

ENERGIA, AMBIENTE E INNOVAZIONE

ANNO 51

SETTEMBRE-OTTOBRE 2005

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 novembre 2005

The ENEA logo consists of the word "ENEA" in a bold, sans-serif font. The letters "E" and "A" are connected at the bottom. The logo is positioned to the left of a vertical line that descends from a horizontal orange bar.

Direttore responsabile Sergio Ferrari

Comitato di redazione Maria Antonietta Biancifiori, Fausto Borrelli, Vincenzo Di Majo, Marco Martini, Antonio Nobili, Vito Pignatelli, Emilio Santoro, Franco Vivoli

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

Ada Cerrato, Nicoletta Troncon

In copertina Leonardo Da Vinci "Studio della gradazione dell'ombra sulla sfera"

Stampa Tipografia Primaprint, Via dell'Industria n. 71, 01100 Viterbo

Registrazione Tribunale Civile di Roma

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

Pubblicità Primaprint di S. Badini e M. Greto s.n.c.

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

C.C.P. n. 59829580 intestato a Primaprint di S. Badini e M. Greto s.n.c.

Via dell'Industria, 71 - 01100 Viterbo - Tel. 0761-353676 - Fax 0761-270097

e-mail: info@primaprint.it

www.enea.it

www.enea.it

4

PRIMO PIANO

IL PIANO D'AZIONE DI GLENEAGLES THE GLENEAGLES ACTION PLAN

Summit G8

Il Summit G8, tenuto a luglio in Scozia con la partecipazione dei leader dei paesi ad economia emergente, ha raggiunto un accordo per esaminare e valutare le modalità per scambiare le tecnologie, ridurre le emissioni e far fronte ai fabbisogni energetici in maniera sostenibile. Pubblichiamo il Piano d'Azione sul cambiamento climatico globale e il Comunicato congiunto finale

The G8 Summit, held in July in Scotland in conjunction with leaders from emerging economy countries, reached an agreement to explore how best to exchange technology, reduce emissions and meet energy needs in a sustainable way.

We publish the Action Plan on global climate change and the Joint Statement released at the end of the meeting

17

SPAZIO APERTO

LO SVILUPPO DELLE PIATTAFORME TECNOLOGICHE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY PLATFORMS

Commissione Europea Gruppo Interservizi Piattaforme Tecnologiche

La positiva esperienza delle piattaforme tecnologiche europee ha messo in evidenza l'importanza di definire in maniera consensuale e dal basso la necessità di ricerca industriale

The positive track record of European technology platforms highlights the importance of defining industrial research needs through consensus, from the bottom up. The Inter-Service Group's report, which does not represent any official opinion of the European Commission, provides information on the current status of many of the technology platforms with respect to the three stages of their development outlined in the Group's previous report

23

STUDI & RICERCHE

RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA. STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE INTRAOPERATIVE RADIATION THERAPY. STATE OF THE ART AND OUTLOOK

Concetta Ronsivalle

Negli ultimi anni si è sviluppato un sempre maggior interesse intorno alla Radioterapia IntraOperatoria (IORT), una particolare tecnica radioterapica, che permette di irradiare la zona interessata da un tumore durante un intervento chirurgico utilizzando un fascio di elettroni prodotto da un acceleratore. La disponibilità di apparecchiature ad alto rateo di dose e di acceleratori lineari mobili da utilizzarsi direttamente in sala operatoria ha facilitato la diffusione della IORT e la sua applicazione in trattamenti di molte neoplasie

IntraOperative Radiation Therapy (IORT) - a medical procedure that uses an electron beam produced by an accelerator to irradiate a cancerous area during surgery - has aroused growing interest in recent years. The availability of high-dose delivery systems and mobile linear accelerators has facilitated the growing use of IORT and its application to many types of cancer

34

NUOVI BIOCIDI PER LE VERNICI ANTIVEGETATIVE NEW BIOCIDES FOR ANTIFOULING PAINTS

I. Mazzotti, P. Massanisso, C. Cremisini, S. Chiavarini, M. Fantini, R. Morabito

La messa al bando delle vernici marine contenenti metalli pesanti e composti organostannici, che costituiscono un pericolo per l'ambiente acquatico, rende necessario individuare nuovi biocidi per proteggere le imbarcazioni dalle incrozzazioni biologiche

The environmental problems associated with the use of the organotin compounds as biocides in the antifouling paints, have lead to the international ban of these compounds. In the article the new antifouling paints coming up the national and international market are shortly introduced and discussed, with particular attention respect to the new organic compounds used as biocides

55

**IL GIS NELLA PIANIFICAZIONE DELLA RISORSA BIOMASSA
GIS METHODOLOGY IN THE ANALYSIS OF BIOMASS RESOURCES**

Roberto Avella, Claudia Bassano

Il Geographic Information System è uno strumento molto utile a supporto delle decisioni di politiche energetiche e territoriali. La metodologia è stata applicata alla realtà territoriale della Sardegna per valutare le reali potenzialità di sviluppo di una filiera biomassa-energia

GIS (Geographic Information System) is a decision-support tool used in energy and land-use planning. The methodology has been applied in Sardinia to assess the development potential of local biomass energy resources

64

**DIALOGO SULLA CIBERNETICA
LA MATERIA, LA MENTE, IL DUBBIO
DIALOGUE ON CYBERNETICS - MIND, MATTER AND DOUBT**

Giovanna La Rosa, Nicola Pacilio, Andrea Quintiliani, Sandro Taglienti

In forma di dialogo si sviluppa il dibattito tra caratterizzazioni antropomorfe della materia (MA) e della mente (ME). Il moderatore ideale non può che essere il dubbio (DU), che rimette in discussione ipotesi, teorie e certezze di cui si nutre il sapere filosofico e scientifico.

Since materialism and idealism have always taken centre stage in human thought, the debate proceeds through anthropomorphic personifications of Mind and Matter. The ideal moderator can be no other than Doubt, which questions the hypotheses, theories and certainties that nurture philosophic and scientific knowledge

SCIENZA, TECNICA, STORIA & SOCIETÀ

78

**UN TESORO A SANTA TERESA
A TREASURE AT SANTA TERESA**

Elena Pangaro

NOTE TECNICHE

80

**LA STANDARDIZZAZIONE PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA
DEGLI USI FINALI
STANDARDISING END-USE ENERGY EFFICIENCY**

Milena Presutto

83

**MATERIALI E DISPLAY ELETTROLUMINESCENTI AL CENTRO DI PORTICI
ELECTROLUMINESCENT MATERIALS AND DISPLAYS AT THE PORTICI CENTRE**

Dario Della Sala

CRONACHE

86

- dal **Mondo**
 - Agli studi sull'ottica il Nobel per la Fisica **86**
 - Eolico in crescita **86**
 - Nobel per la Pace all'AIEA **86**
 - Energia elettrica condivisa **87**
 - Scompare Rotblat scienziato del disarmo **87**
 - Inquinamento sottostimato **87**
- dall'**Unione Europea**
 - Nuove norme sui rifiuti elettronici **88**
 - Consenso generico per il post-Kyoto **88**
 - Agevolare i ricercatori di paesi terzi **88**
 - Priorità alle scienze della vita **88**
- dall'**Italia**
 - Fonti rinnovabili per i rifugi alpini **89**
 - Casa eco-logica in mostra a Viterbo **89**
 - In crescita il *car sharing* **89**
- dall'**ENEA**
 - Rete di assistenza per l'agro-alimentare **90**
 - L'ENEA nel comparto ricerca e nomina del Direttore Generale **90**
- Incontri**
 - Cambia il futuro del pianeta **91**
 - Nanocose per il futuro **91**
 - Premio Voltolino di divulgazione scientifica **91**
- Lettere**
 - Climate change and a European low-carbon energy system **92**
 - Comunicare la scienza. Kit di sopravvivenza per ricercatori **92**

93

INDICE 2004/INDEX 2004

Il Piano di Azione di Gleneagles

SUMMIT G8

primo piano

Il Summit G8, tenuto a luglio in Scozia con la partecipazione dei leader dei paesi ad economia emergente, ha raggiunto un accordo per esaminare e valutare le modalità per cambiare le tecnologie, ridurre le emissioni e far fronte ai fabbisogni energetici in maniera sostenibile.

Pubblichiamo il Piano d'Azione sul cambiamento climatico globale e il Comunicato congiunto finale

The Gleneagles Action Plan

The G8 Summit, held in conjunction with leaders from emerging economy countries, reached an agreement to explore how best to exchange technology, reduce gas emissions and meet energy needs in a sustainable way.

The 2005 Summit was held in Scotland, in July; the next one, in 2006, will be hosted by Russia.

We publish the Action Plan on global climate change and the Joint Statement released at the end of the meeting

Quest'anno il Summit del G8 si è svolto presso l'Hotel Gleneagles, Perthshire, Scozia, dal 6 all'8 luglio 2005.

I principali accordi raggiunti riguardano lo sviluppo in Africa ed il cambiamento climatico globale. Dimostrando di non essere affatto dissuasi dagli attentati terroristici del 7 luglio a Londra, i leader del G8 hanno discusso anche altri temi, fra cui il sostegno alla pace in Medio Oriente, la lotta al terrorismo mondiale e la proliferazione degli armamenti.

I capi di governo dei paesi del G8, quelli di Brasile, Cina, India, Messico e Sud Africa, ed i capi delle Organizzazioni Internazionali rappresentate al Summit hanno rilasciato una dichiarazione congiunta a seguito degli attentati di Londra.

Quel giorno, i leader del G8 si sono riuniti con i capi di governo di altri paesi con i quali il G8 è particolarmente interessato a tessere rapporti – il presidente Luiz Inacio Lula da Silva (Brasile), il presidente Hu Jintao (Cina), il primo ministro dott. Manmohan Singh (India), il presidente Vicente Fox Quesada (Messico) ed il presidente Thabo Mvuyelwa Mbeki (Sud Africa) – ed i capi di alcune organizzazioni internazionali per discutere del cambiamento climatico.

Il giorno dopo, l'8 luglio, i leader del G8 si sono incontrati con quelli di vari paesi africani - Algeria, Etiopia, Ghana, Nigeria, Senegal, Sud Africa e Tanzania - per esaminare i problemi di quel continente.

Il presidente russo Vladimir Putin ha annunciato a Gleneagles che il prossimo Summit si terrà a San Pietroburgo nel 2006.

*sfida grave
e a lungo
termine*

Comunicato congiunto del G8 di Gleneagles

Il cambiamento climatico e l'economia globale

1. Nell'affrontare il cambiamento climatico, promuovere l'energia pulita e realizzare lo sviluppo sostenibile a livello planetario, ci attendono sfide gravi e collegate fra loro.

(a) Il cambiamento climatico rappresenta una sfida grave e a lungo termine i cui effetti potrebbero colpire ogni parte del pianeta. Sappiamo che l'aumentato fabbisogno ed uso di energia derivata da combustibili fossili e da altre attività umane contribuiscono in gran parte ad aumenti dei gas ad effetto serra associati al riscaldamento della superficie della nostra Terra. Sebbene perdurino delle incertezze nella nostra comprensione della scienza del clima, ne sappiamo abbastanza per agire oggi, immettendoci su un percorso che rallenti e, come giustificato dalla scienza, arresti e poi inverta la crescita dei gas ad effetto serra.

(b) Secondo le previsioni, la domanda mondiale di energia crescerà del 60% nei prossimi 25 anni. Ciò potrebbe portare ad un aumento rilevante delle emissioni di gas ad effetto serra associate al cambiamento climatico.

(c) Fonti energetiche sicure, affidabili ed a prezzi abbordabili sono essenziali per la stabilità e lo sviluppo dell'economia. Dato l'accresciuto ricorso ai mercati internazionali dell'energia, la crescente domanda di energia rappresenta una sfida per la sicurezza energetica.

(d) Riducendo l'inquinamento, si proteggono la salute pubblica e gli ecosistemi. Ciò è particolarmente vero nel mondo in via di sviluppo. E' necessario migliorare la qualità dell'aria e dell'acqua per alleviare le sofferenze dovute alle malattie respiratorie, ridurre i costi della sanità pubblica e allungare la durata di vita.

(e) Circa 2 miliardi di persone sono prive di servizi energetici moderni. Se intendiamo contribuire a realizzare gli obiettivi convenuti al Summit del Millennio nel 2000, dobbiamo collaborare con i nostri *partner* per ampliare l'accesso all'energia.

2. Intendiamo agire adesso con determinazione ed urgenza per centrare i nostri molteplici obiettivi condivisi di ridurre le emissioni di gas ad effetto serra, migliorare l'ambiente del pianeta, aumentare la sicurezza energetica e ridurre l'inquinamento atmosferico in concomitanza con i nostri sforzi vigorosi per ridurre la povertà.

3. E' nel nostro interesse globale lavorare insieme, ed in collaborazione con economie emergenti di primo piano, per trovare dei modi per ottenere sostanziali riduzioni delle emissioni di gas serra e centrare gli altri nostri obiettivi chiave, fra cui la promozione di sistemi energetici a basse emissioni. Le economie sviluppate del mondo hanno il dovere di agire.

4. Confermiamo la nostra adesione alla Convenzione Quadro dell'ONU sul Cambiamento Climatico [CQNUCC] ed al suo obiettivo fondamentale di stabilizzare le concentrazioni atmosferiche di gas serra ad un livello che impedisca pericolose interferenze umane con il sistema climatico. Ribadiamo l'importanza dell'opera del Pannello Intergovernativo sul Cambiamento Climatico e contiamo di leggere la sua relazione nel 2007.

5. Ci troviamo in un momento di opportunità. Nei prossimi 25 anni, si prevede che 16 mila miliardi di dollari dovranno essere investiti nei sistemi energetici del mondo. Secondo la IEA, esistono opportunità significative ed economicamente convenienti per investire questo capitale in tecnologie energetiche più pulite ed in efficienza energetica. Poiché le decisioni prese oggi potrebbero immobilizzare capitali ed aumentare le emissioni per decenni a venire, è importante agire con saggezza adesso.

6. Pertanto, prenderemo ulteriori misure per:

(a) promuovere l'innovazione, l'efficienza ed il risparmio energetico; migliorare i quadri politici, normativi e finanziari; ed accelerare la diffusione di tecnologie più pulite, in particolare tecnologie caratterizzate da bassi livelli di emissioni;

(b) collaborare con i paesi in via di sviluppo per migliorare gli investimenti privati ed il trasferimento di tecnologie, tenendo conto dei loro fabbisogni energetici e delle loro priorità;

(c) diffondere la consapevolezza del cambiamento climatico e delle altre molteplici sfide che dobbiamo fronteggiare, e dei mezzi per affrontarle, e rendere disponibili le informazioni di cui gli operatori economici ed i consumatori hanno bisogno per utilizzare meglio l'energia e per ridurre le emissioni.

**collaborare
per ampliare
l'accesso
all'energia**

7. Adattarsi alle conseguenze dei cambiamenti climatici dovuti a fattori naturali ed antropici è una priorità elevata per tutte le nazioni, soprattutto per quelle situate nelle regioni che sarebbero esposte ai cambiamenti più rilevanti, come l'Artico, il Sahel in Africa ed altre regioni semi-aride, le zone costiere poco elevate, ed i piccoli stati insulari soggetti anche a subsidenza. Mentre lavoriamo sulle nostre strategie di adattamento, lavoreremo insieme ai paesi in via di sviluppo per aumentare la loro capacità di resilienza e per aiutarli ad integrare obiettivi di adattamento in strategie di sviluppo sostenibile.

8. Affrontare il cambiamento climatico e promuovere tecnologie pulite mentre si persegue la sicurezza energetica e lo sviluppo sostenibile richiederà uno sforzo concertato globale in tempi lunghi.

9. Pertanto, conveniamo di portare avanti un Dialogo sul Cambiamento Climatico, sull'Energia Pulita e sullo Sviluppo Sostenibile, ed invitiamo altri paesi interessati con rilevanti fabbisogni energetici ad unirsi a noi. Intendiamo:

(a) affrontare la sfida strategica di trasformare i nostri sistemi energetici così da creare un futuro più sicuro e più sostenibile;

(b) monitorare l'implementazione degli impegni assunti nel Piano d'Azione G8 e cercare modalità per valorizzare questi progressi;

(c) condividere le migliori prassi fra i governi partecipanti.

10. Chiederemo ai nostri governi di portare avanti il Dialogo. Accogliamo con piacere l'offerta del Giappone di ricevere al Summit G8 del 2008 una relazione in merito.

11. Lavoreremo con collaborazioni, istituzioni ed iniziative appropriate, comprese l'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA) e la Banca Mondiale:

(a) l'IEA fornirà consulenze sui scenari per le energie alternative e su strategie finalizzate ad un futuro energetico pulito, ingegnoso e competitivo;

(b) la Banca Mondiale assumerà un ruolo di guida nel creare un nuovo quadro per l'energia pulita e lo sviluppo, compresi investimenti e finanziamenti.

12. A seguito del successo della Tavola Rotonda Ministeriale su Energia ed Ambiente tenutasi in marzo a Londra, il Regno Unito organizzerà degli incontri che portino avanti il Dialogo nel secondo semestre di quest'anno, anche individuando specifici piani attuativi per realizzare ciascuno degli impegni assunti nel Piano d'Azione.

13. Apprezziamo la decisione della Federazione Russa di concentrare l'attenzione sull'energia durante la sua presidenza del G8 nel 2005, ed il programma di incontri che intende organizzare.

14. Riconosciamo che la CQNUCC è la sede appropriata per negoziare futuri azioni sul cambiamento climatico. Coloro fra noi che hanno ratificato il Protocollo di Kyoto apprezzano il fatto che sia entrato in vigore e ci adopereremo affinché abbia successo.

*adattarsi
alle conseguenze
dei cambiamenti
climatici*

15. Lavoreremo insieme per conseguire gli obiettivi che, come abbiamo convenuto oggi, debbono guidare i lavori della Conferenza delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico a Montreal nel 2005. Ci siamo impegnati a portare avanti in quella sede la discussione globale su azioni cooperative a lungo termine per affrontare il cambiamento climatico.

