Massanisso Paolo | 53.5 |
|---------------------|------|

#### Posizione Z/7

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in processi di recupero di composti organici ed inorganici da materiali di scarto e residui

- |                        |      |
|------------------------|------|
| 1. Pinto Valentina     | 48.2 |
| 2. Randazzo Maria Rita | 35.0 |

#### Posizione Z/8

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in tecniche separative e protocolli analitici per il recupero ed il riciclo di acque e chemicals da reflui dei settori tessile e metalmeccanico

- |                    |      |
|--------------------|------|
| 1. Li Rosi Ornella | 47.5 |
|--------------------|------|

**Posizione Z/9**

N. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della progettazione e realizzazione di impianti a fluidi supercritici e dello sviluppo di processi di estrazione da matrici vegetali

1. De Santis Alessandra	45.0
2. Festuccia Andrea	43.0

**Posizione Z/10**

N. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in sviluppo di prototipi per l'analisi automatizzata delle proprietà chimico-fisiche di composti

1. Leone Gian Paolo	42.5
---------------------	------

**Posizione Z/11**

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in misure di campo elettromagnetico per la valutazione di potenza dissipata irradiata da dispositivi radiomobili (telefoni cellulari)

1. Pinto Rosanna	48.5
2. Ardoino Lucia	45.2

**Posizione Z/12**

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nell'analisi tecnica, studio e progettazione di impianti fotovoltaici e loro interfaccia con la rete

1. De Lia Francesco	41.5
---------------------	------

**Posizione Z/13**

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, sulle metodologie per il controllo e l'ottimizzazione di processi energetici

1. Bertini Ilaria	51.5
2. Fioriti Vincenzo	39.0
3. Voci Francesco	38.6

**Posizione Z/14**

N. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione, realizzazione ed impiego di stazioni di prova per lo studio del comportamento di materiali e componenti ad alta temperatura ed in condizioni severe di esercizio

1. Pfister Valerio	47.2
--------------------	------

**Posizione Z/15**

N. 2 laureati in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in progettazione e realizzazione di componenti di grandi impianti sperimentali con partico-

lare riferimento a macchine tipo Tokamak

1. Iorizzo Angelgiorgio	51.5
2. Frosi Paolo	45.5
3. Rossi Paolo	45.1
4. Beltrame Francesco	33.8

**Posizione Z/16**

N. 1 laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella modellazione dinamica di componenti elettromeccanici ed elettrochimici di veicoli ibridi e nella ottimizzazione del dimensionamento dei veicoli stessi

1. Pasquali Manlio	47.8
2. Scozzafava Antonio	35.8

**Posizione Z/17**

N. 1 laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo e gestione di programmi di promozione dell'efficienza energetica (DSM)

1. Signoretti Paolo	43.2
---------------------	------

**Posizione Z/18**

N. 1 laureato in ingegneria civile indirizzo idraulica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo di modelli di processi costieri e progettazione di interventi conoscitivi su problematiche meteorologiche

1. Pasanisi Francesco	46.2
-----------------------	------

**Posizione Z/19**

N. 1 laureato in ingegneria civile indirizzo idraulica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione di reti idriche e fognarie e di impianti di trattamento reflui

1. Mastromatteo Daniela	41.5
2. Tosto Guglielmo	40.6
3. Gangemi Maria Donatella	40.5
4. Rossi Ario Mario	40.0
5. Corsini Mario Giovanni Aurelio	31.7

**Posizione Z/20**

N. 1 laureato in ingegneria civile indirizzo strutture con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo di tecniche e metodi di tele-rilevamento e aerofotogrammetria digitale

1. Pollino Maurizio Giacomo Francesco	43.5
2. Nardella Giovanni	39.1

**Posizione Z/21**

N.2 laureati in ingegneria civile con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione e condu-

zione di prove di vibrazioni sismiche con particolare riguardo alla sperimentazione di tecniche di consolidamento strutturale

1. Renzi Emanuele	49.8
2. Ranieri Nicola	45.3
3. Licitra Mariangela	42.3
4. Zicarelli Marco	40.3

**Posizione Z/22**

N.1 laureato in ingegneria edile con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in energetica, fisica e sistemi di controllo degli edifici

1. Zinzi Michele	50.0
------------------	------

**Posizione Z/23**

N.1 laureato in ingegneria edile con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in tecniche di progettazione e produzione edilizia, valutazione e gestione ambientale del patrimonio costruito

1. Costanzo Ezilda	52.0
2. Spinello Andrea	48.7
3. Fontana Lucia	40.8
4. Bisceglia Leonardo	36.1
5. Masini Rosanna	36.0
6. Lauriola Angela	35.5

**Posizione Z/24**

N.1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella modellistica previsionale per l'acustica ambientale in contesto urbano

1. Rizzo Mariagrazia	43.5
2. Guglielmo Antonino	42.5
3. Gonella Barbara	40.0

**Posizione Z/25**

N.1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio o in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in ricerca e sviluppo nell'ambito della Valutazione dei Cicli di Vita (LCA) ecoprogettazione, ecologia industriale

1. Cappellaro Francesca	47.3
2. Scalbi Simona	45.7
3. Le Donne Daniela	33.9

**Posizione Z/26**

N.1 laureato in scienze naturali con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella definizione di indicatori biologici e nello sviluppo di sistemi di gestione per la qualità ambientale

1. Menegoni Patrizia	50.1
2. Giordano Paola	45.8
3. Massini Giulia	44.0
4. Notarmuzi Maria Carmela	41.7
5. Fioretto Valentina	36.4
6. Iannuzzi Enrico	31.4

**Posizione Z/27**

N.1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in ingegneria proteica ed espressione eterologa di anticorpi

- |                           |      |
|---------------------------|------|
| 1. Villani Maria Elena    | 49.5 |
| 2. Pietraforte Immacolata | 42.3 |

**Posizione Z/28**

N.1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello studio di molecole ricombinanti destinate all'espressione ectopica in sistemi vegetali

- |                        |      |
|------------------------|------|
| 1. Donini Marcello     | 51.8 |
| 2. Aracri Benedetto    | 51.7 |
| 3. Capodicasa Cristina | 41.4 |
| 4. Fiore Alessia       | 39.5 |
| 5. Giliberto Leonardo  | 38.8 |

**Posizione Z/29**

N.1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in ecologia acquatica e analisi chimiche e microbiologiche delle acque

- |                       |      |
|-----------------------|------|
| 1. Procacci Silvia    | 45.0 |
| 2. Baviera Elga       | 40.6 |
| 3. Cupo Cinzia        | 38.5 |
| 4. Pelleriti Marcello | 36.7 |

**Posizione Z/30**

N.1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel trattamento acque di scarico e nell'uso di modelli matematici applicati alla depurazione delle acque (STOAT, WEST, ecc.)

- |                            |      |
|----------------------------|------|
| 1. Cellamare Carmela Maria | 50.8 |
|----------------------------|------|

**Posizione Z/31**

N.1 laureato in scienze geologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello studio ed analisi di geomorfologia costiera ed immagini telerilevate

- |                         |      |
|-------------------------|------|
| 1. Onori Filippo        | 43.6 |
| 2. Petrosino Francesco  | 43.0 |
| 3. Gianfreda Francesco  | 36.3 |
| 4. Sarnacchiaro Gennaro | 31.1 |

**Posizione Z/32**

N.1 laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella modellizzazione di consumi energetici e delle emissioni di inquinanti prodotti dal traffico veicolare

- |                        |      |
|------------------------|------|
| 1. Agostini Alessandro | 42.3 |
| 2. Morrone Nicola      | 30.5 |

**Posizione Z/33**

N.1 laureato in scienze ambientali o

in architettura con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in strumenti e metodologie per la sostenibilità ambientale con particolare riferimento all'attuazione dell'Agenda 21 alle diverse scale territoriali

- |                           |      |
|---------------------------|------|
| 1. Disi Antonio           | 51.1 |
| 2. De Giovanni Giuseppina | 48.4 |
| 3. Nesti Serena           | 43.4 |
| 4. Bianco Paola           | 40.5 |
| 5. Ciferri Stefano        | 39.0 |
| 6. Siracusa Domenico      | 35.0 |

**Posizione Z/34**

N.1 laureato in informatica o scienze dell'informazione con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione e sviluppo di sistemi informativi territoriali per lo studio delle dinamiche costiere