Il Piano d'Azione di Gleneagles Cambiamento climatico, energia pulita e sviluppo sostenibile

1. Intendiamo portare avanti azioni nei seguenti campi chiave:

- Trasformare il modo in cui usiamo l'energia
- Energia per un futuro più pulito
- Promuovere la ricerca e lo sviluppo
- Finanziare la transizione verso un'energia più pulita
- Gestire l'impatto del cambiamento climatico
- Contrastare il taglio illegale degli alberi

*azioni
cooperative
per affrontare
il cambiamento
climatico*

Trasformare il modo in cui usiamo l'energia

2. Miglioramenti dell'efficienza energetica comportano vantaggi per la crescita economica e per l'ambiente, oltre a co-vantaggi, quali la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra, la prevenzione dell'inquinamento, l'alleviamento della povertà, la maggiore sicurezza nell'approvvigionamento di energia, la maggiore competitività e il miglioramento della salute e dell'occupazione.

3. Ad Evian, convenimmo che l'efficienza energetica è un campo chiave per l'azione del G8. Ed a seguito dell'accordo raggiunto al Summit sulle Isole Marine nel 2004, lo scorso aprile venne lanciata a Tokyo l'iniziativa detta delle 3R (Ridurre, Riutilizzare, Riciclare): un passo importante per incoraggiare una maggiore efficienza nell'uso delle risorse e dei materiali, il che accresce la competitività economica mentre riduce gli impatti ambientali.

4. Riconosciamo inoltre l'importanza di rendere i consumatori più consapevoli dell'impatto ambientale, dei loro comportamenti e delle loro scelte, anche mediante sforzi internazionali quali il Decennio ONU dell'Educazione per lo Sviluppo Sostenibile.

Edifici

5. Per promuovere l'efficienza energetica negli edifici, intendiamo:

- (a) invitare l'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) ad esaminare gli standard e le normative edilizie in vigore nei paesi sviluppati ed in quelli in via di sviluppo, elaborare indicatori energetici per la valutazione dell'efficienza, ed individuare le migliori prassi politiche;

(b) incoraggiare l'opera delle collaborazioni esistenti, come quelle per le energie rinnovabili e l'efficienza energetica, tesa a coinvolgere i paesi in via di sviluppo;

(c) elaborare linee guida o standard nazionali per l'acquisizione e la gestione di edifici pubblici nei nostri rispettivi paesi.

Elettrodomestici

6. Per incoraggiare il coordinamento delle politiche internazionali sull'etichettatura, l'adozione di standard e le procedure di collaudo per elettrodomestici ad alta efficienza energetica, intendiamo:

(a) promuovere l'applicazione dell'Iniziativa "1 Watt" dell'IEA;

(b) chiedere all'IEA di svolgere uno studio che esamini gli standard e le normative vigenti nel mondo in materia di elettrodomestici, sfruttando la sua competenza nel campo dell'efficienza energetica degli elettrodomestici;

(c) ampliare l'uso di etichette chiare e coerenti al fine di rendere i consumatori più consapevoli dei consumi energetici degli elettrodomestici;

(d) operare nei nostri paesi ed in collaborazione con altri per migliorare l'efficienza e le performance ambientali dei prodotti nei settori prioritari; e

(e) esaminare le possibilità di coordinare gli standard con altri paesi, in base agli esempi forniti dagli enti internazionali esistenti.

*veicoli
più puliti,
più efficienti
e ad emissioni
più basse*

Trasporti su gomma e rotaia

7. Intendiamo incoraggiare lo sviluppo e la diffusione di veicoli più puliti, più efficienti e ad emissioni più basse:

(a) adottando politiche ambiziose tese ad favorire la vendita di tali veicoli nei nostri paesi, anche con acquisti pubblici atti ad accelerare la crescita del mercato;

(b) chiedendo all'IEA di esaminare gli standard e le normative vigenti in materia di efficienza dei veicoli e di individuare la prassi migliore;

(c) incoraggiando la cooperazione nella ricerca tecnologica, nello sviluppo e, ove pertinente, nella diffusione, in campi quali quelli delle tecnologie a benzina e diesel più pulite, dei biocarburanti, dei carburanti sintetici, delle tecnologie ibride, delle prestazioni delle batterie e dei veicoli a cella combustibile a idrogeno;

(d) proseguendo la nostra discussione su questi temi nell'ambito della conferenza internazionale su veicoli più puliti e più efficienti che si svolgerà nel Regno Unito a novembre;

(e) accrescendo la consapevolezza dei consumatori in merito all'impatto ambientale delle loro scelte di veicoli, anche mediante etichettature chiare e coerenti riportanti i dati pertinenti al consumo di energia, all'efficienza energetica ed alle emissioni, e incoraggiando la fornitura di informazioni più chiare sulle conseguenze dei comportamenti di guida e delle scelte delle modalità di trasporto.

Aviazione

8. Intendiamo:

(a) intraprendere un programma di lavoro collaborativo che esamini ed acceleri le potenzialità per progressi operativi (anche nel controllo del traffico aereo e nelle operazioni a terra) che continueranno ad accrescere la sicurezza, migliorare l'efficienza dei carburanti e ridurre le emissioni del traffico aereo;

(b) lavorare insieme al Pannello Intergovernativo sul Cambiamento Climatico per fornire, come parte del suo Quarto Rapporto di Valutazione, una valutazione aggiornata delle risultanze più recenti sugli impatti dell'aviazione sul clima;

(c) sostenere la ricerca nel campo della scienza climatica con l'intento di migliorare la nostra comprensione di problematiche specifiche quali gli effetti delle nubi cirriformi e delle scie d'aereo, al fine di congegnare meglio le risposte tecnologiche ed operative;

(d) incoraggiare il coordinamento fra i nostri esistenti programmi nazionali di ricerca su sviluppi tecnologici a lungo termine che potrebbero ridurre le emissioni in misura significativa.

*fonti
energetiche
affidabili
ed a prezzi
abbordabili*

Industria

9. Intendiamo:

(a) lavorare con le banche multilaterali per lo sviluppo (BMS) per ampliare l'uso di valutazioni volontarie in materia di risparmio energetico come parte di notevoli investimenti in progetti nuovi od esistenti nei settori a consumo intensivo di energia;

(b) invitare l'IEA a sviluppare il suo lavoro di valutazione dell'efficienza energetica ed a cercare di individuare quei settori dell'industria in cui ulteriori analisi delle misure di efficienza energetica potrebbero aggiungere valore nei paesi sviluppati e nei paesi in via di sviluppo interessati;

(c) sviluppare collaborazioni, anche settoriali e transnazionali, con l'industria al fine di ridurre l'intensità delle emissioni di gas ad effetto serra dei principali settori industriali delle nostre economie; e

(d) continuare a sostenere l'opera dell'ufficio "TT-Clear" della CQNUCC nel diffondere informazioni sulle tecnologie disponibili, e cooperare ulteriormente nella condivisione di informazioni sulle migliori prassi e sulle politiche nazionali volte a favorire la diffusione di tecnologie di efficienza energetica.

Energia per un futuro più pulito

10. Fonti energetiche affidabili ed a prezzi abbordabili sono essenziali per una forte crescita economica sia nei paesi del G8 che nel resto del mondo. L'accesso all'energia è cruciale anche per alleviare la povertà: nel mondo in via di sviluppo, 2 miliardi di persone sono prive di accesso a servizi energetici moderni.

11. Per rispondere alla magnitudine delle sfide che ci fronteggiano, dobbiamo diversificare le nostre fonti di energia, anche facendo maggior ricorso a quelle rinnovabili. I combustibili fossili continueranno ad essere una parte importante del mix energetico globale, e dovremo trovare dei modi per gestire l'inquinamento atmosferico e le emissioni di gas serra associati al loro uso. Dobbiamo cogliere tutte le opportunità disponibili per migliorare l'efficienza lungo tutta la catena, dall'estrazione alla produzione ed alla trasmissione di energia, e massimizzare il grande e sinora inutilizzato potenziale delle fonti alternative con emissioni più basse.

12. Prendiamo atto degli sforzi che quei membri del G8 che intendono continuare ad usare l'energia nucleare stanno facendo per sviluppare tecnologie più avanzate che sarebbero più sicure, più affidabili e più resistenti alla diversione ed alla proliferazione.

Combustibili fossili più puliti

13. Sosterremo gli sforzi tesi a rendere più pulita e più efficiente la produzione di elettricità dal carbone e da altri combustibili fossili:

(a) sostenendo il lavoro svolto dall'IEA, nelle principali economie che utilizzano il carbone, per esaminare, valutare e diffondere ampiamente le informazioni sull'efficienza energetica delle centrali a carbone e per raccomandare opzioni che rendano più accessibili le prassi migliori;

(b) invitando l'IEA, poggiandosi sull'opera del suo Centro per il Carbone Pulito, a svolgere uno studio globale delle centrali costruite di recente al fine di individuare quelle più costo-efficienti ed a maggiore efficienza e minori emissioni, e di diffondere ampiamente queste informazioni; e

(c) continuando a lavorare con l'industria e con programmi di ricerca e collaborazioni nazionali ed internazionali su progetti che dimostrino il potenziale delle tecnologie avanzate per i combustibili fossili, compreso il carbone pulito.

14. Ci adopereremo per accelerare lo sviluppo e la commercializzazione della tecnologia detta "Cattura ed Immagazzinamento del Carbonio" (CIC),

(a) appoggiando gli obiettivi e le attività del Forum Guida sul Sequestro del Carbonio (FGSC) ed incoraggiando il Foro a lavorare con la società civile in generale e ad affrontare le barriere all'accettazione della tecnologia CIC da parte dell'opinione pubblica;

(b) invitando l'IEA a lavorare con l'FGSC per organizzare un workshop sulle opportunità a breve per la CIC nel settore dei combustibili fossili, compresi il Recupero Potenziato di Petrolio e l'eliminazione del CO₂ dalla produzione di metano;

(c) invitando l'IEA a lavorare con l'FGSC per studiare definizioni, costi ed ambiti per impianti "pronti per la cattura" e per considerare incentivi economici;

*accelerare
lo sviluppo
della tecnologia
CIC*

(d) collaborando con paesi chiave in via di sviluppo per studiare opzioni per l'immagazzinamento geologico della CO₂; e

(e) lavorando con l'industria e con programmi di ricerca e collaborazioni nazionali ed internazionali per esaminare il potenziale delle tecnologie CIC, anche con i paesi in via di sviluppo.

15. Incoraggeremo la cattura di metano, un potente gas serra:

(a) sostenendo la Collaborazione "Metano al Mercato" e la Collaborazione sulla Riduzione Globale del Flaring del Metano (RGFM) sponsorizzata dalla Banca Mondiale, ed incoraggiando una partecipazione più ampia;

(b) operando bilateralmente per sostenere la proroga della RGFM della Banca Mondiale oltre il 2006.

Energie rinnovabili

*maggiore
impegno
nello sviluppo
di energie
rinnovabili*

16. Promuoveremo l'ulteriore sviluppo e commercializzazione delle energie rinnovabili:

(a) promuovendo il Programma Internazionale d'Azione adottato dalla Conferenza sulle Rinnovabili tenutasi a Bonn nel 2004, iniziando con una conferenza ospitata dal governo cinese verso la fine del 2005; e sostenendo gli obiettivi della Rete sulle Politiche per le Energie Rinnovabili (REN 21);

(b) accogliendo l'opera di soggetti interessati, anche in collaborazioni, per portare avanti il Piano Attuativo di Johannesburg, compresa la Collaborazione sulle Energie Rinnovabili e l'Efficienza Energetica (REEEP) e la Collaborazione Mediterranea sulle Energie Rinnovabili (MEDREP);

(c) lavorando con i paesi in via di sviluppo per fornire loro assistenza nella realizzazione di capacità, per elaborare politiche, per progetti di ricerca e sviluppo, e per valutare il potenziale per le energie rinnovabili, fra cui la bioenergia;

(d) lanciando, a seguito del Workshop Internazionale sulla Bioenergia tenutosi a Roma, una Collaborazione Globale sulla Bioenergia a sostegno dell'uso più ampio e più costo-efficiente dell'energia da biomasse e dei biocombustibili, soprattutto nei paesi in via di sviluppo in cui prevale l'uso delle biomasse;

(e) favorendo l'adozione e l'ulteriore sviluppo della gamma di accordi attuativi IEA sulle energie rinnovabili.

Reti elettriche

17. Lavoreremo con l'IEA per:

(a) collegare le ricerche sulle sfide relative all'integrazione delle fonti rinnovabili nelle reti ed all'ottimizzazione dell'efficienza delle reti, e redigere una relazione in merito;

(b) individuare e collegare "Centri di eccellenza" per promuovere progetti di ricerca e sviluppo nel mondo sviluppato ed in quello in via di sviluppo; e

(c) promuovere dei workshop nel 2006/2007 finalizzati alla valutazione ed alla promozione di mezzi atti a superare barriere tecniche, normative e commerciali.

Promuovere reti per la ricerca e lo sviluppo

18. Riconosciamo la necessità di maggiore impegno, cooperazione internazionale e coordinamento nella ricerca e nello sviluppo di tecnologie energetiche. Continueremo a portare avanti la ricerca, lo sviluppo e la diffusione di tecnologie energetiche in tutti i campi individuati dal Piano d'Azione di Evian sulla scienza e la tecnologia.

19. Esprimiamo il nostro sostegno alla ricerca ed allo sviluppo di tecnologie e prassi che utilizzano l'idrogeno come vettore energetico. Incoraggiamo il sostegno continuativo dell'opera dell'IEA e della Collaborazione Internazionale per l'Economia ad Idrogeno (CIEI) per coordinare le ricerche in questo campo.

20. Prendiamo atto del workshop su ricerca ed innovazione in campo energetico tenutosi ad Oxford nel maggio del 2005, ed intendiamo:

(a) lavorare con l'IEA per:

- valorizzare il lavoro in corso mediante gli accordi attuativi raggiunti sotto la sua egida per facilitare la cooperazione nella ricerca nel campo dell'energia e la condivisione dei risultati;
- rafforzare i rapporti con il mondo degli operatori economici internazionali e con i paesi in via di sviluppo;
- creare un inventario dei progetti collaborativi esistenti per facilitare lo scambio sulla loro efficacia;

(b) dare ulteriore risalto alle reti di ricerca esistenti ed incoraggiare una più ampia partecipazione ove del caso;

(c) cercare modi per migliorare i quadri nei quali si svolgono attualmente le collaborazioni fra paesi sviluppati e quelli in via di sviluppo, e potenziare la partecipazione di quest'ultimi nelle reti esistenti.

*facilitare
la transizione
verso
un futuro
a basse emissioni*

Finanziare la transizione verso un'energia più pulita

21. Climi positivi per gli investimenti e modelli di mercato efficaci sono cruciali ai fini dell'adozione di nuove tecnologie e di un maggiore accesso all'energia per la crescita economica. Riconosciamo che esiste una gamma di strumenti atti a sostenere un approccio basato sul mercato delle tecnologie più pulite e delle risorse energetiche, e che ciascun paese sceglierà quelle più consone alle proprie circostanze nazionali.

22. Intendiamo:

(a) sostenere un approccio basato sul mercato alla promozione dell'efficienza energetica, all'accelerazione degli investimenti ed alla diffusione di tecnologie più pulite, che faciliterà la transizione verso un futuro a basse emissioni;

(b) adottare, ove appropriato, politiche basate sul mercato che:

- sostengano reinvestimenti nella sostituzione dei beni strumentali;

- rimuovano le barriere agli investimenti diretti;
- facciano leva sui capitali privati per lo sviluppo pulito;
- utilizzino gli standard, oppure utilizzino prezzi e segnali da parte degli enti regolatori per creare fiducia nel valore a breve ed a lungo termine degli investimenti, così da ridurre le emissioni di gas serra e/o di sostanze inquinanti.

(c) Promuoveremo il dialogo sul ruolo, sull'idoneità, sulle sinergie potenziali e sulla tempistica di vari approcci politici nel contesto delle circostanze nazionali di ciascun paese, ivi compresi:

- l'elaborazione di politiche settoriali, nazionali od internazionali a lungo termine, obiettivi compresi;
- strumenti basati sul mercato, fra cui incentivi fiscali o di altro genere per lo sviluppo e la diffusione di tecnologie, certificati trasferibili e lo scambio di crediti per riduzioni delle emissioni di gas serra o di sostanze inquinanti; e
- meccanismi di compensazione volontari e basati su progetti.

*sfruttare
meglio
risorse e
strumenti
finanziari*

23. Coloro fra noi che hanno ratificato il Protocollo di Kyoto:

(a) lavoreranno per rafforzare e sviluppare l'attuazione dei meccanismi commerciali (compresi l'Attuazione Congiunta, lo scambio internazionale di emissioni ed il Meccanismo per lo Sviluppo Pulito);

(b) faranno del loro meglio per assicurare che il Consiglio Esecutivo del MSP e le istituzioni ad esso associate per sostenere lo scambio di emissioni ricevano fondi adeguati entro la fine del 2005.

24. Prendiamo atto del ruolo prezioso svolto dal Fondo Ambientale Mondiale (Global Environment Facility) nell'agevolare la cooperazione con i paesi in via di sviluppo in materia di sistemi energetici più puliti e più efficienti, comprese le fonti rinnovabili, ed auspichiamo una reintegrazione dei fondi entro quest'anno, unitamente al buon fine di tutti gli impegni di riforma pendenti dalla terza reintegrazione.

25. Inviteremo la Banca Mondiale ed altre banche multilaterali per lo sviluppo (BMS) ad intensificare il dialogo con i beneficiari del credito sui temi dell'energia ed a formulare, nell'ambito delle loro assemblee annuali, proposte specifiche per:

(a) sfruttare al meglio le risorse e gli strumenti finanziari esistenti ed elaborare un quadro per gli investimenti energetici che acceleri l'adozione di tecnologie che consentano di produrre ed usare l'energia in maniera più pulita ed efficiente;

(b) esaminare le opportunità ravvisabili nei loro portafogli esistenti e nuovi per aumentare il volume degli investimenti in tecnologie relative alle fonti rinnovabili ed all'efficienza energetica, coerenti con la missione fondamentale delle BMS, cioè ridurre la povertà;

(c) lavorare con quei paesi interessati beneficiari del credito che hanno rilevanti fabbisogni energetici per individuare opzioni di sviluppo che soddisfino le loro priorità ma con minor intensità di gas serra, e per assicurare che tali opzioni vengano integrate nelle Strategie di Assistenza specifiche per quei paesi;

(d) sviluppare le capacità commerciali locali di sviluppare e finanziare progetti costo-efficienti che promuovano l'efficienza energetica e le fonti energetiche a basso tenore di carbonio.