- |                     |      |
|---------------------|------|
| 1. Fattoruso Grazia | 42.3 |
|---------------------|------|

**Posizione Z/35**

N.1 laureato in matematica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo di modelli matematici per analisi ambientali e marino-costiere

- |                  |      |
|------------------|------|
| 1. Pagano Andrea | 52.6 |
|------------------|------|

**Posizione Z/36**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della modellistica computazionale atmosferica e nell'uso di strumenti per la grafica e la visualizzazione scientifica

- |                    |      |
|--------------------|------|
| 1. Clai Giulia     | 42.8 |
| 2. Lo Savio Simone | 40.6 |

**Posizione Z/37**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo ed analisi di modelli numerici per lo studio della circolazione atmosferica e ciclo dell'acqua

- |                      |      |
|----------------------|------|
| 1. Pisacane Giovanna | 49.5 |
|----------------------|------|

**Posizione Z/38**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella ricerca e nello sviluppo di dispositivi luminescenti miniaturizzati e di sorgenti laser a stato solido

- |                       |      |
|-----------------------|------|
| 1. Bonfigli Francesca | 51.3 |
| 2. Menchini Francesca | 47.8 |

**Posizione Z/39**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel settore delle tecnologie laser per sintesi di nanomateriali e relativa caratterizzazione

- |                      |      |
|----------------------|------|
| 1. Carpanese Mariano | 49.3 |
|----------------------|------|

**Posizione Z/40**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della fisica dei fasci di particelle accelerate e della modellistica relativa

- |                       |      |
|-----------------------|------|
| 1. Bartolini Riccardo | 54.0 |
| 2. Parisi Giovanni    | 47.1 |

**Posizione Z/41**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel settore dello sviluppo di sistemi per remote sensing attivo e passivo, con particolare riguardo alle tecnologie lidar

- |                 |      |
|-----------------|------|
| 1. Fiorani Luca | 55.0 |
|-----------------|------|

**Posizione Z/42**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello studio dei fenomeni di trasporto nei plasmi termonucleari con particolare riferimento a macchine tipo Tokamak

- |                       |      |
|-----------------------|------|
| 1. Romanelli Michele  | 52.8 |
| 2. Cianfarani Cesidio | 42.5 |

**Posizione Z/43**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della dosimetria delle radiazioni ionizzanti

- |                       |      |
|-----------------------|------|
| 1. Bedogni Roberto    | 50.5 |
| 2. Penzo Silvia       | 46.8 |
| 3. Ottaviano Giuseppe | 41.5 |

**Posizione Z/44**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo di tecnologie di deposizione chimica da fase vapore di film di diamante e nanotubi di carboni ed esperienza nella caratterizzazione mediante tecniche di spettroscopia di elettroni

- |                |      |
|----------------|------|
| 1. Lisi Nicola | 51.7 |
|----------------|------|

**Posizione Z/45**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in modellistica numerica dell'inquinamento atmosferico fotochimico e dei processi di formazione e trasformazione del particolato atmosferico

- |                            |      |
|----------------------------|------|
| 1. Monforti Ferrario Fabio | 54.0 |
|----------------------------|------|

**Posizione Z/46**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in attività di radiochimica finalizzate alla separazione, purificazione e determinazione di radionuclidi alfa, beta e gamma emettitori

- |                         |      |
|-------------------------|------|
| 1. Zaramella Alessandra | 42.9 |
|-------------------------|------|

**Posizione Z/47**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della modellistica e dell'informatica finalizzata alla accessibilità e alla usabilità dei sistemi utilizzati dai disabili

Posto scoperto per mancanza di candidati idonei

**Posizione Z/48**

N.1 laureato in scienze economiche o in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in analisi di sviluppo economico-ambientale a livello territoriale e nella valutazione di indicatori di efficacia/efficienza di politica regionale

1. Costantini Valeria	45.1
2. Mitolo Luigi Giulio	39.1

**Posizione Z/49**

N.1 laureato in scienze economiche o in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella certificazione ambientale (EMAS, ECOLABEL) e nell'analisi di sostenibilità dei territori

1. Velardi Maria	47.1
2. Vicalvi Stefano	44.5
3. Saia Ottavio	36.5

**Posizione Z/50**

N.1 laureato in economia e commercio o in scienze economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, sugli strumenti economici internazionali per la gestione dei cambiamenti climatici con particolare riferimento alle implicazioni ambientali

1. Colosimo Sante Andrea	46.0
2. Valentini Laura	43.6

**Posizione Z/51**

N.1 laureato in economia e commercio o in scienze economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella valutazione di scenari energetici e nell'elaborazione degli stessi mediante modelli tecnico-economici di ottimizzazione

1. Gracceva Francesco	48.0
2. Ardi Carolina	39.7

**Posizione Z/52**

N.1 laureato in scienze politiche o in scienze della comunicazione con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel settore delle relazioni esterne, preferibilmente presso Enti pubblici di ricerca, ed in particolare nel settore delle relazioni istituzionali e nei rapporti con i media

1. Franza Marco	44.9
-----------------	------

2. Pietrarota Andrea	43.5
3. Lumicisi Antonio	41.7
4. Puglia Pierluigi	41.0
5. Giangiorgi Roberta	38.0
6. Diaco Ilaria	37.5

**Posizione Z/53**

N.1 laureato in scienze politiche o in scienze statistiche ed economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, sulle statistiche energetiche e sull'impatto dell'impatto socio-economico delle fonti energetiche

1. Ciorba Umberto	49.1
2. Poponi Daniele	42.3
3. Pignatelli Roberta	39.5

**Posizione Z/54**

N.2 laureati in scienze statistiche ed economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella raccolta, validazione, elaborazione ed organizzazione di dati statistici energetici ed ambientali

1. Ciarallo Marilena Angela	43.3
2. Iorio Giulia	41.8
3. Quercioli Riccardo	39.9

**Posizione Z/55**

N.1 laureato in scienze statistiche ed economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello studio ed analisi statistica di dati energetico-ambientali

1. Casilli Riccardo	48.0
2. Greca Gianna	45.2
3. Daffinà Roberto	42.4

**Posizione Z/56**

N.1 laureato in scienze della comunicazione o in lingue e letterature straniere o in lettere con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel trattamento e diffusione di informazioni, relative a bandi comunitari e nazionali ed al trasferimento alle imprese dei risultati della ricerca tecnologica

1. Tombolesi Luca	44.5
2. Vedana Cecilia	43.9
3. Giuliani Tiziana	42.0
4. Ciccardini Simona	32.0

**Graduatoria definitiva della selezione per l'assunzione in prova di n. 59 unità di personale laureato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 7 marzo 2003 - 4ª Serie Speciale "Concorsi ed Esami" n. 19)**

**Posizione Z/1**

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della chimica analitica strumentale con particolare riferimento al settore agroalimentare

1. Sangiorgio Paola
2. Capone Mauro
3. Carconi Pierluigi

**Posizione Z/2**

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo dei processi di estrazione ed analisi con fluidi supercritici di matrici naturali

1. Aliboni Andrea
2. Pedrazzi Elisabetta

**Posizione Z/3**

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della chimica dei sistemi metallo idrogeno

1. Rizzo Antonietta
---------------------

**Posizione Z/4**

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione di miscele di polveri ceramiche e leganti e nella ottimizzazione di processi di formatura, sinterizzazione e caratterizzazione di componenti ceramici

1. Stewart Alessandro
2. Giorgio Gaetano

**Posizione Z/5**

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella sintesi di materiali ceramici compositi mediante tecnologie non convenzionali di infiltrazione chimica da fase vapore

1. De Pinto Dario Alessandro
------------------------------

**Posizione Z/6**

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in analisi di speciazione di composti organometallici in matrici ambientali mediante tecniche gascromatografiche

1. Massanisso Paolo
---------------------

**Posizione Z/7**

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in processi di recupero di composti organici ed inorganici da materiali di scarto e residui

1. Pinto Valentina
2. Randazzo Maria Rita

**Posizione Z/8**

N. 1 laureato in chimica o chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in tecniche separative e protocolli analitici per il recupero ed il riciclo di acque e chemicals da reflui dei settori tessile e metalmeccanico

1. Li Rosi Ornella

**Posizione Z/9**

N. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della progettazione e realizzazione di impianti a fluidi supercritici e dello sviluppo di processi di estrazione da matrici vegetali

1. De Santis Alessandra
2. Festuccia Andrea

**Posizione Z/10**

N. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in sviluppo di prototipi per l'analisi automatizzata delle proprietà chimico-fisiche di composti

1. Leone Gian Paolo

**Posizione Z/11**

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in misure di campo elettromagnetico per la valutazione di potenza dissipata irradiata da dispositivi radiomobili (telefoni cellulari)

1. Pinto Rosanna
2. Ardoino Lucia

**Posizione Z/12**

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nell'analisi tecnica, studio e progettazione di impianti fotovoltaici e loro interfaccia con la rete

1. De Lia Francesco

**Posizione Z/13**

N. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, sulle metodologie per il controllo e l'ottimizzazione di processi energetici

1. Bertini Ilaria
2. Fioriti Vincenzo
3. Voci Francesco

**Posizione Z/14**

N. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione,

realizzazione ed impiego di stazioni di prova per lo studio del comportamento di materiali e componenti ad alta temperatura ed in condizioni severe di esercizio

1. Pfister Valerio

**Posizione Z/15**

N. 2 laureati in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in progettazione e realizzazione di componenti di grandi impianti sperimentali con particolare riferimento a macchine tipo Tokamak

1. Iorizzo Angelgiorgio
2. Frosi Paolo
3. Rossi Paolo
4. Beltrame Francesco

**Posizione Z/16**

N. 1 laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella modellazione dinamica di componenti elettromeccanici ed elettrochimici di veicoli ibridi e nella ottimizzazione del dimensionamento dei veicoli stessi

1. Pasquali Manlio
2. Scozzafava Antonio

**Posizione Z/17**

N. 1 laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo e gestione di programmi di promozione dell'efficienza energetica (DSM)

1. Signoretti Paolo

**Posizione Z/18**

N. 1 laureato in ingegneria civile indirizzo idraulica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo di modelli di processi costieri e progettazione di interventi conoscitivi su problematiche meteorologiche

1. Pisanisi Francesco

**Posizione Z/19**

N. 1 laureato in ingegneria civile indirizzo idraulica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione di reti idriche e fognarie e di impianti di trattamento reflui

1. Mastromatteo Daniela
2. Tosto Guglielmo
3. Gangemi Maria Donatella
4. Rossi Ario Mario
5. Corsini Mario Giovanni Aurelio

**Posizione Z/20**

N. 1 laureato in ingegneria civile indirizzo strutture con esperienza

post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo di tecniche e metodi di tele-rilevamento e aerofotogrammetria digitale

1. Pollino Maurizio Giacomo  
Francesco
2. Nardella Giovanni

**Posizione Z/21**

N.2 laureati in ingegneria civile con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione e conduzione di prove di vibrazioni sismiche con particolare riguardo alla sperimentazione di tecniche di consolidamento strutturale

1. Renzi Emanuele
2. Ranieri Nicola
3. Licitra Mariangela
4. Zicarelli Marco

**Posizione Z/22**

N.1 laureato in ingegneria edile con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in energetica, fisica e sistemi di controllo degli edifici

1. Zinzi Michele

**Posizione Z/23**

N.1 laureato in ingegneria edile con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in tecniche di progettazione e produzione edilizia, valutazione e gestione ambientale del patrimonio costruito

1. Costanzo Ezilda
2. Spinello Andrea
3. Fontana Lucia
4. Bisceglia Leonardo
5. Masini Rosanna
6. Lauriola Angela

**Posizione Z/24**

N.1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella modellistica previsionale per l'acustica ambientale in contesto urbano

1. Rizzo Mariagrazia
2. Guglielmo Antonino
3. Gonella Barbara

**Posizione Z/25**

N.1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio o in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in ricerca e sviluppo nell'ambito della Valutazione dei Cicli di Vita (LCA) ecoprogettazione, ecologia industriale

1. Cappellaro Francesca
2. Scalbi Simona
3. Le Donne Daniela

**Posizione Z/26**

N.1 laureato in scienze naturali con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella definizione di indicatori biologici e nello sviluppo di sistemi di gestione per la qualità ambientale

1. Menegoni Patrizia
2. Giordano Paola
3. Massini Giulia
4. Notarmuzi Maria Carmela
5. Fioretto Valentina
6. Iannuzzi Enrico

**Posizione Z/27**

N.1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in ingegneria proteica ed espressione eterologa di anticorpi

1. Villani Maria Elena
2. Pietraforte Immacolata

**Posizione Z/28**

N.1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello studio di molecole ricombinanti destinate all'espressione ectopica in sistemi vegetali

1. Donini Marcello
2. Aracri Benedetto
3. Capodicasa Cristina
4. Fiore Alessia
5. Giliberto Leonardo

**Posizione Z/29**

N.1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in ecologia acquatica e analisi chimiche e microbiologiche delle acque

1. Procacci Silvia
2. Baviera Elga
3. Cupo Cinzia
4. Pelleriti Marcello

**Posizione Z/30**

N.1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel trattamento acque di scarico e nell'uso di modelli matematici applicati alla depurazione delle acque (STOAT, WEST, ecc.)

1. Cellamare Carmela Maria

**Posizione Z/31**

N.1 laureato in scienze geologiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello studio ed analisi di geomorfologia costiera ed immagini telerilevate

1. Onori Filippo
2. Petrosino Francesco
3. Gianfreda Francesco
4. Sarnacchiaro Gennaro

**Posizione Z/32**

N.1 laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella modellizzazione di consumi energetici e delle emissioni di inquinanti prodotti dal traffico veicolare

1. Agostini Alessandro
2. Morrone Nicola

**Posizione Z/33**

N.1 laureato in scienze ambientali o in architettura con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in strumenti e metodologie per la sostenibilità ambientale con particolare riferimento all'attuazione dell'Agenda 21 alle diverse scale territoriali

1. Disi Antonio
2. De Giovanni Giuseppina
3. Nesti Serena
4. Bianco Paola
5. Ciferri Stefano
6. Siracusa Domenico

**Posizione Z/34**

N.1 laureato in informatica o scienze dell'informazione con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella progettazione e sviluppo di sistemi informativi territoriali per lo studio delle dinamiche costiere

1. Fattoruso Grazia

**Posizione Z/35**

N.1 laureato in matematica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo di modelli matematici per analisi ambientali e marino-costiere

1. Pagano Andrea

**Posizione Z/36**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della modellistica computazionale atmosferica e nell'uso di strumenti per la grafica e la visualizzazione scientifica

1. Clai Giulia
2. Lo Savio Simone

**Posizione Z/37**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo ed analisi di modelli numerici per lo studio della circolazione atmosferica e ciclo dell'acqua

1. Pisacane Giovanna

**Posizione Z/38**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella ricerca e nello sviluppo di dispositivi luminescenti miniaturizzati e di sorgenti laser a stato solido

1. Bonfigli Francesca
2. Menchini Francesca

**Posizione Z/39**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel settore delle tecnologie laser per sintesi di nanomateriali e relativa caratterizzazione

1. Carpanese Mariano

**Posizione Z/40**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della fisica dei fasci di particelle accelerate e della modellistica relativa

1. Bartolini Riccardo
2. Parisi Giovanni

**Posizione Z/41**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel settore dello sviluppo di sistemi per remote sensing attivo e passivo, con particolare riguardo alle tecnologie lidar

1. Fiorani Luca

**Posizione Z/42**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello studio dei fenomeni di trasporto nei plasmi termonucleari con particolare riferimento a macchine tipo Tokamak

1. Romanelli Michele
2. Cianfarani Cesidio

**Posizione Z/43**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della dosimetria delle radiazioni ionizzanti

1. Bedogni Roberto
2. Penzo Silvia
3. Ottaviano Giuseppe

**Posizione Z/44**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello sviluppo di tecnologie di deposizione chimica da fase vapore di film di diamante e nanotubi di carboni ed esperienza nella caratterizzazione mediante tecniche di spettroscopia di elettroni

1. Lisi Nicola

**Posizione Z/45**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in modellistica numerica dell'inquinamento atmosferico fotochimico e dei processi di formazione e trasformazione del particolato atmosferico

1. Monforti Ferrario Fabio

**Posizione Z/46**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in attività di radiochimica finalizzate alla separazione, purificazione e determinazione di radionuclidi alfa, beta e gamma emettitori

1. Zaramella Alessandra

**Posizione Z/47**

N.1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel campo della modellistica e dell'informatica finalizzata alla accessibilità e alla usabilità dei sistemi utilizzati dai disabili

Posto scoperto per mancanza di candidati idonei

**Posizione Z/48**

N.1 laureato in scienze economiche o in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, in analisi di sviluppo economico-ambientale a livello territoriale e nella valutazione di indicatori di efficacia/efficienza di politica regionale.