26. Continueremo ad operare mediante i nostri programmi di sviluppo bilaterali, in linea con le nostre priorità nazionali, per promuovere politiche energetiche più sostenibili in tutto il mondo.

27. Lavoreremo con gli Enti per il Credito alle Esportazioni al fine di potenziare la validità economica e finanziaria di progetti per energia più pulita ed efficiente.

28. Poggiandoci sul lavoro svolto in altri fori, compreso il Gruppo di Esperti della CQNUCC sul trasferimento di tecnologie, sosterremo la necessaria realizzazione di capacità, di ambienti abilitanti e di diffusione delle informazioni.

29. Lavoreremo inoltre, mediante collaborazioni fra le parti interessate, per sviluppare i quadri politici, regolatori e finanziari necessari nei principali paesi in via di sviluppo al fine di fornire agli investitori privati un equilibrio commercialmente attraente fra rischio e ritorno.

Gestire l'impatto del cambiamento climatico

30. Ribadiamo l'importanza del Pannello Intergovernativo sul Cambiamento Climatico ed apprezziamo l'ampia analisi delle ricerche che sta svolgendo per completare il suo Quarto Rapporto di Valutazione entro il 2007.

31. Tutti i paesi hanno bisogno di ulteriore accesso alle informazioni e di sviluppare le capacità scientifiche che consentiranno ai loro governi di integrare fattori climatici, ambientali, sanitari, economici e sociali nei loro piani di sviluppo e nelle loro strategie di resilienza. Prendiamo atto che in Africa le carenze di dati sono più rilevanti che altrove e richiedono attenzione immediata.

32. Prendiamo atto dell'opera svolta dalla CQNUCC per aiutare i paesi in via di sviluppo a migliorare le loro capacità di adattamento e di mitigazione, anche mediante la priorità di adattamento stabilita dal Fondo Ambientale Mondiale.

33. Siamo in attesa di ulteriori discussioni, anche nell'ambito del Millennium Review Summit in settembre 2005, su come le strategie per lo sviluppo e l'energia possano essere rafforzate al fine di aumentare la resilienza agli impatti climatici.

Monitoraggio ed interpretazione dei dati

34. Ad Evian, il G8 si è impegnato a rafforzare la cooperazione internazionale in materia di osservazioni globali della Terra. Continueremo ad esercitare la funzione di guida in questo campo, ed accogliamo con piacere l'adozione del piano attuativo decennale per lo sviluppo del Sistema dei Sistemi di Osservazione Globale della Terra (GEOSS) presso il Terzo Summit sulle Osservazioni della Terra, che si è svolto a Bruxelles lo scorso febbraio. Intendiamo:

(a) portare avanti l'attuazione nazionale del GEOSS nei nostri paesi;

*bisogno
di ulteriore
accesso
alle informazioni*

(b) sostenere gli sforzi tesi ad aiutare i paesi e le regioni in via di sviluppo ad ottenere tutti i benefici del GEOSS, compresi quelli derivanti dal Sistema di Osservazione Globale del Clima (GCOS), quali l'installazione di sistemi di osservazione per riempire le lacune di dati, lo sviluppo di capacità nazionali e regionali per l'analisi e l'interpretazione dei dati rilevati, e lo sviluppo di sistemi di sostegno alle decisioni e di strumenti pertinenti alle esigenze locali;

(c) in particolare, lavorare mediante il GCOS per rafforzare le istituzioni climatiche esistenti in Africa, al fine di sviluppare centri climatici regionali pienamente operativi in Africa.

Gestione dei rischi

35. Intendiamo:

(a) invitare la Banca Mondiale ad elaborare ed attuare linee guida sulle migliori prassi per vagliare i propri investimenti in settori climato-sensibili al fine di determinare come gli esiti potrebbero essere influenzati da rischi climatici, e quali sia il modo migliore per gestire tali rischi, in consultazione con i governi ospiti e le comunità locali;

(b) invitare altre importanti organizzazioni di sviluppo multilaterali e bilaterali ad adottare le linee guida della Banca Mondiale, o ad elaborare ed attuare linee guida analoghe.

Contrastare il taglio illegale degli alberi

36. Riconosciamo gli impatti del taglio illegale degli alberi sulla sussistenza di molte persone nei paesi più poveri dell'Africa e di altre parti del mondo, sul degrado dell'ambiente, sulla perdita di biodiversità e sulla deforestazione, pertanto sullo sviluppo sostenibile del mondo. In particolare, riconosciamo l'importanza dei pozzi d'assorbimento del carbonio, fra cui il bacino del Congo e l'Amazzonia.

37. Conveniamo che la lotta contro il taglio illegale degli alberi costituisce un passo importante verso la gestione sostenibile delle foreste. Per affrontare in modo efficace questo problema, è necessario che agiscano sia i paesi produttori che quelli consumatori di legname.

38. Approviamo l'esito della conferenza dei ministri dell'ambiente e dello sviluppo del G8 sul taglio illegale degli alberi. Per perseguire i nostri obiettivi in questo campo, porteremo avanti le conclusioni adottate dalla conferenza, ciascun paese adoperandosi laddove può contribuire in maniera più efficace.

*rafforzare
le istituzioni
climatiche
esistenti
in Africa*

Lo sviluppo delle **piattaforme tecnologiche**

Commissione Europea,
Gruppo Interservizi
Piattaforme Tecnologiche

spazio aperto

La positiva esperienza delle piattaforme tecnologiche europee ha messo in evidenza l'importanza di definire in maniera consensuale e dal basso la necessità di ricerca industriale

Development of **technology platforms**

The positive track record of European technology platforms highlights the importance of defining industrial research needs through consensus, from the bottom up. The Inter-Service Group's report, which does not represent any official opinion of the European Commission, provides information on the current status of many of the technology platforms with respect to the three stages of their development outlined in the Group's previous report

Nella loro relazione¹ intitolata "Piattaforme Tecnologiche: dalla definizione all'attuazione di un'agenda comune di ricerca", i servizi della Commissione Europea fornirono informazioni sulla base logica, sul concetto e sullo stato di avanzamento delle piattaforme tecnologiche.

Piattaforme tecnologiche: Concetto generale

Le parti interessate, guidate dall'industria, si uniscono per definire una Agenda per la Ricerca Strategica su alcune problematiche di importanza strategica e con alta rilevanza sociale, dove per realizzare la futura crescita, competitività ed obiettivi di sostenibilità dell'Europa sarà necessario conseguire notevoli progressi di ricerca e tecnologici nel medio e lungo termine.

Tale relazione presentava anche informazioni sintetiche su ciascuna delle piattaforme tecnologiche allora esistenti o programmate, compresi i nomi delle persone da contattare nell'ambito delle piattaforme stesse e nei servizi della Commissione. A questo riguardo, i servizi della Commissione hanno aperto uno specifico sito web² sulle piattaforme tecnologiche, dove tali dati sono accessibili online e dove, grazie ai link diretti ai loro singoli siti web², si possono trovare informazioni più ampie su molte delle piattaforme.

Infine, i servizi della Commissione riportavano le modalità con cui l'attuazione delle Agende per la Ricerca Strategica in via di definizione nelle piattaforme tecnologiche potessero essere sostenute nell'ambito del prossimo VII Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico (PQ7).

La presente relazione costituisce un primo esame sullo stato di avanzamento di molte delle piattaforme tecnologiche esistenti ed emergenti rispetto alle seguenti tre fasi del loro sviluppo:

FASE 1-*Le parti interessate si uniscono per stabilire la loro "visione" per il futuro sviluppo del campo in questione e porre le basi di una piattaforma tecnologica.*

FASE 2-*Le parti interessate definiscono una Agenda per la Ricerca Strategica che riporti le loro opinioni comuni sulle esigenze di ricerca, sviluppo e dimostrazioni per questa tecnologia sul medio e lungo termine.*

FASE 3-*Attuazione della Agenda per la Ricerca Strategica, per la quale, in molti casi, si prevede che sarà necessario mobilitare considerevoli investimenti pubblici e privati.*

Piattaforme tecnologiche: concetto confermato

Con ormai oltre un anno di esperienza nello sviluppo di molte delle piattaforme tecnologiche, il concetto delineato nella precedente relazione dei servizi della Commissione è stato in gran parte confermato, così come anche le principali caratteristiche delle piattaforme tecnologiche ed i fattori chiave per la loro riuscita.

¹ EUR 21265 (21 settembre 2004): ftp://ftp.cordis.lu/pub/technology-platforms/docs/tp_report.defweb_en.pdf
² www.cordis.lu/technology-platforms

Piattaforme tecnologiche: Fattori per la loro riuscita

- *Guida dell'industria con obiettivi di crescita e competitività (obiettivi di Lisbona ed oltre)*
- *Flessibilità: non "la stessa misura va bene per tutti"*
- *Apertura e trasparenza *: regole di partecipazione chiare*
- *Ampio coinvolgimento delle parti interessate (industria, autorità pubbliche, comunità della ricerca, regolatori, società civile, operatori, utenti e consumatori)*
- *Valore aggiunto per la Comunità Reale: benefici significativi per un'ampia gamma di politiche (ambiente, trasporti, energia, società dell'informazione ecc.)*
- *Forte impegno delle autorità nazionali*
- *Attenzione per gli aspetti operativi fin dalle fasi iniziali*
- *Considerazione per gli aspetti finanziari*
- *Mobilizzazione di una rosa di fonti di finanziamento pubbliche e private (finanziamenti nazionali, regionali e privati della ricerca, Programmi Quadro della Comunità Europea, Fondi Strutturali, BEI, EUREKA)*
- *Istruzione e Formazione; diffusione.*

In questo contesto, nel 2004 i servizi della Commissione, solitamente su invito delle industrie, autorità od organizzazioni interessate, hanno preso parte ad oltre 60 riunioni, seminari ed altri eventi in cui sono stati affrontati il concetto generale, il fondamento logico e lo stato attuale delle piattaforme tecnologiche. In queste sedi si sono tenuti dibattiti con una rappresentanza molto ampia delle parti interessate (industria, autorità degli Stati Membri, istituti e federazioni di ricerca, università, ecc.). E' importante osservare che la Commissione non ha alcun ruolo nella decisione di creare o meno una piattaforma tecnologica. Piuttosto, spetta a tutte le parti interessate, con un elevato impegno da parte delle principali industrie coinvolte, decidere se procedere o meno.

Conferma del ruolo della Commissione Europea

Nel corso dello sviluppo delle piattaforme tecnologiche, i servizi della Commissione hanno chiarito che:

- La Commissione non è la "proprietaria" della piattaforme tecnologiche, e non indirizza il modo in cui stanno svolgendo le loro attività.
- La Commissione sta comunque incoraggiando questo approccio – dal basso in alto, guidato dall'industria – alla definizione delle esigenze di ricerca nel medio e lungo termine:

* Quella dell'apertura e trasparenza è stata individuata quale problematica d'importanza cruciale per lo sviluppo riuscito delle piattaforme tecnologiche. Ad un seminario tenutosi il 15 dicembre 2004 a Bruxelles, i leader industriali delle piattaforme esistenti ed emergenti si sono impegnati a rispettare un codice volontario di condotta in materia di apertura e di trasparenza. Per le loro singole piattaforme, intendono fissare e rendere pubbliche regole di partecipazione chiare e trasparenti (compresa la rotazione dei membri di organismi chiave), ed assicurare piena trasparenza (siti web, convegni, relazioni ed altra documentazione).

- partecipando attivamente in molte piattaforme in veste di osservatore;
- svolgendo un ruolo guida ove necessario;
- fornendo ad alcune piattaforme un limitato sostegno finanziario comunitario per entità operative (ad esempio un Segretariato) laddove i loro obiettivi e le loro attività corrispondano strettamente alle aree tematiche dell'attuale VI Programma Quadro di RST (PQ6);
- mantenendo il ruolo della Comunità quale promotore mediante il finanziamento continuativo, ove del caso, di progetti di ricerca collaborativi in molti dei campi interessati.

• Pur non essendo vincolati dall'ottica delle piattaforme tecnologiche, i servizi della Commissione stanno coordinando in maniera stretta le proprie attività in questo campo, monitorando continuamente gli sviluppi e, ove del caso, usandone la documentazione nel corso dell'elaborazione delle politiche sulla ricerca.

I prossimi passi

analisi delle aree più bisognose di sostegno

Nel breve termine, il lavoro delle piattaforme tecnologiche fornirà un *input* significativo all'elaborazione della proposta della Commissione per il PQ7, poiché:

- Si prevede che la maggioranza delle Agende per la Ricerca Strategica (ARS) in via di definizione nelle piattaforme tecnologiche sarà idonea ad ottenere un sostegno finanziario mediante i principali strumenti di ricerca collaborativa esistenti che verranno mantenuti nel PQ7. In tale contesto, la Commissione formulerà delle proposte per i campi tematici coperti dal PQ7 sulla base di un'analisi approfondita di quelle aree con maggiore esigenza di un sostegno a livello europeo. Sarà pertanto importante assicurare una continua coerenza fra le definizioni delle ARS e le priorità tematiche per la ricerca collaborativa.

- Si prevede di introdurre nel PQ7 un nuovo meccanismo specifico che consentirà di creare strutture coerenti su grande scala – dette "Iniziative Tecnologiche Congiunte" – mirate a sostenere l'attuazione di parte di un numero limitato di agende di ricerca talmente ambiziose nella loro scala da richiedere la mobilitazione di notevolissimi investimenti pubblici e privati, nonché ingenti risorse di ricerca fisiche ed umane.

Nel periodo immediatamente precedente all'adozione dei Programmi Specifici del PQ7, si verificheranno in maniera continuativa e ravvicinata le ARS dettagliate definite dalle piattaforme tecnologiche. In questo contesto, va osservato che la Commissione sta attivamente seguendo gli sviluppi chiave sulle varie piattaforme tecnologiche (relativamente all'impegno delle parti interessate, alla strategia di diffusione, alla progettazione finanziaria, ai piani di attuazione, alle azioni di istruzione e formazione ecc.).

Struttura dei singoli rapporti

L'Allegato 1 riporta l'elenco delle schede dettagliate su molte piattaforme, redatte dai servizi competenti della Commissione in stretta collaborazione con le principali parti interessate nelle singole piattaforme.

Le schede sono strutturate seguendo le tre fasi di sviluppo delle piattaforme tecnologiche e comprendono, nei limiti della disponibilità, informazioni sui seguenti aspetti:

Fase 1 - *Le parti interessate si uniscono*

- Come viene/è stata creata la piattaforma e suo lancio formale.
- Profili delle parti interessate (principali industrie, comunità accademica, comunità finanziaria, ONG, organismi regolatori, consumatori ed utenti, autorità pubbliche ecc.).

- Struttura e governance.
- Attività (partecipanti, sostegno comunitario ecc.).

Fase 2-*Le parti interessate definiscono un'Agenda per la Ricerca Strategica*

- Metodologia.
- Tempistica, aggiornamento.
- Sintesi del contenuto e della struttura.
- Approccio strategico (esigenze della ricerca sul breve, medio e lungo termine, allineamento delle ARS con l'obiettivo della competitività e con altre politiche comunitarie, strategia di diffusione).
- Costruzione del consenso, e procedure di consultazione.
- Interessi delle autorità pubbliche (Stati membri, gruppi "specchio", Commissione Europea, altre istituzioni dell'UE).
- Pianificazione finanziaria e del budget (costi stimati per l'attuazione della ARS, contributi pubblici e privati, leva sugli investimenti privati, potenziali meccanismi di attuazione).
- Strategia di comunicazione (apertura, trasparenza, comunicazione, documentazione).
- Problematiche relative ad istruzione e formazione.

Fase 3-*Attuazione dell'Agenda per la Ricerca Strategica*

- Focalizzazione operativa / progetti concreti (scala della ricerca in corso, progetti notevoli già portati entro la cornice della piattaforma).
- Orientamento verso l'industria.
- Impegno delle parti interessate (industria, autorità pubbliche, comunità finanziaria ecc.).
- Prospettive per la costruzione di una collaborazione a lungo termine fra pubblico e privato.

Dopo la pubblicazione del precedente rapporto, sono state portate all'attenzione dei servizi della Commissione altre piattaforme tecnologiche più recenti³.

Osservazioni conclusive

L'approccio delle piattaforme tecnologiche è stato in generale adottato con grande entusiasmo dalle parti interessate.

L'esperienza è stata sinora largamente positiva e, come dimostrato dall'abbondanza di preziose informazioni sul loro sviluppo, le piattaforme tecnologiche promettono di influire notevolmente sulla forma del futuro tecnologico dell'Europa e quindi di contribuire significativamente ad aumentare la crescita e la competitività.

Il processo è tuttavia ancora in fase di evoluzione e la maggior parte delle piattaforme ha molto lavoro da fare nei mesi a venire.

Dal loro canto, i servizi della Commissione sono convinti che dalle attività delle piattaforme tecnologiche possano derivare grandi benefici e che sia, in particolare, opportuno definire le necessità di ricerca industriale in questa maniera consensuale e dal basso in alto. Pertanto, intensificheranno ulteriormente i propri sforzi per facilitare questo processo prima dell'adozione del PQ7 e di far sì che, ove del caso, l'attuazione delle Agende per la Ricerca Strategica riceva il sostegno necessario nell'ambito del PQ7.