1. Costantini Valeria
2. Mitolo Luigi Giulio

**Posizione Z/49**

N.1 laureato in scienze economiche o in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella certificazione ambientale (EMAS, ECOLABEL) e nell'analisi di sostenibilità dei territori

1. Velardi Maria
2. Vicalvi Stefano
3. Saia Ottavio

**Posizione Z/50**

N.1 laureato in economia e commercio o in scienze economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, sugli strumenti economici internazionali per la gestione dei cambiamenti climatici con particolare riferimento alle implicazioni ambientali

1. Colosimo Sante Andrea
2. Valentini Laura

**Posizione Z/51**

N.1 laureato in economia e commercio o in scienze economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella valutazione di scenari energetici e nell'elaborazione degli stessi mediante modelli tecnici-economici di ottimizzazione

1. Gracceva Francesco
2. Ardi Carolina

**Posizione Z/52**

N.1 laureato in scienze politiche o in scienze della comunicazione con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel settore delle relazioni esterne, preferibilmente presso Enti pubblici di ricerca, ed in particolare nel settore delle relazioni istituzionali e nei rapporti con i media

1. Franza Marco
2. Pietrarota Andrea
3. Lumericisi Antonio
4. Puglia Pierluigi
5. Giangiorgi Roberta
6. Diaco Ilaria

**Posizione Z/53**

N.1 laureato in scienze politiche o in scienze statistiche ed economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, sulle statistiche energetiche e sull'analisi dell'impatto socio-economico delle fonti energetiche

1. Ciorba Umberto
2. Poconi Daniele
3. Pignatelli Roberta

**Posizione Z/54**

N.2 laureati in scienze statistiche ed economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nella raccolta, validazione, elaborazione ed organizzazione di dati statistici energetici ed ambientali

1. Ciarallo Marilena Angela
2. Iorio Giulia
3. Quercioli Riccardo

**Posizione Z/55**

N.1 laureato in scienze statistiche ed economiche con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nello studio ed analisi statistica di dati energetico-ambientali

1. Casilli Riccardo
2. Greca Gianna
3. Daffinà Roberto

**Posizione Z/56**

N.1 laureato in scienze della comunicazione o in lingue e letterature straniere o in lettere con esperienza post-lauream di almeno 2 anni, nel trattamento e diffusione di informazioni, relative a bandi comunitari e nazionali ed al trasferimento alle imprese dei risultati della ricerca tecnologica

1. Tombolesi Luca
2. Vedana Cecilia
3. Giuliani Tiziana
4. Ciccardini Simona

**OPERATIVO L'IMPIANTO PCS**

Progettato e realizzato presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia è divenuto operativo in dicembre l'impianto PCS, il primo circuito di prova in scala reale di un collettore solare che, replicato, costituisce l'elemento base per un intero impianto di potenza solare termodinamico.

Il PCS permette di provare, in tutti i suoi aspetti operativi, la validità delle innovazioni tecnologiche introdotte dal Progetto solare a concentrazione ENEA.

L'utilizzo della tecnologia solare ENEA, innovativa rispetto a tecnologie già esistenti, permette di ottenere energia elettrica: pulita (evitando emissioni di anidride carbonica); con continuità (anche di notte o quando il cielo è coperto); a costi contenuti (comparabili con petrolio e carbone).

Le innovazioni ENEA, introdotte nella tecnologia solare a concentrazione già esistente, sono: un nuovo sistema "ricevitore" e i sali fusi come fluido (per raggiungere temperature di funzionamento più alte ed evitare rischi ambientali di fluidi tossici e infiammabili); un sistema di accumulo di calore di grandi dimensioni (per fornire potenza elettrica anche in assenza di sole); un nuovo sistema di concentratori solari (per ridurne i costi).

Sarà proprio la sperimentazione con il PCS che permetterà di misurare efficienza ed efficacia delle innovazioni ENEA e quindi la loro applicabilità nel Progetto Archimede: la integrazione di un campo solare ENEA in una centrale elettrica ENEL in Sicilia.

## INCONTRI

Ambiente e tessile  
a Ecomondo

Materiali e tecnologie  
per reattori ibridi

Scuola di microscopia  
elettronica

Sinergy 2003

Problema  
desertificazione

H<sub>2</sub> Roma 2003

### AMBIENTE E TESSILE A ECOMONDO

Nell'ambito della fiera internazionale Ecomondo 2003 (ex Fiera Ricicla), dedicata al recupero di materia ed energia e allo sviluppo sostenibile, l'Innovation Relay Centre Irene ha organizzato il 24 ottobre 2003 una giornata di trasferimento tecnologico transnazionale e presentazione dei risultati di progetti di ricerca sui temi delle tecnologie ambientali e del tessile.

L'incontro ha suscitato un notevole interesse, e ha visto la partecipazione di organizzazioni di ricerca e aziende provenienti da Italia, Germania, Belgio, Repubblica Ceca, Grecia, Slovenia, Gran Bretagna e Lituania. La partecipazione equilibrata di azien-

de e centri di ricerca ha permesso ai partecipanti di avere una visione d'insieme delle problematiche ambientali e delle possibili tecnologie già presenti o in via di sviluppo del settore tessile, e del settore in continua evoluzione dei tessili tecnici.

L'obiettivo dell'evento è stato di facilitare nuovi trasferimenti tecnologici transnazionali, al fine di favorire l'incontro tra domanda e offerta di innovazione tra le imprese, in particolare piccole e medie imprese, e le organizzazioni di ricerca in Europa.

Tra i profili tecnologici presentati quelli italiani sono stati 13, di cui quattro sono progetti in corso presso i Centri Ricerca dell'ENEA: "Impianto per l'identificazione e ottimizzazione dei processi di trattamento recupero e/o riciclo degli scarichi industriali" in Trisaia; "Trattamento acqua di scarico e riciclo nell'industria tessile" in Casaccia; "Metodologia integrata per la Good Environment Practice nell'industria tessile" e "Patantex - Consorzio per l'informazione sui settori del tessile, pelle e carta" a Bologna.

### MATERIALI E TECNOLOGIE PER REATTORI IBRIDI

Si è svolto a Roma in ottobre, organizzato da ENEA e FZK di Karlsruhe, il III Workshop internazionale sulle tecnologie dei materiali e dei refrigeranti per i reattori ibridi, quei sistemi sottocritici in grado di funzionare grazie ad una sorgente neutronica esterna, come l'ADS (Accelerator Drive System del Progetto Rubbia) che conferisce sicurezza intrinseca al sistema. Oltre settanta ricercatori, provenienti da centri e istituzioni di dieci nazioni, hanno illustrato e dibattuto lo stato di sviluppo europeo dell'ADS e le attività di ri-

cerca a supporto; i vantaggi in termini di sicurezza e di efficienza del sistema sottocritico, ma anche le difficoltà tecnologiche utilizzando metalli liquidi pesanti (leghe di piombo ed in prospettiva piombo); lo sforzo tecnologico fatto in Europa (uno per tutti, il progetto europeo TECLA, Technologies for Lead Alloy, coordinato dall'ENEA), e gli importanti risultati conseguiti, nello sviluppo di tecnologie per il controllo delle impurezze nel piombo bismuto; le prospettive di sviluppo dei programmi europei nel settore della trasmutazione (il processo per ridurre drasticamente la radiotossicità dei rifiuti radioattivi).

La numerosa presenza di ricercatori russi ha consentito di rendere noto il livello della ricerca e della tecnologia raggiunte in quel paese nello sviluppo di reattori refrigerati a piombo bismuto per applicazioni militari e civili. La disponibilità di numerosi e complessi circuiti sperimentali potrebbero fornire adeguato supporto agli esperimenti fatti in Europa; a questo scopo sono stati ribaditi i recenti rapporti di collaborazione tra ENEA e i principali istituti di ricerca russi del settore.