³ Le schede complete sono disponibili all'indirizzo internet http://ftp.cordis.lu/pub/technology-platforms/docs/tp_status_report_final_090305.pdf

**contributi
significativi
a crescita
e competitività**

Allegato 1 Le piattaforme tecnologiche in stato di avanzamento

Nuove tecnologie che, se sviluppate e diffuse in maniera opportuna e tempestiva, condurrebbero ad un mutamento radicale in un dato settore:

Celle ad idrogeno e a combustibile (HFP)
Consiglio consultivo dell'iniziativa europea sulla nanoelettronica (ENIAC)
Nanomedicina (Nanobiotecnologie per applicazioni mediche)

Raccordo fra differenti obiettivi di politica tesi allo sviluppo sostenibile:

Impianti per il futuro
Dotazione idrica e igiene pubblica (WSSTP)
Fotovoltaico
Chimica sostenibile
Salute degli animali nel mondo
Consiglio consultivo per la ricerca sui trasporti su gomma (ERTRAC)
Consiglio consultivo per la ricerca sui trasporti su rotaia (ERRAC)
Trasporti via acqua (sostenuta da ACMARE, il Consiglio Consultivo per la R&S marittima in Europa)

Beni o servizi pubblici basati su nuove tecnologie: settori con alte barriere di ingresso e incerta redditività, ma ad elevato potenziale economico e sociale:

Comunicazioni mobili e wireless (eMobility)
Medicinali innovativi per l'Europa

Assicurare lo sviluppo delle necessarie svolte tecnologiche per mantenersi all'avanguardia tecnologica nei settori ad alta tecnologia che hanno una significativa importanza strategica ed economica per l'Europa.

Sistemi incastonati (ARTEMIS)
Consiglio consultivo per la ricerca aeronautica in europa (ACARE)
Piattaforma tecnologica spaziale europea (ESTP)

Nuove tecnologie applicate in settori industriali tradizionali:

Acciaio
Tessuti e abbigliamento futuri (ETP-FTC)
Tecnologie manifatturiere future (MANUFUTURE)
Tecnologia edilizia (ECTP)

Radioterapia IntraOperatoria. Stato dell'arte e prospettive

CONCETTA RONSIVALLE

ENEA
UTS Tecnologie Fisiche Avanzate

studi & ricerche

Negli ultimi anni si è sviluppato un sempre maggior interesse intorno alla Radioterapia IntraOperatoria (IORT), una particolare tecnica radioterapica, che permette di irradiare la zona interessata da un tumore durante un intervento chirurgico utilizzando un fascio di elettroni prodotto da un acceleratore

IntraOperative Radiation Therapy. State of the art and outlook

Abstract

IntraOperative Radiation Therapy (IORT) - a medical procedure that uses an electron beam produced by an accelerator to irradiate a cancerous area during surgery, while the patient is still on the operating table - has aroused growing interest in recent years. The use of IORT has been furthered by the development of mobile accelerators, a result due in part to collaboration between ENEA, which provided know-how on accelerators, and Italian industrial concerns. After outlining the evolution of the technologies used in IORT, the article describes the state of the art and compares the systems now on the market, reports the results of clinical applications and delineates possible further developments

Che cos'è la IORT

La Radioterapia IntraOperatoria (IORT, IntraOperative Radiation Therapy) è una particolare tecnica radioterapica che permette di erogare una dose elevata di radiazioni direttamente sul letto tumorale subito dopo l'asportazione del tumore, nel corso dell'intervento chirurgico.

Essa può essere impiegata come unico trattamento radiante esclusivo oppure venire associata a una successiva radioterapia con fasci esterni.

La possibilità di somministrare in un'unica frazione dosi elevate di radioterapia porta evidenti vantaggi ai pazienti e alle strutture: elevata precisione della irradiazione con maggior risparmio dei tessuti sani, riduzione della durata del trattamento fino alla sola IORT, con conseguente eliminazione delle 5-6 settimane di irradiazione esterna e quindi riduzione delle liste di attesa.

Inoltre l'effetto di una dose singola di elevato dosaggio ha una efficacia radiobiologica sicuramente maggiore della stessa dose frazionata in modo convenzionale. Infine la precocità dell'irradiazione, la precisa visione e delimitazione del letto operatorio effettivo, eseguite durante l'intervento, consentono di incrementare il controllo locale della neoplasia.

La IORT può essere eseguita con i comuni Linac per radioterapia convenzionale, con particolari adattatori, ma richiede il trasporto del paziente dalla sala operatoria al *bunker* di trattamento con un inevitabile allungamento del tempo operatorio e in questo modo è stata effettuata tradizionalmente. In questi ultimi anni la possibilità di avere degli acceleratori lineari mobili e miniaturizzati, che producono elettroni di energia compresa tra 3 e 12 MeV con adeguati requisiti di radioprotezione, ne hanno con-

sentito l'installazione in sala operatoria e la semplificazione delle procedure operative.

Dalla metà degli anni 90 l'ENEA, in collaborazione con l'industria nazionale e con esperti del settore, ha contribuito allo sviluppo e alla commercializzazione di tali sistemi, grazie ai quali la metodica IORT si sta diffondendo sempre su più larga scala. Dati clinici attendibili confermano la grande efficacia di questa tecnica nel controllo locale delle neoplasie, soprattutto, nel trattamento di tumori localmente avanzati, per i quali un trattamento radioterapico con fasci esterni spesso non risulta soddisfacente, in quanto la prescrizione della dose è condizionata dalla presenza di organi a rischio nel volume di trattamento.

Il grande interesse terapeutico della radioterapia intraoperatoria giustifica gli sforzi che si stanno facendo negli ultimi anni nella realizzazione di sistemi dedicati sempre più efficienti che consentano di effettuare trattamenti di radioterapia intraoperatoria sfruttando tutti i vantaggi che essa presenta nel trattamento delle neoplasie.

Nel seguito dopo una breve descrizione dello sviluppo storico della IORT, viene presentata una panoramica sullo stato attuale e si individuano interessanti possibilità di sviluppo.

Cenni storici

Il primo impiego documentato della tecnica IORT risale al 1909¹, circa vent'anni dopo la scoperta dei raggi X. L'obiettivo era quello di escludere dal volume di trattamento i tessuti sani e trattare lesioni tumorali profonde che non potevano essere trattate con terapia esterna a causa della limitata capacità di penetrazione dei fasci X disponibili all'epoca.

Dopo una battuta d'arresto dovuta all'introduzione, intorno al 1950, di apparecchiature capaci di generare fasci di raggi X

aventi energie tali da colpire i tessuti profondi, l'interesse per la IORT si riaccese negli anni sessanta^{2,3,4}. Apparve chiaro che questo tipo di trattamento radioterapico era adatto a trattare tumori adiacenti a strutture critiche o localmente avanzati, in quanto permetteva, rispetto alla terapia esterna, un miglior controllo sulla definizione del volume bersaglio e dava, inoltre, la possibilità di somministrare alte dosi di radiazione alle potenziali aree di diffusione microscopica locale.

Nel 1965 alla Kyoto University in Giappone si utilizzarono per la prima volta gli elettroni prodotti da un betatrone per somministrare elevate dosi ad un letto tumorale esposto chirurgicamente al fascio. Il vantaggio di utilizzare elettroni stava essenzialmente nel ridotto tempo di esposizione necessario per la somministrazione della dose prescritta e nella possibilità di collimarli nella forma desiderata. Dal 1965 in poi, la IORT cominciò ad essere utilizzata sempre più spesso in diversi centri giapponesi e con risultati incoraggianti, soprattutto per il trattamento di tumori allo stomaco. I pazienti operati venivano trasportati dalla sala operatoria al *bunker* di radioterapia ed irradiati con elettroni prodotti da acceleratori lineari.

In America, la radioterapia intraoperatoria cominciò a diffondersi intorno alla metà degli anni settanta inizialmente nei principali centri per lo studio, la ricerca e la cura del cancro: il National Cancer Institute (NCI), il Massachusetts General Hospital, l'Università di Harvard e la Mayo Clinic. Tuttavia, il maggior ostacolo allo sviluppo della tecnica e al suo impiego su vasta scala era rappresentato dal fatto che la IORT implicava il trasferimento del paziente, anestetizzato e con ferita chirurgica aperta, dalla sala operatoria al reparto di radioterapia e un successivo ritorno alla stessa per il completamento delle procedure chirurgiche: ciò comportava grossi problemi organizzativi e un aumento del rischio di infezione per il paziente.

Al di fuori dei centri di ricerca era impro-

ponibile investire somme ragguardevoli per una terapia che, a causa dei limitati numeri, non riusciva neanche a produrre dati statisticamente affidabili; rimaneva quindi un ramo di eccellenza praticato da ricercatori convinti che cercavano di darsi una standardizzazione per poter avere dati confrontabili e quindi sommabili tra diversi centri. A partire, però, dalla seconda metà degli anni 90 la disponibilità di apparecchiature ad alto rateo di dose e di acceleratori lineari mobili da utilizzarsi direttamente in sala operatoria (MOBETRON, NOVAC7, LIAC) ha facilitato la diffusione della IORT e la sua applicazione in trattamenti di molte neoplasie.

Sistemi IORT dedicati

I moderni acceleratori lineari dedicati alla IORT sono concepiti per essere utilizzati direttamente in sala operatoria. L'acceleratore è montato su un braccio mobile che provvede alla movimentazione della testa radiante. Per collimare il fascio di elettroni sul paziente, il sistema è corredato di applicatori in perspex di sezione circolare di diverso diametro e diversi angoli di taglio (collimatori).

La figura 1 riporta i tre sistemi commerciali attualmente esistenti al mondo: il MOBETRON⁵ realizzato negli Stati Uniti e due macchine italiane il NOVAC7⁶ e il LIAC^{7,8}. Il MOBETRON, realizzato dalla società INTRAOP (Santa Clara, California) è operativo nei seguenti centri americani:

Mayo Clinic Hospital (Phoenix)

Methodist Hospital (Indianapolis)

University of California at San Francisco

University Hospital of Cleveland

University of Louisville

University of North Carolina

Ohio State University Medical Center

Il NOVAC7 è stato realizzato in collaborazione da ENEA e dalla società HITESYS (Aprilia) e ha iniziato ad essere commercializzato nel 1997.

Il LIAC, realizzato e commercializzato dal-

la società INFO&TECH di Udine, è la macchina immessa più di recente sul mercato e già operativa in due ospedali italiani. Tale apparecchiatura può essere considerata l'evoluzione commerciale del sistema IORT-1 sviluppato dall'ENEA nell'ambito del progetto IORT finanziato da MIUR/UE e recentemente installato presso l'Azienda Ospedaliera di Cosenza. In tabella 1 sono elencati i vari centri italiani che utilizzano questi due sistemi sviluppati in Italia.

Entrambi i sistemi possono lavorare in sicurezza in una sala operatoria convenzionale, adottando eventualmente schermi mobili. I ratei di esposizione nell'area circostante alla sala operatoria sono compatibili con un carico di lavoro di circa 400 trattamenti all'anno a 20 Gy.

Dal punto di vista applicativo tali sistemi vengono caratterizzati in termini dosimetrici dalla curva di penetrazione della dose percentuale in acqua e dalla uniformità traversa della dose. In figura 2 sono riportate queste tipiche curve per il NOVAC7 (le curve di penetrazione in acqua sono alle quattro energie nominali e la curva relativa all'uniformità traversa si riferisce all'applicatore di diametro 100 mm). In Europa, fuori dall'Italia, i sistemi mobili dedicati alla IORT sono diffusi ancora in pochi centri⁹: un NOVAC7 è operativo da diversi anni ad Atene (Ospedale Aghios Savvas), il MOBETRON è in operazione dal 2003 presso l'Ospedale Catharina Ziekenhuis a Eindhoven (Olanda) e dal 2004 presso l'Ospedale

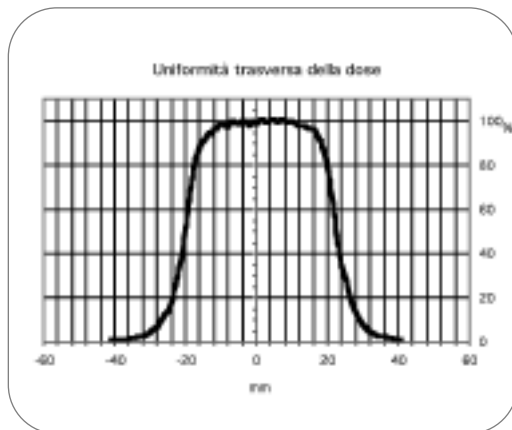
Tabella 1 - Sistemi IORT dedicati in Italia

Regione	Centro IORT	Sistema IORT
Abruzzo	Azienda Ospedaliera ASL 3 Lanciano-Vasto, Lanciano (CH)	NOVAC7
Calabria	Azienda Ospedaliera Bianchi Melacrino Morelli, Reggio Calabria	NOVAC7
	Azienda Ospedaliera di Cosenza, Cosenza	IORT-1 ENEA
Emilia Romagna	Azienda Ospedaliera di Parma, Parma	NOVAC7
Friuli-Venezia Giulia	Azienda Policlinico Universitario (Università degli studi di Udine), Udine	LIAC
Lazio	Ospedale S.Filippo Neri, Roma	NOVAC7
	Istituto Regina Elena, Roma	NOVAC7
	Clinica Villa Flaminia, Roma	NOVAC7
	Ospedale Sant'Andrea, Roma	LIAC
		(da installare)
Lombardia	Istituto Europeo di Oncologia (IEO), Milano	NOVAC7, LIAC
Piemonte	Ospedale Maggiore della Carità, Novara	NOVAC7
Puglia	Ospedale Oncologico, Bari	NOVAC7
Sicilia	Ospedale Oncologico, Palermo	NOVAC7
Toscana	Azienda USL 9, Grosseto	NOVAC7
	Azienda Ospedaliera Pisana, Pisa	NOVAC7
Veneto	Ospedale Ca' Foncello, Treviso	NOVAC7

Figura 1
Sistemi commerciali IORT: (a) MOBETRON (IntraOp) (b) NOVAC7 (Hitesys) (c) LIAC (INFO&TECH)



San Jaime in Torrevieja in Spagna e al General Hospital di Salzburg in Austria.



Il contributo dell'ENEA

Negli anni 80 presso il Laboratorio Acceleratori dell'ENEA fu sviluppata la tecnologia per la costruzione di piccoli acceleratori lineari di elettroni. Rapidamente, coerentemente con gli indirizzi di promozione industriale dell'Ente, ebbe inizio un'azione di trasferimento del know-how acquisito, all'industria nazionale, la società IRVIN Elettronica divenuta poi HITESYS. La collaborazione tra ENEA e HITESYS ha dato luogo alla realizzazione del NOVAC7. Nell'ambito di tale collaborazione ENEA e HITESYS hanno mantenuto compiti diversi, originati dalla relativa peculiarità di ente scientifico per l'uno e di industria per l'altra. In particolare l'ENEA ha provveduto alla progettazione, tramite calcoli nume-

rici, delle strutture acceleratrici e del cannone elettronico, ha collaborato alla sintonizzazione delle cavità che compongono l'acceleratore lineare e alle operazioni a più alto contenuto tecnologico, come la loro brasatura e naturalmente alla caratterizzazione dell'acceleratore. La HITESYS ha effettuato l'ingegnerizzazione di tutto il sistema provvedendo all'assemblaggio e alla costruzione di tutte le parti, ha individuato il mercato dell'apparecchiatura e assicurato l'assistenza presso l'utente.

La struttura accelerante (figura 3) progettata dall'ENEA per il NOVAC7 focalizza automaticamente il fascio di elettroni, senza bisogno di magneti focalizzatori esterni e produce una bassissima radiazione di fondo. Entrambe queste caratteristiche hanno reso possibile l'utilizzo della macchina direttamente in sala operatoria senza modificazioni strutturali della stessa o particolari schermature.

Visti gli incoraggianti risultati ottenuti col NOVAC7 e constatato il sempre maggior interesse intorno alla tecnica IORT accompagnato dalla nascita di nuove esigenze legate alle particolari applicazioni cliniche e di richieste di facilità di utilizzo, l'ENEA alla fine degli anni 90 lanciò un progetto che venne finanziato da MIUR/UE tramite la legge ex488. Il Progetto, denominato "Progetto IORT" ^{10,11}, era volto alla realizzazione di un sistema IORT innovativo, evoluzione dei sistemi commerciali esistenti sul mercato, di energia più elevata e corrente variabile provvisto di sistemi dosimerici dedicati e di "treatment planning" con collocazione in un ospedale del sud Italia. Tale sistema (IORT-1), attualmente installato presso l'Azienda Ospedaliera di Cosenza (figura 4), è stato sviluppato dall'ENEA in collaborazione con due partner industriali, la HITESYS che ha realizzato la testa radiante su progetto ENEA e la INFO&TECH che ha realizzato e assemblato il sistema di movimentazione, l'alimentazione e i controlli.

Figura 2
Curve di caratterizzazione dosimetrica relative al NOVAC7

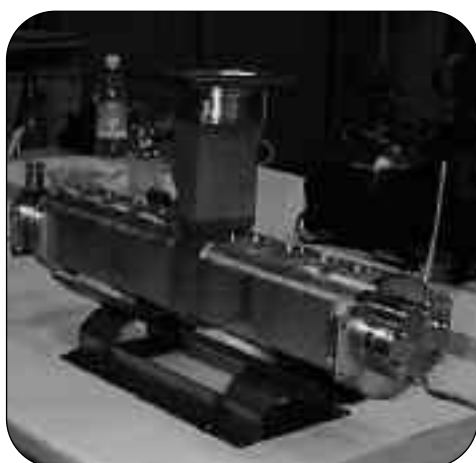


Figura 3
Linac del NOVAC7

Energia	3-9 MeV
Corrente di picco	1,5 mA
Frequenza di ripetizione	1-30 Hz
Durata dell'impulso	4 usec
Frequenza RF	2.998 GHz
Tipo di Struttura	SW in rame OFHC brasata
Modo di operazione	$\pi/2$
N. cavità acceleranti	11
Lenti magnetiche	nessuna
Lunghezza	50 cm
Peso	25 kg

In tabella 2 sono riportate le innovazioni del sistema IORT-1 rispetto al NOVAC7. L'evoluzione commerciale del sistema IORT-1 è il LIAC prodotto dalla società INFO&TECH; tale apparecchiatura è già in commercio.

Inoltre l'ENEA si è avvalso della collaborazione dell'Università di Bologna per lo sviluppo di sistemi dosimetrici dedicati alla qualificazione del fascio prima dell'irraggiamento e alla misura della dose durante l'irraggiamento stesso e dell'Istituto Regina Elena di Roma e del Consorzio CETMA di Brindisi per lo sviluppo della parte relativa al "treatment planning" e alla simulazione in realtà virtuale del processo.

Nell'ambito di questa attività sono stati realizzati due brevetti. Uno è relativo al disegno della testa radiante progettata dall'ENEA in modo da massimizzare l'efficienza e minimizzare le correnti oscure (correnti estratte dalle pareti dagli intensi campi elettrici superficiali che, dati i bassi valori di corrente richiesti dalla terapia IORT ≈ 1 mA, costituiscono un rumore indesiderabile che può divenire addirittura confrontabile con la corrente accelerata). L'altro, condiviso da ENEA e Università di Bologna, è relativo al prototipo di un dosimetro basato su un sistema di fibre scintillanti per la misura della dose durante l'irraggiamento.



Figura 4
Sistema IORT-1 ENEA durante l'installazione presso l'Azienda Ospedaliera di Cosenza e relative specifiche tecniche

Specifiche tecniche	
Energie nominali	3,6,9,12 MeV
Dose di superficie	$\geq 85\%$
Uniformità del campo	$\leq \pm 5\%$
Simmetria del campo	$\leq \pm 2\%$
Diametro applicatori (cm)	3,4,6,7,8,10,12
Angoli di taglio	0°, 15°, 30° e 45°
Rateo di dose	≥ 5 e < 20 Gy/min
Stabilità a lungo termine	$< 2\%$
Stabilità a breve termine	$< 0,2\%$
Contaminazione X	$\leq 0,3\%$
Frequenza di impulsi	5-20 Hz
Corrente di fascio	1,5 mA

Tabella 2 - Innovazione del sistema IORT-1 rispetto al NOVAC7

	IORT-1	NOVAC7
Energia massima	12 MeV	9 MeV
Intensità di corrente	Variabile	Fissa
Peso	400 kg	650 kg
Dimensioni	larghezza 80 cm altezza 180 cm lunghezza 200 cm	larghezza 100 cm altezza 220 cm lunghezza 230 cm
Movimentazione	5 gradi di libertà inclusa traslazione verticale e un movimento di rollio di $\pm 60^\circ$. Possibilità di movimentazione a batteria	Non c'è traslazione verticale e il movimento di rollio è limitato a $\pm 45^\circ$. No movimentazione a batteria.

Esperienze cliniche

L'obiettivo principale della IORT è quello di incrementare l'indice terapeutico tra controllo locale del tumore e tolleranza dei tessuti sani circostanti, attraverso una migliore definizione del volume bersaglio e la dislocazione o schermatura degli organi a rischio durante la fase chirurgica.

Questa tecnica è utilizzata nel trattamento di diverse neoplasie (stomaco, pancreas, retto, sarcomi, utero) e, più recentemente, anche nella terapia conservativa del carcinoma mammario¹².

Il crescere del numero dei centri italiani che eseguono trattamenti di radioterapia intraoperatoria ha favorito l'interesse nel definire delle Linee Guida per i programmi di Garanzia di Qualità, al fine di facilitare l'uso di tale tecnica radioterapica 'speciale' secondo i migliori presupposti di interconfronto e verificabilità dei risultati. La definizione di tali Linee Guida è stata coordinata dall'Istituto Superiore di Sanità, e raccolta in un documento ISTISAN, (Istisan 03/01)¹³. Parallelamente si è avvertita l'esigenza di definire l'insieme delle situazioni cliniche in cui le indicazioni all'uso della IORT siano supportate da evidenze tali da consentirne la prescrizione secondo le regole della medicina basata sulla evidenza (Evidence Based Medicine, EBM) e l'insieme di quelle tipologie di malattia, in cui l'uso della IORT richiede ancora una conferma mediante studi clinici. Per cercare di identificare questi due insiemi, il

Gruppo di Studio AIRO sulla IORT ha svolto uno studio riportato in un rapporto approvato dall'AIRO in data 3/12/2004, dal titolo "Indicazioni all'uso della IORT secondo la medicina basata sulle evidenze"¹⁴. La metodologia di lavoro per la definizione delle patologie per le quali la IORT può essere prescritta in EBM si è basata su:

- indicazioni fornite dai questionari distribuiti ai Centri di Radioterapia italiani (6 Centri con programmi IORT attivi e 20 Centri senza programmi IORT);
- indicazioni presenti sul Rapporto ISTISAN 03/01;
- evidenze riportate nel Physician Data Query (PDQ) ;
- analisi della letteratura pubblicata su riviste internazionali e riportata in Medline dal 1983 al 2003. Nei 20 anni analizzati la IORT è stata utilizzata in più di 330 studi clinici che hanno reclutato complessivamente circa 6500 pazienti;
- analisi degli abstract relativi ai Congressi organizzati dalla International Society of IntraOperative Radiotherapy organizzati a San Francisco 1996, Pamplona 1998, Boston 2000, Aachen 2002.

Da questo studio è risultato il consenso dei Centri su quattro patologie nelle quali la IORT è stata ritenuta un trattamento basato sull'evidenza:

- neoplasie del retto localmente avanzate;
- recidive delle neoplasie del retto;

- sarcomi delle parti molli;
- neoplasie del pancreas.

Per tali neoplasie i Centri che hanno risposto al questionario hanno espresso un parere favorevole all'uso della IORT, in base alle evidenze disponibili, nel 100% dei casi per le recidive pelviche da neoplasia rettale, nel 94% per le neoplasie del retto localmente avanzate e per le neoplasie resecabili del pancreas, e nell'81% per i sarcomi. I parametri che sono stati selezionati come indicatori sono la sopravvivenza a cinque anni libera da malattia (che è il limite tecnico usualmente posto negli studi clinici per la raccolta dei dati), il grado di controllo locale (ossia il controllo sulla insorgenza di recidive nella zona irraggiata) e il grado di tossicità prodotto dagli effetti collaterali della terapia (quali l'emergenza di complicazioni dovute a danni prodotti sui tessuti sani circostanti).

Neoplasie del retto localmente avanzate

Negli stadi II e III delle neoplasie retali, con elevato rischio di residuo di malattia, le evidenze degli studi condotti confermano che la IORT può essere di beneficio nel favorire il controllo locale della malattia. Essa è pertanto prescritta, come boost, in combinazione con la radioterapia a fasci esterni associata alla chemioterapia. Nelle pubblicazioni relative all'uso della IORT in tale patologia, sono riportati i risultati del suo impiego in più di 1900 pazienti. Nei 79 studi esaminati, la IORT è stata utilizzata nel 90% dei casi come sovradosaggio sul letto tumorale, con una dose compresa tra i 10 e i 20 Gy, e, solo nel 10%, come trattamento esclusivo, con dosi anche superiori ai 20 Gy. Il controllo locale è stato ottenuto nel 62%-94%

dei pazienti, con una tossicità del 4%-25% ed una sopravvivenza a cinque anni dal 43%-92%.

Recidive pelviche da neoplasia del retto

Nelle recidive pelviche da neoplasie retali il rischio di presenza di residuo di malattia, più o meno documentabile microscopicamente, è considerato sempre molto elevato, e le evidenze degli studi condotti confermano che la IORT può essere di beneficio nel favorire il controllo locale della malattia. Essa è prescritta come boost, con una dose compresa tra 10 e 20 Gy, in combinazione con la radioterapia a fasci esterni associata alla chemioterapia. Nelle pubblicazioni relative all'uso della IORT per le recidive pelviche, il controllo locale è stato ottenuto nel 26%-79% dei pazienti, con una tossicità complessiva del 18%-52% ed una sopravvivenza a cinque anni del 19%-41%.

Neoplasie del pancreas

Per gli adenocarcinomi pancreatici resecabili, la IORT, a confronto con la chirurgia esclusiva, ha dimostrato di ottenere un significativo miglioramento del controllo locale della malattia; le neoplasie pancreatiche non resecabili traggono invece ben poco beneficio dalla radioterapia intraoperatoria. Essa è prescritta come boost in combinazione con la radioterapia a fasci esterni associata alla chemioterapia. Nelle pubblicazioni relative all'uso della IORT per le neoplasie del pancreas risultano trattati 880 pazienti in 104 studi esaminati. La IORT è stata prescritta come boost nel 70% dei casi, con dosi di 10- 25 Gy, e nel 30% con una modalità esclusiva. Il controllo locale è compreso nel 66%-82%, la tossicità nell'11%-15% e la sopravvivenza a cinque anni fra il 23% e il 33%.

Sarcomi delle parti molli

La volontà di ridurre l'estensione delle demolizioni chirurgiche pone a maggiore rischio di recidiva il letto tumorale e pertanto si ritiene utile un'intensificazione locale della dose, mediante IORT. Essa è in genere somministrata all'interno di programmi terapeutici che prevedono l'integrazione fra radioterapia a fasci esterni su volumi ampi, chirurgia conservativa e IORT; in tal modo è possibile erogare un'elevata dose totale sul letto prevenendo la tossicità che si produrrebbe alle strutture sane vicine. Essa è prescritta sempre come boost in combinazione con la radioterapia a fasci esterni associata alla chemioterapia. Dall'analisi di 25 studi clinici, che hanno irradiato più di 420 pazienti a dosi di 10-20 Gy, si è evidenziato un controllo locale compreso fra il 55% e l'82%, una tossicità del 15-18% ed una sopravvivenza a cinque anni del 47-55%. Accanto ai casi precedenti vengono considerati come nuovi campi di applicazione le neoplasie di polmone, prostata, vescica, cervice uterina e mammella. In quest'ultimo caso un lavoro pionieristico è stato svolto presso l'Istituto Oncologico Europeo (IEO) di Milano¹⁵, il centro oncologico con la casistica più elevata di interventi per carcinoma al seno in Europa. Qui è stato sviluppato per la prima volta un protocollo specifico: una dose singola di radiazioni viene somministrata durante l'intervento direttamente sulla ghiandola mammaria residua all'asportazione del nodulo tumorale (quadrantectomia). Questa procedura consente di far risparmiare alla paziente circa due settimane sulla durata totale della radioterapia post-operatoria (oggi di 5/6 settimane, una seduta al giorno della durata di alcuni minuti, dal lunedì al venerdì) e, in molti casi, sostituisce del tutto l'approccio convenzionale. Presso l'IEO sono impiegati nella routine clinica sia il NOVAC7 (dal 1999), sia il più recente LIAC (da febbraio 2004) (figura 5): fino al 30 aprile 2004 sono state trat-



(a)



(b)

Figura 5
IEO (Milano) (a) NOVAC7, (b) LIAC in sala operatoria

tati 889 casi di tumore al seno e 25 altri tipi di tumore e su tutte le donne che hanno sono state sottoposte alla IORT in 5 anni sono state segnalate solo 3 recidive.

Sviluppi futuri

La realizzazione di acceleratori compatti e a bassa radiazione diffusa e di sistemi di movimentazione sempre più maneggevoli e affidabili ha consentito una buona diffusione in questi ultimi anni della tecnica IORT, attorno alla quale si è sviluppato un sempre maggior interesse anche in virtù dei buoni risultati forniti dalle prime statistiche. Contemporaneamente emergono richieste di “performances” sempre più sofisticate. Sviluppi futuri sono già stati individuati per i quali l'ENEA potrebbe fornire un grosso contributo nell'ambito del programma di ricerca e sviluppo lanciato da anni con eccellenti risultati. Tali sviluppi riguardano sia l'acceleratore, sia il sistema di movimentazione e di trasmissione della dose.

Per quanto riguarda l'acceleratore lo sviluppo di sezioni acceleranti a più alta frequenza consentirebbe una miniaturizzazione sia della testa radiante sia del sistema di alimentazione: ad esempio il passaggio da una frequenza di operazione della radiofrequenza del linac da 2998 MHz (banda S) a 5712 MHz (banda C) o a 11424 MHz (banda X) consentirebbe, a parità di energia finale, di ridurre le dimensioni del linac da 90 cm (lunghezza attuale del linac del LIAC) a meno di 40 cm.

Un'altra innovazione molto interessante consiste nella implementazione della modalità dell'irraggiamento incrementale: tale modalità di irraggiamento consiste nell'individuazione dell'area da irraggiare e nella somministrazione della dose ottimale punto per punto. Essa può avere dei campi specifici di attività, quali l'irraggiamento di campi molto irregolari o molto piccoli. A tale proposito c'è da sottolineare che uno dei due dosimetri sviluppati congiuntamente dall'ENEA e dall'Università di Bologna, basato su un sistema

di fibre scintillanti, è stato brevettato per le sue caratteristiche assolutamente innovative ed è già adeguato per la dosimetria in modalità di irraggiamento incrementale.

Infine un'altra utile innovazione riguarda la possibilità di automatizzare e controllare mediante un sistema di sensoria cosiddetta operazione di “docking” (figura 6): essa consiste nell'aggancio delle due parti del collimatore, quella connessa alla testa radiante e quella connessa al campo di irraggiamento, ed attualmente viene effettuata sia nel NOVAC7 sia nel LIAC solo in modalità manuale.

Figura 6
Docking manuale



Queste sono solo alcune delle possibili innovazioni e nuove funzionalità implementabili in sistemi IORT di ultima generazione che richiedono un lavoro di ricerca e sviluppo nel quale l'ENEA, con l'appoggio dell'industria nazionale, potrebbe mettere a frutto le sue competenze con risultati positivi anche a breve termine.

Bibliografia

1. D. CUCÈ, Ottimizzazione di un sistema avanzato per Radioterapia IntraOperatoria, Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli Studi della Calabria, 2002.
2. M. ABE, M.FUKUDA, et al., Intraoperative Irradiation in abdominal and cerebral tumors. *Acta Radiol.* 10:408-416; 1971.
3. M. ABE, M.TAKAHASHI, Intraoperative Radiotherapy: the Japanese Experience. *Int. J. Radiat.Oncol. Biol. Phys.* 7:863-868; 1981.
4. M. ABE, Intraoperative Radiotherapy. Past, Present and Future. *Int. J. Radiat.Oncol. Biol. Phys.* pp. 1987-1990; 1984.
5. M. L. MEURK et al., The Mobetron: A New Concept for Intraoperative Radiotherapy, 6th International IORT Symposium, San Francisco, CA 1996.
6. M. FANTINI et al., IORT NOVAC7: A New Linear Accelerator for Electron Beam Therapy, in Intraoperative Radiation Therapy in the Treatment of Cancer, *Front. Radiat. Ther. Oncol.*, Vaeth J.M Editor, Basel, Karger, 1997, vol. 31, pp. 54-59.
7. A. SORIANI, G. IACCARINO, V. LANDONI, S. MARZI, M. BENASSI, M. FANTINI, S. TEODOLI, *Soluzioni tecniche e innovazioni dosimetriche per un acceleratore dedicato alla IORT*, atti del III Congresso Nazionale Associazione Italiana Fisica in Medicina, Agrigento 24-28 giugno 2003.
8. M. FANTINI, *LIAC*, a new mobile dedicated IORT accelerator, Atti della 4th International Conference of the International Society of Intraoperative Radiation Therapy Miami, Florida, 17-19 marzo 2005.
9. F. W. HENSLEY, M. CIOCCA, A. PETRUCCI, P. BIGGS, Survey of IORT activities in Europe, Atti della 4th International Conference of the International Society of Intraoperative Radiation Therapy Miami, Florida, 17-19 marzo 2005.
10. L. PICARDI, C. RONSIVALLE, A. TATA, The Italian IORT Project, Proceedings EPAC Conference 2000, Vienna.
11. M. BENASSI, L. PICARDI, C. RONSIVALLE, A. TATA, Accelerators development for intraoperative radiation therapy, Proceedings PAC2001 Conference, Chicago.
12. M. KRENGLI, L. MASINI, D. BELDI IORT: clinical indications, *Oncologia*, 2004; 27 6:364-370
13. Istituto Superiore di Sanità, Guidelines for quality assurance in intra-operative radiation therapy, edited by A. Rosi, V. Viti, Laboratorio di Fisica, *Rapporto ISTISAN 03/1 EN*, 2003.
14. Associazione Italiana di Radioterapia Oncologica Gruppo di Studio Sulla Radioterapia Intraoperatoria IORT, *Indicazioni all'uso della IORT secondo la medicina basata sulle evidenze*, Report 04/01, 2004.
15. Tosi, M. CIOCCA, *IORT* with mobile linacs: the Italian experience, *Oncologia*, 2004; 27 6:350-354.

Nuovi biocidi per le vernici antivegetative

ISABELLA MAZZIOTTI
PAOLO MASSANISSO
CARLO CREMISINI
SALVATORE CHIAVARINI
MICHELE FANTINI
ROBERTO MORABITO

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



La messa al bando delle vernici marine contenenti metalli pesanti e composti organostannici, che costituiscono un pericolo per l'ambiente acquatico, rende necessario individuare nuovi biocidi per proteggere le imbarcazioni dalle incrostazioni biologiche

New biocides for antifouling paints

Abstract

The antifouling paints are used for protecting the hulls of the boats from the undesirable accumulation of micro-organisms, plants, and animals on artificial surfaces (marine biological fouling). These paints constitute a potential risk for the marine environment, because of the presence in their formulation, among the other potentially toxic components, of organic compounds acting as biocide. The environmental problems associated with the use of the organotin compounds as biocides in the antifouling paints, have led to the international ban of these compounds. In the article the new antifouling paints coming up the national and international market are shortly introduced and discussed, with particular attention respect to the new organic compounds used as biocides. In Italy quite a few marine monitoring campaigns have been carried out for organotin compounds, on the contrary there is a lack of data regarding the presence of other biocides

studi & ricerche

Il problema delle incrostazioni biologiche (fouling) che colpisce la superficie degli oggetti rimasti sommersi in ambiente marino, come le carene delle barche, presenta diversi aspetti sia di tipo economico che ambientale ed anche politico. Dal punto di vista economico il fouling costringe gli armatori e i proprietari di imbarcazioni da diporto a forti spese per la manutenzione necessaria per evitare la perdita di velocità provocata dalla presenza delle incrostazioni marine sullo scafo. È stato calcolato che i costi globali del fouling sono nell'ordine dei 6,5 miliardi di dollari USA annui, e includono la riduzione della velocità delle navi e il mancato guadagno per il tempo necessario per l'entrata in bacino di carenaggio delle navi, il costo delle operazioni di pulizia dello scafo e di ripristino del rivestimento protettivo costituito dalle pitture "antivegetative" e la spesa necessaria per l'acquisto delle stesse vernici antivegetative; d'altra parte il fouling rappresenta un'elevata fonte di guadagno per le aziende produttrici di vernici marine e per coloro che si occupano di cercare soluzioni innovative per questo problema.