### SCUOLA DI MICROSCOPIA ELETTRONICA

Dal 20 al 24 ottobre 2003 si è tenuta presso il Centro Ricerche ENEA di Brindisi una scuola teorico-pratica di "Microscopia elettronica in trasmissione applicata alla Scienza dei Materiali", organizzata congiuntamente dall'ENEA e dalla Società Italiana di Scienze Microscopiche (SISM). La microscopia elettronica rappresenta una disciplina particolarmente avanzata e critica per lo sviluppo di nuovi materiali ad alta tecnologia, oltre che per lo

cronache

studio della materia vivente. Infatti, attraverso questa metodologia di indagine è possibile ottenere informazioni chimiche e microstrutturali con risoluzione spaziale dell'ordine delle distanze fra gli atomi costituenti la materia. Per questo la strumentazione coinvolta risulta particolarmente impegnativa sia in termini economici e gestionali che per quanto riguarda una corretta interpretazione dei risultati. Il Centro Ricerche ENEA di Brindisi, grazie all'ampia disponibilità di strumentazione, rappresenta l'unica realtà nazionale in grado di allargare agli aspetti operativi sullo strumento il programma di formazione previsto dalla scuola e indirizzato a ricercatori e tecnici di laboratorio provenienti da organizzazioni di ricerca pubblica e da realtà industriali localizzate in tutta Italia.

### SINERGY 2003

Nella prima settimana di novembre si è svolto a Rimini Fiera Sinergy 2003, il Forum internazionale dell'energia, quattro giornate dedicate alle energie, alle tecnologie e ai progetti per affrontare la liberalizzazione dei mercati. Il confronto tra le grandi imprese del settore energetico, i costruttori di apparati e i produttori di tecnologie ha riservato molta attenzione alla situazione della produzione di energia, alla luce delle carenze manifestatesi nel 2003. Attualmente, la produzione reale disponibile in Italia è di 49 mila megawatt e probabilmente serviranno un paio d'anni prima di poter utilizzare energia dagli impianti in costruzione.

Le Regioni con più progetti di nuove centrali sono la Lombardia (5), l'Emilia Romagna e la Puglia (4), ma nel frattempo, con il fabbisogno nazionale in continua ascesa, dovremo imparare a

convivere con i *black out*.

Dal 1999 la crescita media dei consumi è intorno al 3% e quest'anno dovrebbe ulteriormente innalzarsi fino al 3,7% rispetto al 2002. Il quadro generale va poi messo in relazione con il processo di liberalizzazione del mercato energetico: nel 2007 ogni utente sarà libero di scegliere il gestore al quale affidarsi e tutti i maggiori operatori del settore dell'energia sono impegnati nella messa a punto delle nuove tecnologie necessarie alla gestione delle reti energetiche.

Per contribuire alla ricerca di nuove soluzioni gestionali e tecnologiche nel settore delle reti energetiche, il Comitato organizzatore di Sinergy ha deciso di bandire tre Borse di Studio da 1.000 euro che saranno attribuite agli studenti universitari che intendano cimentarsi nella preparazione di tesi di laurea da discutere entro luglio 2005.

### PROBLEMA DESERTIFICAZIONE

Tra i vari e complessi problemi ambientali che minacciano il nostro pianeta emerge in misura sempre più rilevante, il fenomeno della siccità e della desertificazione che contribuisce ad ostacolare o a compromettere lo sviluppo sociale ed economico di aree densamente popolate come quelle dei paesi che si affacciano sul Mediterraneo e, fra questi ultimi, anche l'Italia.

Costruire un dialogo operativo per affrontare questa latente minaccia, correlata sia a cambiamenti climatici in atto che ai modelli di produzione e di consumo non sostenibile, è stato il tema del convegno "Desertificazione: attori, ricerca, politiche", tenuto il 20 novembre a Roma, in Campidoglio, organizzato dal Comitato nazionale per la lotta alla siccità e

alla desertificazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

A questo scopo si è ritenuto utile mettere a disposizione degli amministratori, dei decisori e di tutti gli attori locali del mondo rurale del nostro Paese i risultati della preziosa esperienza scientifica europea, per promuovere proposte di interventi concreti nelle regioni italiane, al fine di monitorare il processo, mitigare gli effetti, ma soprattutto comprendere in termini culturali le cause e le conseguenze probabili da sottoporre con urgenza alla indispensabile valutazione del grande pubblico e del mondo politico

### H<sub>2</sub> ROMA 2003

"Idrogeno: Italia ed Europa sulla strada dell'energia infinita" è il titolo dell'edizione 2003 di H<sub>2</sub> Roma, il workshop organizzato da Università di Roma La Sapienza, CNR ed ENEA il 21 novembre. Fonte praticamente inesauribile, alimentato ininterrottamente sulla Terra dal Sole, il ciclo energetico dell'idrogeno mette a disposizione un combustibile che consente di immagazzinare l'energia solare e utilizzarla dove e quando serve.

Il concetto di "idrogeno rinnovabile" apre prospettive affascinanti: nessun consumo di risorse, nessun impatto sull'ambiente.

La Ricerca in Italia e in Europa è attualmente indirizzata a migliorare le soluzioni tecnologiche individuate e diffondere rapidamente le nuove conoscenze.

Il workshop, che ha visto la partecipazione di enti e istituti di ricerca pubblica e industrie italiane e internazionali del settore, ha cercato di fare il punto sui progetti in corso, sui risultati ottenuti e sulle prospettive a breve termine.

## LETTURE

Bilancio terra

Nuclear plants  
decommissioning

Solar installations

La scienza che verrà

## BILANCIO TERRA

Gli effetti ambientali  
dell'economia globalizzata

Lester Brown con Janet Larsen  
e Bernie Fischlowitz-Roberts  
Edizioni Ambiente,  
giugno 2003, pagine 240,  
euro 19,80

L'Earth Policy Institute, fondato da Lester Brown nel 2001, è una organizzazione per la ricerca che, non solo offre una visione dell'economia sostenibile dal punto di vista ambientale, ma anche frequenti aggiornamenti sui progressi realizzati in questa prospettiva.

Per la costruzione di un consenso globale l'Istituto confida molto nella diffusione dei suoi risultati da parte dei media

anche elettronici: la diffusione delle informazioni via internet rappresenta una delle vie privilegiate di comunicazione.

La prima parte del volume illustra i deficit ecologici che il mondo sta affrontando al momento attuale e il loro effetto sull'economia alimentare ed energetica.

Per molti paesi la crisi ambientale in atto è una vera e propria guerra: desertificazione, deterioramento delle falde, deforestazione e sovrasfruttamento del suolo sono un nemico invisibile che avanza su più fronti, portandosi via anno dopo anno terreni, risorse e speranze di sopravvivenza.

In Cina, l'allargamento a macchia d'olio delle aree desertificate fa rivivere lo spettro del Dust Bowl, la regione delle Grandi Pianure americane divenuta desertica negli anni 30. Il processo avanza inesorabile e i villaggi vengono abbandonati per lasciare posto alle dune di sabbia. Ma non si deve pensare a un fenomeno isolato. Il Sahara si allarga rispetto ai suoi confini storici e i contadini algerini sperano di arginare l'avanzata del gigante di sabbia piantando frutteti invece di cereali. Intanto, il Kazakistan ha già ceduto metà del suo territorio agricolo al deserto.

Nel subcontinente indiano la situazione non è certo migliore. Al crescere della popolazione, già sopra il miliardo, aumenta anche il degrado del patrimonio naturale. L'acqua dolce è la prima risorsa a farne le spese. Gli acquiferi si riducono e ancora una volta gli uomini fuggono, perché dove non c'è acqua non può esserci vita.

A far da contraltare, entro la fine del secolo è previsto un aumento del livello degli oceani che forse toccherà il metro. Una cre-

scita che, ad esempio, significherebbe l'allagamento del 50% delle risaie del Bangladesh.

Nella seconda parte il volume segnala la ricetta da seguire per uscire dalla crisi e lo fa illustrando indicatori da tenere in evidenza attentamente per misurare i progressi o la loro mancanza nella costruzione di una ecoeconomia che sappia rispettare i principi ecologici.

Ecco perciò l'importanza del fenomeno demografico così come la crescita economica, la produzione cerealicola, il pescato, l'estensione delle foreste, la scarsità idrica, le emissioni di carbonio, la temperatura del pianeta. Ma il settore energetico più avanzato sembra indicare la strada maestra: tecnologia, risparmio ed efficienza sono gli ingredienti base affinché si possa cambiare retta e offrire alle generazioni future un mondo in cui vivere in armonia con la natura.

NUCLEAR PLANTS  
DECOMMISSIONINGTechnology, cost evaluation,  
management, regulation,  
safety, health and environment  
protection

M. Cumo, I. Tripputi, U. Spezia  
Università di Roma "La Sapienza",  
Scuola di Specializzazione in  
Sicurezza e Protezione, 2002,  
pagine 482

Il volume, in lingua inglese, tratta tutti gli aspetti correlati alla chiusura della vita operativa degli impianti nucleari e del ciclo del combustibile. Secondo gli autori, la disattivazione e lo smantellamento degli impianti nucleari costituisce un'attività lunga, complessa e ad alta tecnologia che ha aspetti per molti versi similari alla loro costruzione.

La complessità della sfida costituita dalla "decostruzione" degli impianti, e la mancanza o scarsità di testi sistematici ed esaurienti sull'argomento, hanno indotto gli autori a realizzare questa pubblicazione, basata principalmente sulle esperienze di decommissioning finora effettuate in Italia dalla SOGIN (Società Gestione Impianti Nucleari SpA) e sui documenti tecnici pubblicati da UNO-IAEA, OECD-NEA E Commissione Europea.

La SOGIN ha la responsabilità della chiusura e dello smantellamento dei quattro impianti nucleari dell'ENEL (Garigliano, Caorso, Latina e Trino Vercellese) che hanno prodotto energia elettrica nel nostro Paese, oltre che di un certo numero di strutture, laboratori e impianti pilota dell'ENEA.

Le attività di decommissioning degli impianti nucleari italiani dovrebbero essere completate entro il 2020, ma il bagaglio di attività e studi già effettuati da ingegneri nucleari italiani, oltre che le esperienze e le ricerche condotte a livello internazionale, largamente riportate nel volume, hanno consentito la stesura di un testo ben articolato e strutturato, corredato inoltre da immagini esemplificative.

### **SOLAR INSTALLATIONS** Practical applications for the built environment

Lars Andren,  
James & James  
(Science publishers) Ltd,  
giugno 2003, pagine 136,  
£ 25, \$ 40

L'autore del volume è un esperto svedese di energia solare che ha seguito l'evoluzione di que-

sta tecnologia energetica dalle prime realizzazioni sperimentali all'attuale maturità dei prodotti. Convinto che l'energia solare giocherà un ruolo sempre più importante nella produzione di energia, con grande giovamento sia per l'ambiente che per l'economia, ha un approccio alla materia del tutto pragmatico, teso a dimostrare, con abbondanza di disegni, schemi e immagini, le possibilità di soddisfare bisogni pratici che già oggi le tecnologie solari possiedono. Insomma, il volume è un vero e proprio manuale di istruzioni per l'uso, diretto in particolare a progettisti, installatori, utenti finali, studiosi e studenti tecnici.

Il libro si concentra sui sistemi di riscaldamento ad acqua, presentando i principi di base della radiazione solare e delle tecnologie che la convertono in calore utile, soffermandosi su orientamento dei collettori, energia generata, dimensionamento dell'impianto, caratteristiche dei collettori, circuito, scambiatori di calore, accumulo del calore.

Sono quindi descritte le applicazioni pratiche della tecnologia: riscaldamento di ambienti e produzione di acqua calda per abitazioni mono/pluri-familiari, piscine scoperte, impianti sportivi, scuole, parcheggi per camper, industrie (soprattutto alimentari), teleriscaldamento. Gli esempi pratici proposti permettono ai lettori di fare uno studio preliminare della tecnologia e degli aspetti economici connessi e di decidere sulla applicabilità del riscaldamento solare.

Oltre ai sistemi di riscaldamento ad acqua, si parla anche di altri sistemi di riscaldamento solare, quelli ad aria, quelli basati sul so-

lare passivo e, infine, dei sistemi per produrre energia elettrica.

In conclusione del volume, una sintesi dell'argomento, uno sguardo al futuro e un utile glossario.

### **LA SCIENZA CHE VERRÀ**

Andreana d'Aquino di  
Caramanico  
Adnkronoslibri, aprile 2003,  
pagine 109, euro 8

Il breve viaggio nelle scoperte possibili in quattro settori della scienza estremamente dibattuti dai media (clonazione, robotica, spazio e energia) diventa un racconto scientifico di facile lettura, ma rigoroso nel suo percorso tecnico, per entrare più a fondo negli straordinari obiettivi e scoperte perseguiti dalla ricerca in questi quattro campi.

La scienza descritta e raccontata in questo libro parla molto italiano: dai grandi contributi offerti dagli scienziati del nostro Paese alle missioni spaziali verso Marte, agli importanti progetti di ricerca per garantire al nostro pianeta una energia pulita dall'idrogeno e dal Sole, al primo robot-bambino italiano nato dalla grande passione di un gruppo di pionieri della robotica del LiraLab di Genova.

Vengono perciò evidenziati, con giusta enfasi, i progetti dei nostri più importanti enti di ricerca, ASI, CNR, INFN ed ENEA che, come viene riportato nei ringraziamenti, hanno anche aiutato l'autrice nello sforzo di tentare un approccio diverso della divulgazione scientifica. Un tentativo di migliorare la fruibilità della scienza che, in un mondo in continua accelerazione, non può che essere considerato positivo.

# INDICE 2002

Il numero romano tra parentesi indica il fascicolo della rivista, il secondo la pagina

Abbate M., (II) 86  
 Agenzia Internazionale per l'Energia, (VI) 24  
 Antonioli F., (I) 71  
 Bastianutti C., (V) 79  
 Berico M., (V) 84, (VI) 76  
 Bianchi C., (II) 86  
 Binazzi A., (I) 88  
 Bitonte R., (I) 82  
 Borrelli F., (II) 77  
 Bortone G., (V) 79  
 Bozzini A., (I) 59  
 Braccio G., (V) 25  
 Brancati R., (III) 12  
 Busuoli G., (II) 80  
 Cafiero F., (VI) 43  
 Caiaffa E., (I) 85, (VI) 55  
 Campurra G., (V) 66  
 Castellani C.M., (V) 84  
 Castellazzi L., (IV) 94  
 Catoni F., (II) 68  
 Clemente P., (II) 83, (IV) 67  
 Clò A., (I) 13  
 Commissione delle Comunità Europee, (II) 21  
 Coralli L., (IV) 74  
 Cornacchia G., (II) 80  
 Costantini V., (IV) 39  
 D'Angelo E., (IV) 74  
 De Martinis D., (V) 33  
 FAO, (IV) 19  
 Fasano G., (IV) 54  
 Ferranti L., (I) 71  
 Ferrari S., (I) 21  
 Formignani M., (V) 84, (VI) 76  
 Fornaci A., (VI) 78  
 Galloni P., (III) 32  
 Garuti G., (V) 79  
 Gatta L., (III) 32  
 Gerardi V., (IV) 94  
 Giordano A., (V) 79  
 Gracceva F., (II) 50  
 Grosso M., (I) 82  
 Lisi N., (IV) 61  
 Loyola de Palacio, (II) 3  
 Lovisolo G.A., (III) 32  
 Magarelli A., (I) 82  
 Magno P., (I) 82

Maino G., (III) 81  
 Malosti D., (IV) 54  
 Manno A., (V) 82  
 Marino C., (III) 32  
 Mariotti F., (V) 84  
 Marzano A., (II) 9  
 Mastrantonio M., (I) 88  
 Mastrolitti S., (I) 82  
 Metalpa R.R., (II) 86  
 Michelini M., (III) 51  
 Ministero dell'Ambiente, (VI) 9  
 Ministri dell'Ambiente del G8, (III) 7  
 Miozzo M., (IV) 28  
 Monti S., (VI) 35  
 Moratti L., (III) 3  
 Moreno A., (V) 82  
 Mori A., (IV) 74  
 Moriconi C., (VI) 61  
 Naviglio L., (I) 51  
 Norelli F., (IV) 89  
 Palma D., (I) 21  
 Peirano A., (II) 86  
 Pizzichini M., (I) 59, (V) 41  
 Polimei T., (V) 66  
 Racalbutto S., (V) 55  
 Repici S., (II) 80  
 Ricci E., (V) 25  
 Rousseau J.J., (V) 73, (VI) 69  
 Rubbia C., (I) 77, (VI) 3  
 Russo C., (V) 41  
 Santoro E., (III) 69, (VI) 35  
 Scarfi M.R., (III) 32  
 Soete L., (IV) 28  
 Spagni A., (V) 79  
 Sylos Labini S., (I) 71  
 Tomassetti G., (I) 43  
 Uccelli R., (I) 88  
 United Nations Development Programme (ONU), (I) 3  
 Vattimo G., (III) 79  
 Vialetto G., (V) 55  
 Vignati S., (II) 41  
 Viola E., (V) 25  
 Zampetti P., (II) 68  
 Zimbardi F., (V) 25  
 Zinzi M., (IV) 54