Peraltro, l'uso di prodotti che impediscono la crescita del fouling rappresenta sempre, anche se in misura variabile, un pericolo per l'ambiente. I "biocidi", l'elemento chiave delle vernici antivegetative, sono additivi che inibiscono la formazione di incrostazioni (vegetali o animali) sulle carene delle barche. Veri e propri veleni quindi, inseriti nella miscela delle vernici antifouling, che nel tempo vengono rilasciati in maniera controllata. Inoltre, poiché il fouling è costituito da organismi diversi, batteri, alghe, spirocheti, denti di cane e molti altri, è evidente che i biocidi contenuti nelle vernici antivegetative devono necessariamente avere un ampio spettro di azione e che perciò essi costituiscono un pericolo per l'intero ecosistema acquatico. Inoltre molti di essi, avendo un tempo di degradazione molto lento, possono rimanere intrappola-

ti nel sedimento rappresentando per molto tempo un potenziale pericolo per l'ambiente acquatico.

Infine, poiché navi battenti bandiere differenti si muovono più o meno liberamente attraverso i mari e gli oceani e poiché sugli stessi mari si affacciano le coste di nazioni differenti, il problema ambientale delle vernici antivegetative comporta la necessità di arrivare ad accordi internazionali e ad una normativa internazionale.

A causa della sua posizione geografica l'Italia è particolarmente esposta all'eventuale azione dei biocidi utilizzati nelle vernici antivegetative e dispersi nell'ambiente marino. Al fine di una miglior comprensione si è cercato di reperire informazioni riguardo ai prodotti utilizzati e alla loro composizione e diffusione sul mercato. Si è cercato infine di ottenere informazioni dal punto di vista della normativa in vigore.

Si è ritenuto opportuno inquadrare prima storicamente la produzione e la composizione di vernici antivegetative a livello mondiale dal punto di vista sia chimico sia normativo; in seguito si è ritenuto opportuno riportare i dati più recenti riguardanti la normativa, la composizione chimica e la dispersione nell'ambiente delle vernici antivegetative impiegate in alcune delle nazioni dell'Unione Europea.

Al termine di tale lavoro preliminare si è cercato di inquadrare il problema a livello nazionale sia per quello che riguarda le informazioni relative alla natura degli antivegetativi presenti in Italia e ai dati riguardanti la loro produzione sia per quello che riguarda i dati relativi al monitoraggio e alla diffusione dei biocidi contenuti nelle vernici antivegetative nelle acque e nei sedimenti italiani.

Storia

Le vernici antivegetative si dividono in due grandi categorie: quelle a matrice dura e quelle autoleviganti: le prime rilasciano

lentamente i biocidi nel tempo e, una volta esaurito il loro effetto, lasciano comunque sullo scafo uno strato di vernice (ovviamente non più protettivo); nelle autoleviganti invece il rilascio degli agenti che inibiscono l'attacco del fouling è ottenuto con meccanismi non correlati alla solubilità del legante, ma attraverso alte concentrazioni di veleni liberati per contatto con l'acqua. Le autoleviganti quindi nel tempo si riducono di spessore perché i biocidi e i leganti sono solidali nel loro rilascio controllato: quindi finché rimarrà uno strato di vernice sullo scafo, per quanto sottile, questo sarà protettivo. Esistono poi le vernici a "matrice mista" (o "long life"), che rappresentano la via di mezzo.

La quasi totalità delle vernici antivegetative contengono anche metalli pesanti. In passato si è ampiamente utilizzato lo stagno mentre attualmente sono utilizzati rame o zinco; tuttavia va ricordato che, per evitare fenomeni di corrosione elettrolitica, tutte le vernici antivegetative che contengono metalli non possono essere utilizzate su scafi in alluminio.

Fino al 1995 i biocidi più utilizzati (ed estremamente efficaci) erano composti organici contenenti stagno, ma la direttiva europea 76/769 e successive modifiche ne hanno vietato l'utilizzo per il suo elevato potere inquinante. Infatti, a seguito delle indicazioni dell'IMO e della convenzione internazionale (AFS) adottata il 5 ottobre 2002 dagli Stati membri dell'Unione Europea, l'Unione stessa ha emanato un regolamento che, dal 1° luglio 2003, vieta alle navi degli Stati membri di applicare o riapplicare vernici antivegetative che contengano organostannici; il regolamento prevede altresì che, dal 1° gennaio 2008, sia vietato l'ingresso nei porti degli Stati membri alle navi che impiegano come antivegetativi composti organostannici. Questo bando, che ha gettato nello sconforto gli armatori e i produttori di pitture per uso navale e

per lo *yachting*, ha riportato d'attualità la ricerca di nuove sostanze antivegetative alternative che siano efficaci senza essere tossiche per l'ambiente.

Le vernici antivegetative a base di composti organostannici

Lo stagno è stato impiegato fin dal 1950 come biocida sotto forma di composti organostannici: in tali composti lo stagno forma da uno a quattro legami con un atomo di carbonio facente parte di un gruppo alchilico o acrilico e dove di solito è presente un gruppo ionico. Nelle pitture antivegetative sono stati in genere impiegati i trialchilici e i triarilici, in particolare composti tributilici (TBT) e trifenilici (TFT).

I TBT e i TFT vengono degradati fino a composti inorganici dello stagno anche con processi biologici ad opera di funghi (*Caniophora cutanea*, *Trematis versicolor* e *Chaetomium globus*) e batteri (*Pseudomonas aeruginosa* e *Alcaligenes fecalis*)¹; tuttavia tale processo è molto lento e ciò ha comportato un notevole incremento di TBT e TFT nell'ambiente, soprattutto acquatico².

La vita media dei TBT in acqua di mare va dai sei giorni ad alcuni mesi, mentre la loro stabilità nel sedimento è molto elevata andando da due a nove anni (vedi tabella 1 tratta³ da Omae, 2003).

Per quello che riguarda la tossicità acuta del TBT, è stato riportato⁴ che la dose letale che causa la morte del 50% degli animali testati (LD50) di questo composto è compresa fra 112 e 346 mg kg⁻¹; tuttavia i dati più preoccupanti riguardano la tossicità cronica del TBT, il quale agisce sul sistema endocrino provocando la mascolinizzazione irreversibile di molte femmine di gasteropodi^{5,3}. La concentrazione di TBT nei tessuti è positivamente correlata alla mascolinizzazione dei gasteropodi e, poiché tale effetto è osservabile anche a basse concentrazioni di TBT, è stato suggerito di impiegare questo fenomeno come indicatore biologico della presenza di organostannici^{6,3}.

Tabella 1 - Stabilità dei composti organostannici (da Omae 2003³)

Composto	Matrice	Vita media
TBT	Acqua di mare	Settimane o mesi
TBT	Acqua di mare (microlayer)	6-7 giorni
TBTO	Acqua di mare	>89 giorni
TBT	Fiume	6-giorni
TBT	Estuario	6-7 giorni
TBT	Sedimento	Circa 2-5 anni
DBT	Sedimento	2 anni
MBT	Sedimento	1 anni
TBT	Bivalvi (<i>Venerupis decussata</i>)	4 -17 anni

(TBT=tributilstagno; TBTO=tributilstagno ossido; DBT= dibutilstagno; MBT= monobutilstagno)

L'analisi dei composti organostannici

La maggior parte degli studi condotti sui composti organostannici hanno richiesto l'analisi dei composti butilici e fenilici dello stagno in acqua di mare, nelle matrici biologiche e nei sedimenti.

L'analisi dei composti organostannici ha presentato vari problemi: la complessità delle matrici ambientali e biologiche analizzate ha richiesto la messa a punto di un metodo affidabile. I presupposti erano i seguenti:

- bassi livelli di concentrazione (ng L^{-1} nelle acque, mg kg^{-1} nei sedimenti e nelle matrici biologiche);
- necessità di determinare contemporaneamente i diversi composti organici dello stagno (speciazione), ai quali corrispondono gradi di tossicità differenti;
- complessità della composizione delle matrici ambientali e la presenza di un notevole numero di interferenti;
- stabilità limitata di questi composti;
- metodo di analisi comunque complesso con una fase preliminare di trattamento del campione.

La fase di trattamento del campione è costituita da quattro stadi principali: 1) l'estrazione, 2) la derivatizzazione, 3) la purificazione e 4) la preconcentrazione finale del campione. Queste operazioni hanno lo scopo di estrarre gli analiti dal campione, di ridurre le interferenze e di trasformare i composti organostannici in una forma chimica più facilmente separabile, mediante gas-cromatografia, e poi quantificabile attraverso la tecnica analitica strumentale scelta per la determinazione finale.

1-Estrazione

La fase di estrazione degli analiti dalla matrice è la più critica dell'intera procedura di trattamento del campione, sia per la non elevata stabilità degli analiti, sia per le forti interazioni che essi instaurano con la matrice. Scarse rese di estrazione, infatti, indipendentemente da eventuali perdite occorrenti in altre fasi della procedura, portano a sottostimare la quantità di analita contenuta nel campione. La scelta del metodo è correlata alla tecnica di rivelazione e al tipo di strumentazione disponibile. Tra i metodi proposti possiamo distinguere i seguenti:

- metodi di estrazione "classica" con solventi organici, o in miscele di diversi solventi (di diversa polarità) in presenza o meno di acidi e/o di agenti complessanti (assistita mediante l'utilizzo di diverse forme di energia, per facilitare il rilascio dei composti organostannici dalla matrice, quali: calore, ultrasuoni, microonde, agitazione meccanica ecc.);

- metodi di estrazione mediante idrolisi basica e enzimatica;
- metodi di estrazione in fluidi supercritici;
- metodi di estrazione "accelerata" con solvente.

2-Derivatizzazione

L'analisi gascromatografica di composti organostannici, la cui forma ionica ha una bassa volatilità, richiede necessariamente una fase di derivatizzazione nella procedura analitica affinché essi siano trasformati in composti più volatili. Nonostante la derivatizzazione comporti l'aumento della manipolazione del campione essa offre i grossi vantaggi di eliminare le interferenze di sostanze coestratte dalla matrice reale. La reazione di derivatizzazione viene effettuata generalmente con due tecniche differenti:

1. Formazione di idruri (reazione con composti boro-organici);
2. Alchilazione (reazione con reattivi di Grignard).

La derivatizzazione per alchilazione con reattivo di Grignard è l'approccio più seguito sia per l'analisi di sedimenti che per le matrici biologiche.

I reattivi di Grignard comunemente usati sono: il metilmagnesio bromuro (MeMgBr), l'etilmagnesio bromuro (EtMgBr), il pentilmagnesio bromuro (PeMgBr) e l'esilmagnesio bromuro (EsMgBr). La scelta del reagente alchilante dipende dal tipo di analita da analizzare e in particolare dalla sua volatilità.

3-Purificazione

È necessaria anche una fase di purificazione, da effettuare dopo la derivatizzazione e con lo scopo di eliminare sostanze coestratte dai campioni ed eccessi di reattivi utilizzati che potrebbero interferire nella determinazione analitica. Nonostante questo stadio aggiuntivo comporti un'ulteriore possibilità di perdite, si rende comunque necessario in quanto porta un aumento della sensibilità, un miglioramento della risoluzione dei picchi cromatografici, e quindi in generale un miglioramento della prestazione analitica.

Le procedure di purificazione più impiegate si basano su una separazione cromatografica liquido-solido su fase adsorbente. Gli adsorbenti più comunemente usati sono il gel di silice, il florisil e l'allumina, mentre gli eluenti più utilizzati sono benzene, esano, toluene o miscele di questi solventi organici.

4-Preconcentrazione

Viene operata con le procedure convenzionali che, in genere, prevedono un'evaporazione del solvente.

5-Rivelazione

I sistemi di rivelazione proposti per l'analisi gascromatografica dei composti organostannici sono:

- rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID: "flame ionization detector");
- rivelatore a cattura di elettroni (ECD: "electron capture detector");
- spettrofotometro ad assorbimento atomico (AAS: "atomic absorption spectrometer");
- rivelatore fotometrico a fiamma (FPD: "flame photometric detector");
- rivelatore a emissione atomica (AED: "atomic emission spectrometer");
- spettrometro di massa (MS: "mass spectrometer").

Lo spettrometro di massa è, insieme al rivelatore a fotometria di fiamma, uno dei rivelatori più usati per l'analisi dei composti organostannici poiché presenta il grande vantaggio di permettere l'identificazione dei composti oltre ad essere caratterizzato da un'elevata sensibilità e selettività.

Recentemente, nell'ambito delle tecniche accoppiate, sono state proposte delle applicazioni della tecnica a spettrometria di massa avente come sorgente di ioni il plasma indotto da microonde

(MIP-MS, microwave induced plasma mass spectrometer). Rispetto alla relativa tecnica ad emissione atomica (MIP-AES) questa tecnica ha delle potenzialità elevate in termini di aumento della sensibilità e diminuzione del limite minimo di quantificabilità, ma il suo elevato costo agisce da freno alla sua diffusione.

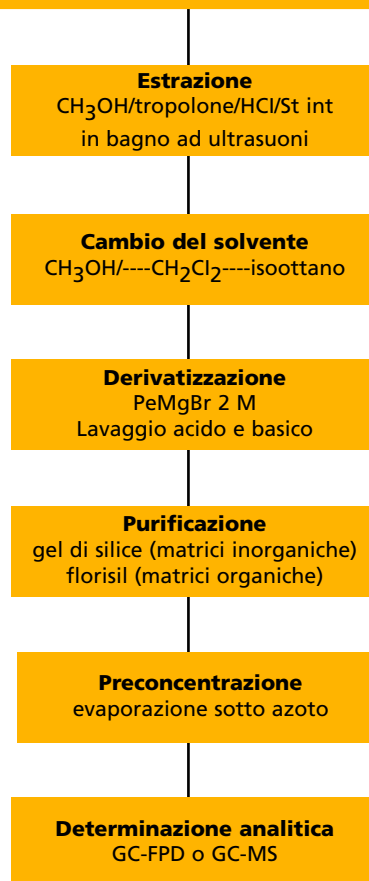
Negli ultimi quindici anni un gruppo di ricerca dell'ENEA ha acquisito una notevole esperienza sui composti organostannici, sia per quanto concerne le problematiche analitiche sia per gli aspetti ambientali, attraverso la partecipazione a numerosi progetti europei.

Nel corso degli anni il lavoro è stato indirizzato allo sviluppo ed ottimizzazione di metodi analitici per la speciazione di composti organostannici in diverse matrici e al loro utilizzo per il monitoraggio ambientale.

In particolare, le competenze acquisite hanno permesso al gruppo di lavoro di partecipare a progetti europei per la preparazione e certificazione di materiali di riferimento per l'analisi dei composti organostannici, sia in veste di coordinatore (BCR 477) che di partner (BCR 462, BCR 646).

Il metodo analitico, sviluppato e validato mediante la partecipazione a numerosi circuiti interlaboratorio e campagne di certificazione e ora, peraltro, recepito nei metodi ufficiali di analisi ICRAM, viene di seguito schematizzato in figura.

**SCHEMA ANALITICO GENERALE, SVILUPPATO PRESSO I LABORATORI ENEA,
PER LA DETERMINAZIONE DEI COMPOSTI ORGANOSTANNICI IN MATRICI SOLIDE**



Elenco dei progetti finanziati dalla C.E. ai quali ha partecipato l'ENEA

Progetto	Anni	Ruolo	Descrizione
Preparazione (1) e certificazione (2) BCR 477	1991-1998	Coordinatore	Preparazione e certificazione di un materiale di riferimento di tessuto di mitile
Certificazione BCR 424	1990-1991	Partner	Certificazione di un materiale di riferimento di sedimento
Certificazione BCR 462	1993-1994	Partner	Certificazione di un materiale di riferimento di sedimento costiero
Nuova certificazione BCR 462R	1997-1998	Partner	Nuova certificazione di un materiale di riferimento di sedimento costiero
Certificazione BCR 646	1997-1998	Partner	Certificazione di un materiale di riferimento di sedimento di acqua dolce
MULSPOT – certificazione BCR 710	1999-2002	Coordinatore	Certificazione di un materiale di riferimento multispecie di tessuto di ostriche
HIC-TBT	1999-2001	Partner	Valutazione della distribuzione ambientale del tributilstagno in relazione con il suo impatto sulla vita marina e sviluppo di strategie di comunicazione al fine di sensibilizzare la comunità non scientifica al problema del TBT.
OT-SAFE	2001-2004	Partner	Monitoraggio a livello europeo della contaminazione di prodotti ittici da composti organostannici ed il relativo impatto sulla salute umana mediante la valutazione dell'effetto che la cottura ha sui composti organostannici presenti nei mitili.
TBTIMPACTS	2005-2008	Coordinatore finanziario	Monitoraggio dei livelli di concentrazione di composti organostannici negli ambienti costieri a livello europeo ed asiatico.

Commessa	Anni	Descrizione
ARPA Veneto	1998	Analisi di composti organostannici nelle acque reflue della laguna di Venezia
Università di Cagliari	2001-2005	Misura di composti organostannici, in campioni di mitili e sedimenti nelle acque prospicienti la Sardegna
Porto di Salerno	2002	Analisi di campioni di sedimento per il monitoraggio ambientale del Porto di Salerno.
Studi di stabilità per conto dell'IRMM	1999-2004	Studio della stabilità di composti organostannici in materiali di riferimento (BCR 462, BCR 477).

Pubblicazioni ENEA sulle tecniche analitiche per la determinazione dei composti organostannici e sui problemi connessi alla loro diffusione nell'ambiente

- 1) T. Ferri, R. Morabito and A. Perini: "Organotin determination by GFAAS", in *Heavy Metals in the Hydrological Cycle*, Ed. M. Astruc and J. N. Lester, p. 413-418, London, (1988).
- 2) S. Chiavarini, C. Cremisini, T. Ferri, R. Morabito and A. Perini: "Monitoring of organotins in the La Spezia gulf - I - Analytical methods and preliminary results (summer 1989)", *Sci. Tot. Environ.*, 101, 217-227 (1991).
- 3) S. Chiavarini, C. Cremisini and R. Morabito: "Distribution and fate of TBT and its degradation products in the La Spezia Gulf", *FAO/UNEP/IAEA MAP Technical Report Series No. 59*, pp. 179-187 (1991).
- 4) M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini, R. Morabito and R. Scerbo: "Organotin compounds in marine mussel collected from Italian coasts", *Analytical Sciences*, 7 (1991) 1193-1196.
- 5) M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini e R. Morabito: "Determinazione dei composti organostannici in acqua di mare mediante tecniche gascromatografiche", *Notiziario IRSA*, 11(1), 1-17 (1991).
- 6) M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini, M. Fantini and R. Morabito: "Monitoring of organotins in the La Spezia gulf - II. Results of the 1990 sampling campaigns and concluding remarks", *Sci. Tot. Environ.*, 121, 133-144 (1992).
- 7) S. Chiavarini, C. Cremisini, T. Ferri, R. Morabito and C. Ubaldi: "Liquid-solid extraction of butyltin compounds from marine samples", *Appl. Organomet. Chem.*, 6, 147-153 (1992).
- 8) Brondi, A. M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini, R. Morabito and M. Vitali: "Monitoring program for the evaluation of the pollution level of the Italian harbour sediments. I. General description", in: *Proceedings of International Symposium on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe*, Budapest, October 12-16 1992, p. 537-539 (1992).
- 9) M. Bernabei, A. M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini, F. Martini and R. Morabito: "Monitoring program for the evaluation of the pollution level of the Italian harbour sediments. II. Analytical methods", in: *Proceedings of International Symposium on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe*, Budapest, October 12-16 1992, p. 540-541 (1992).
- 10) M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini, M. Fantini and R. Morabito: "Monitoring program for the evaluation of the pollution level of the Italian harbour sediments. III. Results", in: *Proceedings of International Symposium on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe*, Budapest, October 12-16 1992, p. 542-544 (1992).
- 11) M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini, R. Morabito and C. Ubaldi: "Analytical methods for the determination of organotins in the marine environment", *Int. J. Env. An. Chem.*, 53, 37-52 (1993).
- 12) A. M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini M. Fantini, R. Morabito, R. Scerbo and M. Vitali: "Concentrations of organotins in water, sediment and mussels from Taranto harbour (Italy)", in: *Heavy Metals in the environment*, R. J. Allan and J. O. Nriagu Eds., Toronto, 52-55 (1993).
- 13) M. Caricchia, S. Chiavarini, C. Cremisini, R. Morabito and R. Scerbo: "Influence of the storage conditions on the organotin determination in mussel samples", *Anal. Chim. Acta*, 286, 329-334 (1994).
- 14) Ph. Quevauviller, R. Ritsema, R. Morabito, W. M. R. Dirkx, S. Chiavarini, J. M. Bayona and O. F. X. Donard: "Critical Consideration with respect to the identification of tin species in the environment", *Appl. Organomet. Chem.*, 8, 541-549 (1994).
- 15) T. Ferri, F. Roberti, S. Chiavarini, C. Cremisini and R. Morabito: "Influence of tropolone on voltammetric speciation analysis of butyltin compounds", *Appl. Organomet. Chem.*, 8, 587-593 (1994).
- 16) R. Morabito, S. Chiavarini and C. Cremisini: "GC-MS for the speciation of organotin compounds in environmental samples", in: *Quality assurance of Environmental Analysis within the BCR-programme*, Ph. Quevauviller, E. Maier and B. Griepink Eds., Elsevier Publ., Chapter 17, 435-464 (1995).

- 17) R. Morabito: "Speciation of organotin compounds in environmental matrices", *Microchem. J.*, 51, 198-206 (1995).
- 18) Ph. Quevauviller, S. Chiavarini, C. Cremisini, R. Morabito, M. Bianchi and H. Muntau: "Preparation and homogeneity study of a mussel candidate reference material for the certification of organotin compounds", *Mikrochim. Acta*, 120, 281-287 (1995).
- 19) S. Chiavarini, C. Cremisini and R. Morabito: "Organotin compounds in marine organisms", in: *Element speciation in bioinorganic chemistry*, S. Caroli Ed., J. Wiley & Sons Publ., Chap. 9, pp. 287-329 (1996).
- 20) Ph. Quevauviller, M. Astruc, L. Ebdon, H. Muntau, W. Cofino, R. Morabito and B. Griepink: "A programme to improve the quality of butyltin determinations in environmental matrices", *Mikrochim. Acta*, 123, 163-173 (1996).
- 21) F. Pannier, A. Astruc, M. Astruc and R. Morabito: "Determination of butyltin compounds in mussel samples: a comparative study of analytical procedures", *Appl. Organomet. Chem.*, 10, 471-476 (1996).
- 22) M. B. de la Calle-Guntinàs, R. Scerbo, S. Chiavarini, Ph. Quevauviller and R. Morabito: "Comparison of different derivatization methods for the determination of butyl- and phenyltin compounds in mussel by gas chromatographic methods", *Appl. Organomet. Chem.*, 11, 693-702 (1997).
- 23) Ph. Quevauviller, R. Morabito, L. Ebdon, W. Cofino, H. Muntau and M. J. Campbell: "The certification of the contents (mass fractions) of monobutyltin, dibutyltin and tributyltin in mussel tissue (CRM 477)", *EU Report*, EUR 17921 EN, 1-45 (1997).
- 24) R. Morabito, P. Soldati, M. B. de la Calle and Ph. Quevauviller: "An attempt to certify phenyltin compounds in a mussel reference material", *Appl. Organomet. Chem.*, 12, 621-634, (1998).
- 25) Lamberty, Ph. Quevauviller and R. Morabito: "The recertification of the contents (mass fractions) of tributyltin and dibutyltin in coastal sediment (CRM 462)", *EU Report*, EUR 18406 EN, 1-45 (1998).
- 26) R. Morabito: "Organotin compounds in filter-feeding organisms", *Speciation 21 Newsletter*, 1st Issue (1998).
- 27) R. Morabito, H. Muntau, W. Cofino, and Ph. Quevauviller: "A new mussel certified reference material (CRM 477) for the quality control of butyltin determination in the marine environment", *J. Environ. Monitor.*, 1, 75-82 (1999).
- 28) Ph. Quevauviller, M. Astruc, R. Morabito, F. Ariese, L. Ebdon: "Collaborative evaluation of methods for tributyltin determinations in sediment and mussel tissue", *TrAC*, 19, 180-188 (2000).
- 29) R. Morabito, P. Massanisso and Ph. Quevauviller: "Derivatization methods for the determination of organotin compounds in environmental samples", *TrAC*, 19, 97-106, (2000).
- 30) Pellegrino, P. Massanisso and R. Morabito: "Comparison of 12 selected extraction methods for the determination of butyl- and phenyl-tin compounds in mussel samples", *TrAC*, 19, 97-106 (2000).
- 31) R. Morabito: "Source of errors in organotin speciation analysis", in: *Proceedings of "Metal Speciation in the Environment"*, N. S. Thomaidis and T. D. Lekkas Eds., Global Nest Publ., pp. 49-64 (2000).
- 32) O. F. X. Donard, G. Lespes, D. Amouroux and R. Morabito: "Organotin compounds in the environment: still a critical issue", in: *Trace element speciation for environment, food and health*, L. Ebdon, L. Pitts, H. Crews, O. F. X. Donard and Ph. Quevauviller Eds., RSC Publ., Chapter 8, 142-175 (2001).
- 33) S. Chiavarini, P. Massanisso, P. Nicolai, C. Nobili and R. Morabito: "Butyltins concentration levels and imposex occurrence in snails from the sicilian coasts (Italy)", *Chemosphere*, 50, 311-319 (2003).
- 34) R. Morabito: "Sample preparation for tin speciation", in: *Sample preparation for trace element analysis*, R. Sturgeon and Z. Mester Eds, Elsevier, Chap. 30, (2004).

Le alternative

Le vernici antivegetative a base di silicone

Tali vernici rappresentano un'alternativa alle vernici a base di biocidi, perché agiscono impedendo o riducendo di molto l'adesione del "fouling" marino allo scafo. Le vernici contenenti silicone sono da tempo utilizzate sulle parti immerse di alcune navi militari e sui sommergibili.

Nei sommergibili, infatti, le vernici prive di metalli sono necessarie per le cuffie idrodinamiche che proteggono i sonar dei sommergibili. Tali cuffie sono infatti costituite o da particolari leghe di acciaio o di gomma, in modo da evitare interferenze che disturbino il segnale acustico. Per lo stesso motivo quindi le vernici antivegetative che ricoprono le cuffie devono essere prive di metalli pesanti.

Tuttavia sembra che mentre la rimozione del fouling rigido, come i "denti di cane" (*Balanus amphitrite*), sia facile, il fouling viscido, come diatomee e spirografi, non sia altrettanto efficace neppure navigando a velocità elevate. Infine poiché i costi di tali vernici sono rilevanti esse hanno finora trovato un impiego limitato alle navi militari e alle imbarcazioni molto veloci.

I biocidi di nuova generazione

A livello mondiale vengono impiegati diversi tipi di biocidi (tabella 2), che solitamente vengono miscelati tra l'altro a ossido di rame o di zinco. Il rame, infatti, sia come ossido che come tiocianato ha una buona attività antivegetativa nei confronti della maggior parte degli organismi marini. Tuttavia alcune alghe (*Enteromorpha* spp, *Ectocarpus* spp, *Achmanthes* spp) mostrano una marcata resistenza al rame.

Per quello che riguarda l'ecotossicità del rame, è bene osservare che, anche se questo metallo rappresenta uno degli elementi essenziali, ad alte concentrazioni esso può risultare tossico per le alghe e per molti altri organismi acquatici. Il rame non è lipofilo ed è quindi poco bioaccumulabile. Tuttavia nelle sue forme ioniche risulta essere più biodisponibile: in particolare come ione idrato ($\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$) risulta essere maggiormente tossico. La biodisponibilità e la tossicità del rame risultano così essere dipendenti dal pH, dall'equilibrio salino e dalla materia organica disciolta ⁷.

La tossicità del rame dipende sia dalle singole specie sia dalle loro condizioni fisiologiche e ambientali. Ad esempio, la *Hydrilla verticillata* (una macrofita acquatica) risulta molto più sensibile alla tossicità del rame a pH basso (4,5) mentre a pH elevato (9,5) la sensibilità alla tossicità è molto minore ⁸.

La sensibilità al rame dei diversi indicatori biologici è differente: microrganismi > invertebrati > pesci > bivalvi > macrofite ⁹.

La presenza di composti organici solubili e capaci di legare gli ioni di rame induce la formazione di forme anioniche e cineticamente inerti di rame riducendone la tossicità ¹⁰. Tuttavia in alcuni casi l'effetto tossico del rame e di alcuni composti organici (come i tiocarbammati) risulta essere additivo ¹¹. È stato suggerito che la presenza di fungicidi a base di tiocarbammati sulla superficie dell'acqua favorisca l'accumulo passivo di metalli pesanti di molti organismi ¹². In generale ci si dovrebbe aspettare che concentrazioni di rame nell'acqua superiori a quelle considerate negli standard di qualità, o EQS (Environmental Quality Standard), possano avere effetti sub-letali per molti Phila di invertebrati e letali per i primi stadi di vita ^{13,14}; tale effetto dovrebbe

Tabella 2 - Principi attivi più utilizzati nelle vernici antivegetative

Nome del biocida	Formula chimica
Clorotalonil	2,4,5,6-tetracloroisofталonitrile
Diclofluamid	N'-dimetil-N-fenilsulfamide
Diuron	3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea
Irgarol 1051	2-metiltio-4-t-butilamino-6-ciclopropilamino-s-triazina
Maneb	manganese etilene bisditiocarbammato
Sea-Nine211 (kathon 52587)	4,5-dicloro-2-n-octil-4-isotiazolin-3-one
TCMS piridina	2,3,5,6-tetracloro-4-(metilsulfonil)piridina
TCMTB	2-(tocianometil)benzotiazolo
Thiram	bis (dimetiltiocarbammato) disolfuro
Zinco Piritione	complesso dello zinco con la 2-mercaptopiridina-1-ossido
Silvex	acido 2-(2,4,5-Triclorofenossi) propionico
Zineb	Zinco etilenbis(ditiocarbammato)
Ziram	Zinco dimetilditiocarbammato

be essere inoltre maggiore in presenza di composti organici liposolubili¹⁵. Tuttavia l'ACP inglese (Advisory Committee on Pesticides) ha indicato come non preoccupante il contributo delle vernici antivegetative al rilascio di rame nell'ambiente¹⁵.

Nella tabella 2 vengono riportati i nomi commerciali dei biocidi più frequentemente impiegati nelle vernici antivegetative insieme alla loro formula chi-

Per quello che riguarda la tossicità e la biodegradabilità dei nuovi biocidi nell'ambiente acquatico, poco o nulla è stato appurato prima della loro introduzione nelle vernici antivegetative in seguito alla messa al bando dei composti organostannici.

Per quello che riguarda la tossicità dei ditiocarbammati (Maneb, Thiram, Zineb e Ziram) è stato osservato un effetto sinergico con il rame^{11,16}; inoltre è noto un

Tabella 3 - Altri usi di alcuni principi attivi utilizzati nelle vernici antivegetative

Nome del biocida	Utilizzo
Clorotalonil	Agricoltura (fungicida), pitture, adesivi
Diclofluamid	Agricoltura (fungicida)
Diuron	Agricoltura (diserbante)
Irgarol 1051	Agricoltura (diserbante)
Maneb	Agricoltura (fungicida)
TCMTB	Agricoltura (fungicida), vernici per legno
Thiram	Agricoltura (fungicida)
Zinco Piritione	Agricoltura (battericida, fungicida), shampoo (1%)
Zineb	Agricoltura (fungicida)
Ziram	Agricoltura (fungicida)

mica. Come è possibile osservare da quanto riportato nella tabella 3, tutti i biocidi, con l'eccezione del Sea-Nine 211 e del TCMS piridina, vengono comunemente impiegati in agricoltura come fungicidi e/o erbicidi.

Nella tabella 4 sono riportate alcune caratteristiche chimico-fisiche e le modalità di degradazione di alcuni biocidi.

effetto teratogenico^{17,18,19} a concentrazioni superiori a 0,1 mgL⁻¹.

La tossicità del Diuron è stata studiata su diversi organismi e la sua concentrazione massima accettabile è stata fissata fra 33-78 µg/L⁻¹, inoltre è stato osservato che il Diuron viene rapidamente eliminato e che ha un fattore di bioaccumulo²⁰ inferiore a 2.

Tabella 4 - Parametri chimico-fisici, tipo e tempi di degradazione (tratta da Omae, 20033)

Nome del biocida	Solubilità ($\mu\text{g/L}^{-1}$)	Velocità di rilascio ($\mu\text{gcm}^{-2}\text{d}^{-1}$)	Vita media in acqua di mare	Modalità di degradazione
Clorotalonil	0,9		1,8g	biologica
Diclofluaniid	1,3	0,6	18h	fotolisi
Diuron	35	3,3		biologica
Irgarol	7	5,0	100g	fotolisi
Sea Nine 211 (Kathon52587)	14	2,9	<24h	biologica e chimica
Zinco Piritione	8	3,3		fotolisi
Zineb	0,07-10		96h	idrolisi

Il Diuron viene considerato stabile e resistente sia all'idrolisi che alla radiazione solare ²¹, il Diuron viene biodegradato sia per via aerobica che anaerobica ed è stato possibile rinvenire i suoi metaboliti sulle coste giapponesi ²². L'Istituto Olandese per la Salute Pubblica e l'Ambiente ha proposto ²³ che la concentrazione massima di Diuron nell'acqua sia fissata a 430 ng/L⁻¹.

I dati in letteratura indicano che l'Irgarol è più tossico per le alghe che per gli altri organismi acquatici ²⁴. La tossicità dell'Irgarol e dei suoi metaboliti è stata studiata in diversi organismi: non sono stati osservati fenomeni di bioaccumulo né dell'Irgarol, né dei suoi metabolici. Tuttavia, poiché risulta fitotossico, i suoi effetti negativi potrebbero essere risentiti su tutta la catena alimentare ^{22;25}. La tossicità dell'Irgarol è stata confrontata con quella di altre triazine come l'atrazina ed è stato suggerito che il 95% dell'Irgarol residuo si trovi disciolto nell'acqua di mare mentre il 4,4% (una frazione maggiore rispetto all'atrazina) si trovi nel sedimento ²⁶. L'Istituto Olandese per la Salute Pubblica e l'Ambiente ha proposto ²³ che la concentrazione massima di Irgarol nell'acqua sia fissata a 24 ng/L⁻¹.

Per quello che riguarda il Sea-Nine le informazioni disponibili sembrano essere poche, tuttavia, sebbene questo biocida venga rapidamente degradato, sia chimicamente sia biologicamente, ed abbia quindi una vita media ridotta, la sua tossicità è risultata più elevata di quella del

Diuron e dell'Irgarol ^{27,28}.

Il Diclofluaniid è poco solubile e risulta avere un'elevata capacità di essere adsorbito al sedimento ^{29,30}. In acqua di mare la vita media del Diclofluaniid risulta essere 53 h e le vie di degradazione sembrano essere sia la degradazione anaerobica che la fotoidrolisi ³¹.

I dati relativi alla tossicità del Clorotalonil sono stati riportati in diversi lavori: Ernest et al. hanno studiato la tossicità del Clorotalonil in diversi organismi presenti nell'acqua (Daphnia molluschi e pesci) ³². Il Clorotalonil ha una vita media ridotta a poche ore ³³. Test di tossicità acuta sui pesci hanno evidenziato una LC50 (concentrazione letale al 50% dopo 96 h) compresa fra 16 e 52 $\mu\text{g/L}^{-1}$ e una EC50 (concentrazione efficace al 50%) pari a 7,3 $\mu\text{g/L}^{-1}$ ²⁹.

La fotolisi del Piritione di zinco avviene molto rapidamente ($t_{1/2}<24\text{h}$) ³⁴, ma, negli ambienti acquatici, dove le radiazioni UV sono scarse, il Piritione di zinco viene adsorbito al sedimento dove diventa un complesso metallico in tracce molto poco disponibile; tuttavia, in un quadro a lungo termine sarà proprio lo zinco a rappresentare un rischio per l'ambiente ³⁵.