## AUTORI

**PRIMO PIANO** *L'era della Rete*, United Nations Development Programme (ONU), (I) 3

*Per un approvvigionamento energetico sostenibile*, Loyola de Palacio, (II) 3

*Il programma energetico per promuovere la competitività*, Marzano A., (II) 9

*Linee guida per la politica scientifica e tecnologica*, Moratti L., (III) 3

*Promuovere lo sviluppo sostenibile*, Ministri dell'Ambiente del G8, (III) 7

*La politica economica 2003-2006 (dal DPEF)*, (IV) 3

*La sfida contro la fame*, FAO, (IV) 19

*Il Vertice mondiale di Johannesburg sullo sviluppo sostenibile*, (V) 3

*La via della competitività: investire nella ricerca*, Rubbia C., (VI) 3

*La conferenza di Nuova Delhi sul cambiamento climatico*, (VI) 5

*Piano nazionale di riduzione dei gas serra*, Ministero dell'Ambiente, (VI) 9

**SPAZIO APERTO** *Energia, mercato e politiche pubbliche*, Clò A., (I) 13  
*L'Italia nella competizione tecnologica internazionale*, Ferrari S., Palma D., (I) 21

*Quadro di valutazione dell'innovazione in Europa*, Commissione delle Comunità Europee, (II) 21

*Le politiche per le attività produttive: le Regioni e i nuovi strumenti*, Brancati R., (III) 12

*Internazionalizzazione dei servizi: una prospettiva tecnologica (1ª parte)*, Miozzo M., Soete L., (IV) 28

*Internazionalizzazione dei servizi: una prospettiva tecnologica (2ª parte)*, Miozzo M., Soete L., (V) 9

*Lo scenario energetico mondiale al 2030*, Agenzia Internazionale per l'Energia, (VI) 24

**STUDI & RICERCA** *Barriere alla diffusione della generazione distribuita e della microgenerazione*, Tomassetti G., (I) 43

*"Parchi in qualità": i sistemi di gestione nelle aree protette*, Naviglio L., (I) 51

*Trattamento delle deiezioni zootecniche nella logica di una economia sostenibile*, Pizzichini M., Bozzini A., (I) 59

*Il ponte sullo Stretto: problematiche geologiche*, Antonioli F., Sylos Labini S., Ferranti L., (I) 71

*Il sistema di generazione elettrica italiano dopo i recenti accordi sul Protocollo di Kyoto*, Vignati S., (II) 41

*Gli scenari energetici e ambientali. Un'analisi comparativa*, Gracceva F., (II) 50

*Generalizzazione della relatività ristretta in due dimensioni*, Catoni F., Zampetti P., (II) 68

*Campi elettromagnetici: stato delle conoscenze per la valutazione della cancerogenicità*, Marino C., Galloni P., Gatta L., Scarfi M.R., Lovisolo G.A., (III) 32

*Problemi di fisica delle nubi e "global warming"*, Michelini M., (III) 51

*Geometria dello spazio-tempo, età dell'universo e transizione ordine-caos*, Santoro E., (III) 69

*Gli indicatori di benessere economico sostenibile: un'analisi comparata*, Costantini V., (IV) 39

*Domotica e integrazione*, Fasano G., Malosti D., Zinzi M., (IV) 54

*Laser a eccimeri senza elettrodi*, Lisi N., (IV) 61

*Vibrazioni indotte dal traffico: un'insidia per i monumenti*, Clemente P., (IV) 67

*Pianificazione energetico-ambientale territoriale secondo il Protocollo di Torino e l'accordo di Kyoto: elementi di analisi*, Coralli L., D'Angelo E., Mori A., (IV) 74

*Etanolo da biomassa lignocellulosica*, Zimbardi F., Ricci E., Viola E., Braccio G., (V) 25

*La raccolta e la conservazione della frutta fresca: nuovi metodi per problemi antichi*, De Martinis D., (V) 33

*Energie rinnovabili e processi a membrana per la dissalazione dell'acqua*, Pizzichini M., Russo C., (V) 41

*Livelli critici di ozono ed effetti sulle piante in Italia*, Manes F., Giannini M.A., Capogna F., De Bonfilis A., Postiglione L., Fagnano M., Merola G., Forlani A., Piccolo R., Fumagalli I., Belgiovine N., Mignanego L., Vialetto G., Racalbutto S., (V) 55

*Medicina del lavoro: igiene e sicurezza*, Campurra G., Polimei T., (V) 66

*Esperimento TRADE: sistema di accoppiamento fra acceleratore di protone e reattore TRIGA*, a cura di Monti S. e Santoro E., (VI) 35

*Possibili rischi generati da rifiuti pericolosi prodotti in ambito urbano ed opportunità di recupero*, Cafiero F., (VI) 43

*La scienza dell'informazione geografica e il GIS*, Caiaffa E., (VI) 55

*La ricerca italiana nella robotica avanzata: prospettive e potenzialità*, Moriconi C., (VI) 61

*Il contributo di Enrico Fermi alla copertura del fabbisogno energetico mondiale*, Rubbia C., (I) 77

*L'uomo, la scimmia, la cultura, la tecnica. Colloquio con Yves Coppens*, Borrelli F., (II) 77

*Prigionieri del mito*, Vattimo G., (III) 79

*L'età del tecnopolio: aspetti socioculturali e psicosociali*, Norelli F., (IV) 89

*La rinascita delle scienze e delle arti ha contribuito a purificare i costumi?* (1ª parte), Rousseau J.J., (V) 73

*La rinascita delle scienze e delle arti ha contribuito a purificare i costumi?* (2ª parte), Rousseau J.J., (VI) 69

## SCIENZA, TECNICA, STORIA E SOCIETÀ

*Studio sulla contaminazione microbiologica di origine fecale del fiume Basento*, Grosso M., Magno P., Mastrolitti S., Bitonte R., Magarelli A., (I) 82

*La potenzialità del GIS come strumento di supporto nelle scienze socioeconomiche*, Caiaffa E., (I) 85

*Mortalità per tumore maligno della pleura ed esposizione ad amianto in Italia*, Mastrantonio M., Binazzi A., Uccelli R., (I) 88

*Impianto mobile/trasportabile di trattamento termico dei rifiuti*, Busuoli G., Cornacchia G., Repici S., (II) 80

*Monitoraggio sismico di un edificio in muratura*, Clemente P., (II) 83

*Crescita in acquario di coralli mediterranei*, Metalpa R.R., Abbate M., Peirano A., Bianchi C., (II) 86

*SIGMA: un laboratorio integrato per la diagnostica e la modellistica di sistemi complessi*, Maino G., (III) 81

*Riscaldamento dei grandi edifici e degli isolati con i combustibili legnosi: il progetto europeo Bioheat*, Castellazzi L., Gerardi V., (IV) 94

*Tecnologie innovative per il trattamento delle acque reflue*, Giordano A., Spagni A., Bastianutti C., Bortone G., Garuti G., (V) 79

*Indagine sui corsi di formazione a distanza dell'ENEA*, Manno A., Moreno A., (V) 82

*Misure di esposizione ai prodotti di decadimento del radon e valutazioni dosimetriche*, Berico M., Castellani C.M., Formignani M., Mariotti F., (V) 84

*Caratterizzazione del particolato aerosospeso all'interno di un museo situato in area urbana*, Berico M., Formignani M., (VI) 76

*Costruire nelle aule scolastiche una cultura delle fonti rinnovabili*, Fornaci A., (VI) 78

## NOTE TECNICHE

### NOTIZIE DAL MONDO

*Rapporto OCSE 2001*, (I) 91

*Una rete per gli scambi scientifici fra Italia e Stati Uniti*, (I) 91

*Eolico off-shore in Germania*, (I) 91

*Le fonti rinnovabili in Spagna*, (I) 91

*Un supersatellite per l'ambiente*, (II) 89

*I programmi energetici in GB*, (II) 89

*USA: annuncio di una fusione fredda*, (II) 89

*Dall'OCSE tre raccomandazioni per la Cina*, (II) 89

*Potenziamento del nucleare in USA*, (III) 83

*Un allarme per l'ambiente globale*, (III) 83

*Specchi intessuti di fibre*, (III) 83

*Energia: accordi con la Russia*, (IV) 95

*Hard disk sempre più piccoli*, (IV) 95

*Pianeta vivente, ma ancora per poco*, (IV) 95

*Materiali innovativi per immagazzinare idrogeno*, (V) 87

*Cambiamenti climatici e Corrente del Golfo*, (V) 87

*Biocarburanti per difendere l'ambiente*, (V) 87

*Previsto intenso sviluppo dell'energia eolica*, (VI) 81

*Iceberg e riscaldamento globale*, (VI) 81

*Siccità, metano e CO<sub>2</sub>*, (VI) 81

### NOTIZIE DALL'UNIONE EUROPEA

*Finanziamenti per le fonti rinnovabili*, (I) 92

*Limiti più severi per l'inquinamento da ozono*, (I) 92

*Più libero mercato di energia tra gli Stati*, (I) 92

*Sacrifici al CERN per il Large Hadron Collider*, (I) 92

*L'Europa ratifica il Protocollo di Kyoto*, (II) 90

*La riunione del Consiglio Europeo di Barcellona*, (II) 90

*Espressioni d'interesse*, (II) 90

*Rallenta la riduzione dei gas serra*, (III) 84

*Compromesso sul 6PQ*, (III) 84

*Programma di azione in materia di ambiente*, (III) 84

*Biomassa per energia, industria e clima*, (IV) 96

*Una rete europea per PMI*, (IV) 96

*Finanziamento di progetti di ricerca in UE*, (IV) 96

*Le sfide per la ricerca*, (V) 88

*Paesi candidati e società dell'informazione*, (V) 88

*Al CERN una fabbrica di antimateria*, (V) 88

*Nuovo gruppo strategico per l'idrogeno*, (VI) 82

*Una rete per gestire i rifiuti radioattivi*, (VI) 82

*MODA-ML: un progetto per il settore*, (VI) 82

### NOTIZIE DALL'ITALIA

*Ricostituito il Comitato per le biotecnologie*, (I) 93

*La strategia dell'Italia per lo sviluppo dell'energia sostenibile*, (I) 93

*Accordi di Programma Ministero-FIAT-UP*, (I) 93

*Treno verde 2002*, (I) 93

*Salvaguardia ambientale delle montagne*, (II) 91

*ENEL e Pirelli per le tecnologie ambientali*, (II) 91

## CRONACHE

Per bloccare la proliferazione nucleare, (II) 91  
 Rete di cooperative per La Casa Ecologica, (II) 91  
 Inizia il tour 2002 della "casa ecologica", (III) 85  
 Incontrare Johannesburg 2002, (III) 85  
 Ratificato il Protocollo di Kyoto, (III) 85  
 Comitato anti-siccità istituito dal Governo, (III) 86  
 Grande centrale elettrica a biomasse in Calabria, (III) 86  
 Nuovi centri di ricerca e sviluppo INFM, (III) 86  
 Lotta contro l'acqua alta a Venezia, (IV) 97  
 Recupero di rifiuti pericolosi, (IV) 97  
 Alta tecnologia al servizio delle ferrovie, (IV) 97  
 Assemblea generale della ricerca, (V) 89  
 Il punto sul fotovoltaico, (V) 89  
 Robotica marina in Artico, (V) 89  
 Bus ecologici per l'Emilia Romagna, (V) 90  
 Approvato il Piano energetico lombardo, (V) 90  
 Premio Felice Ippolito 2002, (V) 90  
 Percorsi di cooperazione ambientale, (VI) 83  
 Le donne nella scienza, (VI) 83  
 Qualificazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili, (VI) 83

#### NOTIZIE DALL'ENEA

Combustione senza fiamma, (I) 94  
 Il monitoraggio tecnologico nelle imprese, (I) 95  
 Rapporto "Energia e Ambiente 2001", (I) 94  
 Allineamento magneti in Elettra, (II) 92  
 Alimenti per l'infanzia e OGM, (II) 92  
 Un museo vivo per tecnologie e ambiente, (II) 92  
 Nuova campagna ambientale in Artico, (II) 93  
 Innovazione tecnologica e agricoltura, (II) 93  
 Graduatorie dei concorsi ENEA, (III) 87  
 Tecnologie avanzate per i beni culturali, (III) 100  
 Gestione ambientale del territorio, (III) 100  
 TRADE: esperimento per il sistema ADS, (III) 100  
 Politica energetica: amministrazioni a confronto, (III) 100  
 Ambiente e salute, (III) 101  
 La scienza per la consapevolezza ambientale, (III) 101  
 Workshop congiunto ENEA-FEEM, (III) 100  
 Vulnerabilità ai cambiamenti climatici, (IV) 98  
 Temi per tesi di laurea 2002-2003, (IV) 98  
 Piano annuale 2002, (V) 91  
 Programma di ricerche in Antartide, (V) 91  
 Proroga gestione commissariale, (V) 91  
 Il nuovo sito Internet per la Trisaia, (V) 91  
 Scienza e mare 2002, (V) 91  
 Fotovoltaico a concentrazione per ridurre i costi, (V) 91  
 Produzione biologica dell'idrogeno, (VI) 84  
 Costituita la Federazione Italiana Ricerche sulle Radiazioni, (VI) 84  
 ENEA in mostra, (VI) 84  
 Sistemi autonomi intelligenti e robotica avanzata, (VI) 85

Esperto ENEA nel gruppo NU contro la desertificazione, (VI) 85

#### INCONTRI

"For the benefit of humanity": i Nobel per parlare di pace, (I) 95  
 Il monitoraggio tecnologico nelle imprese, (I) 95  
 Compatibilità ambientale dell'eolico, (I) 95  
 Guglielmo Marconi a 100 anni dal primo segnale al di là dell'oceano, (I) 95  
 Calcolo e comunicazione quantistica, (II) 94  
 Giornata dell'acqua, (II) 94  
 Beni culturali e innovazione tecnologica, (II) 94  
 6° Pirelli International Award, (III) 102  
 Antartide: risultati importanti, (III) 102  
 Formazione per lo sviluppo sostenibile, (III) 102  
 Primo rapporto ambientale di Trenitalia, (IV) 99  
 Stretto di Messina e fonti alternative, (IV) 99  
 Il vetro amico dell'ambiente, (IV) 99  
 7ª Conferenza Mondiale di Radiografia Neutronica, (V) 93  
 A colloquio con i Nobel, (V) 93  
 Festambiente 2002, (V) 93  
 Ricicla 2002, (V) 94  
 Cultura e scienza della montagna, (V) 97  
 Il punto sul fotovoltaico, (VI) 86  
 Fonti rinnovabili e idrogeno, (VI) 86

#### LETTURE

Enrico Fermi. Significato di una scoperta, AIN-ENEA, (I) 96  
 Macchine elettriche, Votano F., (I) 96  
 Environmental management and sustainable development. An application of multicriteria methodologies to urban solid waste management, (I) 96  
 Storia dell'abbondanza, Sertorio L., (II) 95  
 State of the World 2002, (II) 95  
 Rifiuti urbani pericolosi in Italia, Cafiero F., (II) 96  
 Ambiente Italia 2002. 100 indicatori sullo stato dell'ambiente, (II) 96  
 The New Engineering, Adiutori E.F., (III) 103  
 Idrogeno, Dunn S., (III) 103  
 Strategia e competizione, Porter M.E., (III) 103  
 Italia più moderna per un'Europa più forte, Confindustria, (III) 104  
 Post-Human. Verso nuovi modelli di esistenza, Marchesini R., (IV) 100  
 Rapporto annuale ISTAT, (V) 95  
 In difesa della scienza. Etica e razionalità e senso comune, Lanzavecchia G., (V) 95  
 R&D – Dati statistici AIRI, (V) 96  
 The brilliance of bioenergy in business and in practice, Sims R.E.H.  
 Economia all'idrogeno, Rifkin J., (VI) 87  
 La ricchezza delle idee. Storia del pensiero economico, Roncaglia A., (VI) 87