La tossicità "in vitro" di alcuni biocidi è stata saggiata mediante colture di cellule di pesce in sospensione, uova ed embrioni di riccio di mare ed è stata ottenuta una scala decrescente di tossicità: Piritione di zinco > Sea-Nine > Diuron > Irgarol > Clorotalonil ^{22,28}.

Metodi analitici per la determinazione degli altri "antifouling agents", attualmente usati come sostituenti dei composti organostannici

Anche i metodi analitici per la determinazione di questi composti organici prevedono, in analogia ai composti organostannici, tre passaggi fondamentali: una prima fase di estrazione dalla matrice, una purificazione dell'estratto (più, eventualmente, la derivatizzazione dell'analita e una concentrazione del solvente) ed infine, la determinazione dell'analita mediante adeguata tecnica strumentale. In tabella sono riportati i metodi più comunemente utilizzati per estrazione e determinazione dei biocidi attualmente in commercio ed in uso nelle vernici anti-vegetative.

Composto	Tecnica di separazione	Estrazione	Tecnica di determinazione	LOD (ng L ⁻¹)
Clorotalonil	GC	XAD2 e 7 resine	ITD	1000
	GC	Esano/acetone	MS (SIM)	1000
	GC	Diclorometano	ECD/MS	10-30
	GC	Esano/acetone	ECD	10
	GC	C18 dischi	ECD	5
	HPLC	C18 dischi	DAD	100
Diclofluanid	GC	Diclorometano /cicloesano/acetone	MS	1000
	GC	Etilacetato /solfato di sodio	ECD	0,1
	GC	Esano	ECD	4
Diuron	HPLC	SPE (colonna C18)	UV	40
	HPLC	Diclorometano	UV	6000
	HPLC	C18 cartucce	DAD	40
	HPLC	C18 dischi	MS	2
	HPLC	C18 cartucce	MS	40
	GC	C18 cartucce	FTD/MS	50
Irgarol	GC	C18 cartucce	NPD	36
	GC	Diclorometano	NPD	2
	GC	C18 dischi	MS (SIM)	0,5
	GC	C18 cartucce	MS (SIM)	0,3
	HPLC	SPE	DAD	1
HPLC	C18 cartucce	UV-DAD	3	

Per tutti gli analiti in esame sono presenti diversi metodi di estrazione e naturalmente il LOD (limit of detection) dipende sia dalla tecnica estrattiva che dal metodo finale di separazione e determinazione. Le tecniche di separazione utilizzate sono quelle di estrazione con solvente (LLE: diclorometano, esano/acetone o altre miscele) oppure di estrazione in fase solida (SPE: in colonna C18 o altro adsorbente o su dischi filtranti). In alcuni metodi con separazione gascromatografica, in particolare per la determinazione del Diuron, è presente una fase di derivatizzazione dell'analita in esame in modo da ottenere composti più stabili e facilmente separabili per via gascromatografica. Per il Diuron la derivatizzazione è necessaria per prevenire la degradazione termica della molecola tal quale, durante la fase di iniezione del campione nel gascromatografo. Il metodo di derivatizzazione del Diuron prevede la sostituzione del legame N-H con N-R, dove R è comunemente un gruppo alchilico ad alto peso molecolare. Un reagente impiegato di frequente per la derivatizzazione del Diuron è l'anidride eptafluorobutirrica. Nei laboratori della Sezione Sviluppo Metodi Chimici di Valutazione Ambientale dell'ENEA di Portici si sta sviluppando un metodo multiresiduo per la determinazione di tali biocidi in matrice acquosa, utilizzando il diclorometano come solvente d'estrazione per la LLE, con successiva separazione degli analiti nella frazione organica mediante gascromatografia capillare e determinazione mediante spettrometria di massa (MS-SIM). Per la determinazione del Diuron si stanno inoltre studiando una serie di reagenti derivatizzanti, tra cui l'anidride eptafluorobutirrica, in modo da valutare quale tra i reagenti è in grado di fornire un composto facilmente separabile ed identificabile mediante GC-MS. Una volta sviluppato ed ottimizzato il metodo, questo sarà utilizzato per una prima indagine sui livelli di concentrazione relativi a tali biocidi presenti nell'acqua di mare del Golfo di Napoli.

I biocidi naturali

Allo scopo di limitare l'ecotossicità dei biocidi sono stati isolati diversi tipi di biocidi naturali che possono sostanzialmente essere distinti in due categorie: una categoria che comprende le sostanze che molti organismi marini (alghe, spugne o delfini) utilizzano per difendersi dal fouling, mentre l'altra categoria di "biocidi naturali" è costituita da sostanze estratte da organismi vegetali o animali i quali però non le impiegano come "antifouling" (tabelle 5 e 6).

li sulla diffusione dei biocidi di nuova generazione in Europa e, per quanto possibile, riportare le poche informazioni di base sui prodotti asiatici e americani. Tuttavia è necessario osservare che, al di là dalle aziende produttrici nella singola nazione o nel singolo continente, il mercato delle vernici vegetative è un mercato tipicamente globale; un importante fattore di successo è, oltre alla validità del prodotto, quello di far parte di un network internazionale e di essere reperibile in qualsiasi parte del mondo una nave si trovi nella necessità di fare carena.

Tabella 5 - Biocidi naturali estratti da piante marine o terrestri

Prodotto	Nome della pianta	Attività %*
Sesquiterpeni	<i>Xanthium strumarium</i>	19
Isotiocianato	<i>Wasabi japonicas</i>	10
Catechine	<i>Prunus janasakura</i>	6
Terpeni coniugati	<i>Pittosporum tobira</i>	10
Flavonoli coniugati	<i>Eucalyptus resinifera</i>	46
Flavonoli coniugati	<i>Quercus dentata</i>	227
Stilbeni coniugati	<i>Eucalyptus rubida</i>	185
Lipidi coniugati	<i>Prunus Jamasakura</i>	50
Lipidi coniugati	<i>Undaria pinnatifida</i>	44
Nicotinammide	<i>Mallotus japonicus</i>	313

*espressa rispetto all'attività biocida del CuSO_4

Tabella 6 - Attività "anti-denti di cane" (*Balanus amphitrite*) dei biocidi naturali prodotti dalle spugne (tratta da Omae, 2003³)

Biocidi naturali	Tipo di spugna	Attività antivegetativa contro i denti di cane
Acido pirimidincarbossilico	<i>Protophilia aga</i>	IC50 5 ppm
19-idrossifonodiolo	<i>Callyspongia truncata</i>	ED50 0,24 μgml^{-1}
Ceratinamide	<i>Pseudoceratina purpurea</i>	ED50 0,10 μgml^{-1}
Kalihinol A	<i>Acanthella cavernosa</i>	IC50 0,087 ppm
Alcol Isocianosesquiterpino	<i>Phyllidia pustulosa</i>	EC50 0,17 μgml^{-1}
3-isocianoteonellin	<i>Phyllidiaae pustulosa</i>	IC50 0,13 μgml^{-1}

La diffusione dei biocidi di nuova generazione

Al fine di inquadrare meglio il problema delle vernici vegetative si ritiene opportuno riassumere le notizie disponibili

Le multinazionali europee Juton (Norvegia), Azco Nobel (Olanda), Hempel (Danimarca) e Sigma (Belgio) sono diffuse ampiamente in tutto il mondo e i loro prodotti sono altrettanto ampiamente impiegati in tutto il mondo.

In Asia e nel continente americano

Per quello che riguarda l'Asia, l'azienda produttrice coreana Kumgang Korea Chemical Co Ltd impiega come biocidi l'ossido di rame in unione con Sea-Nine o con Zineb (tabella 7).

La giapponese Chugoku Marine Paints Ltd impiega come sale metallico principalmente ossido di rame che, pe

Infine, un cenno particolare è dovuta per la Chesterton (USA), che commercializza i nuovi prodotti ARC costituiti da resine silconiche, prive di zinco, ma alle quali sembra siano miscelati composti "molto pericolosi" come il nonifenolo (un tensioattivo non ionico) che ha un effetto simile a quello dei TBT poiché induce la mascolinizzazione di diversi organismi acquatici ³.

Tabella 7 - Biocidi impiegati da produttori di vernici asiatici e nord americani

BIOCIDA	A	B	C	D	E
Sea Nine 211	X			X	
Zineb	X			X	
Naftenato di Rame		X			
Ossido di Rame	X	X	X	X	X
Rame Piritione		X			
Zinco Piritione			X		
Diuron		X		X	
Irgarol 1051			X		

A=Kungan Korea Chemical Co Ltd; Corea
 B=Chugoku Marine Paints Ltd; Giappone
 C= Trambour Paints, Akko; Israele
 D= National Paints Factory Co. Ltd., Sharja; Emirati Arabi
 E= Sea Hawk, New National Coatin; USA

rò, in alcuni prodotti viene sostituito da Piritione di zinco o da Naftenato di rame. A questi sali vengono aggiunti come biocidi organici: Sea-Nine, Diuron o Piridin-difenil-boro. In alcuni prodotti la casa giapponese impiega contemporaneamente sali differenti.

In Medio Oriente la israeliana Tambour Paints, Akko, impiega ossido di rame in unione con ossido di zinco e Diuron, mentre negli Emirati Arabi la "National Paints Factories Co. Ltd, Sharjah" impiega ossido di rame con Diuron, Naftenato e Zineb.

Per quello che riguarda il continente americano (Stati Uniti e Canada) molte delle imprese produttrici sono le stesse multinazionali presenti in Europa che commercializzano i medesimi prodotti, a volte sotto nomi diversi nei due continenti (Veneziani Antialga = New Guard Coating Antifouling).

In Europa

In Europa sono presenti numerose imprese produttrici, molte delle quali sono multinazionali attive in differenti Stati; i loro prodotti sono diffusi in tutta Europa, nel Canada e negli Stati Uniti (tabella 8).

Alcuni biocidi, Diclofluanid, Diuron, Irgarol ed altre triazine e Piritione sono stati approvati a livello europeo dalla Health and Safety Executive (HSE) del Regno Unito. Questo istituto ha collaborato in modo determinante con altri analoghi istituti europei al progetto ACE (Assessment of Antifouling Agents in Costal Environments) ³⁶.

Lo scopo di ACE è stato quello di individuare i biocidi di nuova generazione più frequentemente impiegati, determinandone la tossicità e la vita media, sia a livello biologico sia chimico, ef-

Tabella 8 - Biocidi impiegati da produttori di vernici europei

BIOCIDA	A	B	C	D	E	F
Diclofluamid					X	
Diuron		X		X	X	X
Irgarol 1051		X		X	X	X
Ossido di Rame	X	X	X	X	X	X
Rame Piritione			X			
Zinco Piritione					X	
Sea Nine 211	X			X		X
Zineb				X		

A= Papageorgiou Dionisios-Nobel Lack; Grecia.
 B= Lustrálac S.A.Koropi; Grecia.
 C= Juton Paints; Norvegia.
 D=Hempel; Danimarca
 E= International Coating, Akzo-Nobel; Inghilterra, Svezia, Olanda.
 F= Ameron B.V.Sigma Coating; Olanda.

Tabella 9-Intervallo di concentrazione (ng/L⁻¹) di biocidi misurate nelle acque costiere europee

Nazione	Area	Irgarol	Diuron	Diclofluamid	Clorotalonil	SeaNine
Svezia	Mare	2-364	<1-35	<1	<1	<1-3
	Porto	<1-6	<1-3	<1	<1	<1-1
	Costa	<1-36	<1-72	<1	<1	<1
Danimarca	Mare	4-9	37-174	n/a	n/a	n/a
	Porto	<1-68	<1-628	n/a	n/a	n/a
Olanda	Mare	<1-97	<1-1129	n/a	n/a	n/a
	Costa	<1-39	<1-282	n/a	n/a	n/a
Inghilterra	Mare	<1-621	<1-685	<1-390	<1-30	<1
	Porto	<1-208	<1-110	<1-26	<1-20	<1
	Estuario	<1-47	<1-438	<1-40	<1	<1
	Costa	<1-92	<1-465	<1-7	<1-26	<1
Francia	Canale della Manica	6-23	n/a	<1	8-11	n/a
	Mare atlantico	9-491	n/a	<1	<1	n/a
	Mare mediterraneo	11-244	n/a	<1	<1-227	n/a
	Costa Atlantica	1-11	n/a	<1	<1-2	n/a
	Costa mediterranea	<1-11	n/a	<1	<1-2	n/a
Spagna	Mare	<1-670	<1-2190	<1-760	<1	<1-3700
	Porto	30-323	<1-240	<1	<1	<1
Grecia	Mare	<1-90	n/a	<1-284	<1-63	<1
	Porto	<1-24	n/a	<11-88	<1-35	<1

(n.a.=non analizzato)

Tabella 10 - Intervallo di concentrazione di biocidi ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ peso secco) in campioni di sedimento Europei

Nazione	Area	Irgarol	Diuron	Diclofluamid	Clorotaloni	SeaNine
Danimarca	Mare	23-33.1	3.4-12	n/a	n/a	n/a
	Estuario	1.9-4.5		3.4-5	n/a	n/a
Francia	Canale della Manica	17.9-20.6	n/a	n/a	n/a	n/a
	Costa atlantica	15.1-29.5	n/a	n/a	n/a	n/a
	Costa mediterranea	2.5-5.8	n/a	n/a	n/a	n/a
Spagna	Mare	2-88	15-136	nd-10	n/a	nd-2
Grecia	Mare	10-690	9-195	9-195	8-165	nd

(n.a.=non analizzato; n/d= minore del limite di rivelabilità)

fettuando analisi chimiche e tossicologiche nei sedimenti, nelle acque, sulle alghe e sulle comunità microbiche. Per ciascuna nazione sono state individuate le imprese produttrici di vernici antifouling, i biocidi impiegati e le quantità prodotte.

In Inghilterra sono presenti 5 case produttrici di vernici antivegetative per un totale di 28 tipi di prodotti. In questi prodotti viene quasi sempre impiegato l'ossido rame da solo o associato con 5 tipi di biocidi organici con la seguente scala di frequenza: Irgarol > Diuron > Tiocianato = Piritione > Diclofluanid.

In Olanda si producono circa 45 tipi di antivegetative; anche in Olanda l'ossido di rame viene miscelato con biocidi organici con la seguente scala di frequenza: Irgarol = Diuron > Tiocianato > Zineb > Diclofluanid.

Peraltro, sembra che in Olanda l'ossido di rame verrà bandito dalle vernici antivegetative: infatti l'Olanda ha chiesto all'Unione Europea di bandire l'uso dell'ossido di rame per le imbarcazioni inferiori ai 25 m: il CSTEE (Comitato scientifico per la tossicologia, l'ecotossicologia e l'ambiente) della Commissione Europea per la Salute pubblica e il Rischio Ambientale ha tuttavia espresso parere contrario.

In Spagna le vernici antivegetative sono a base di ossido di rame in unione con biocidi organici: Irgarol, Diuron, Sea-Nine e Diclofluanid. Negli ultimi tempi sembra che il consumo di Irgarol si sia ridotto.

Per quello che riguarda la Grecia, è necessario sottolineare che in questa nazione sono presenti numerose piccole imprese produttrici e per questo motivo l'indagine è risultata più difficile e il dato meno attendibile; tuttavia secondo il rapporto dell'ACE, le vernici antivegetative prodotte in Grecia contengono Irgarol, Diuron, Piritione,

Diclofluanid e, naturalmente ossido di rame.

In Svezia vengono commercializzati 41 tipi di vernici antivegetative: tutte a base di ossido di rame in associazione quasi sempre con Irgarol e in alcuni casi con il Sea-Nine.

In Danimarca sono presenti almeno 4 imprese che producono o commercializzano vernici vegetative. L'uso dell'Irgarol e, successivamente, del Diuron è stato sottoposto a restrizione e quindi la loro diffusione si è ridotta negli ultimi anni.

In Francia i biocidi organici, Diuron, Clorotalonil, Irgarol, Diflurofluanid e Piritione di zinco sono impiegati in associazione con ossido di rame (50% dei casi) o con tiocianato di rame (25% dei casi).

Alcuni dei dati ottenuti nel corso del progetto ACE sono stati riportati nelle tabelle 9 e 10 dalle quali è possibile osservare che in genere l'Irgarol è il biocida più diffuso, seguito da Diuron e dal Diclofluanid ³⁶.

Al progetto ACE hanno collaborato istituti di ricerca inglesi, olandesi, spagnoli, greci, svedesi, danesi e francesi; purtroppo al progetto ACE non ha collaborato alcun laboratorio italiano e non è quindi possibile confrontare i dati italiani con quelli degli altri paesi europei.

In Italia

Al fine di individuare quali fossero i componenti più frequenti nelle vernici antivegetative utilizzate in Italia, è stata effettuata una piccola indagine conoscitiva, sia presso i cantieri (dai quali peraltro si sono avute poche risposte) sia "on line", consultando i siti delle principali aziende produttrici e le riviste specializzate, per sapere quali fossero i prodotti più frequentemente impiegati. Per quello che riguarda i com-

Tabella 11 - Aziende produttrici, nomi commerciali e biocidi utilizzati in alcune vernici antivegetative vendute in Italia

Azienda	Prodotto	Diclofluaniid	Diuron	Irgarol	Zn Piritione
Attiva (Boat)	Giraglia		X		
Cecchi	Nautilus self polishing		X		
	Nautilus self polishing Bianco	X	X		X
Hempel (Dan.)	Mille 71700				X
	Micron optima				X
International Paints (UK)	VC Offshore			X	
	Interspeed Ultra	X			
La Loggia	Antifouling		X		
Stoppani	Noa Noa		X		
Veneziani	Raffaello 3	X			
SKW(D)	Antialga		X		
	Eurosprint		X		

ponenti dei prodotti le informazioni più esaurienti sono state tuttavia ritrovate nei rapporti e nelle tabelle pubblicati dall'ACE ³⁶.

Attraverso i dati riportati dall'Osservatorio per il settore chimico, è stato possibile appurare che in Italia è opportuno distinguere due settori separati: il settore marina (militare e mercantile), che nel 2000 produceva circa 8-9.000 tonnellate l'anno (per l'80-85% destinato alla marina mercantile), con un fatturato annuo di circa 40-45.000.000 euro, e un settore "nautica" da pesca, da diporto e militare (guardiacoste) i cui consumi si aggirano intorno a 1-1,2 milioni di litri, con un fatturato annuo intorno ai 12-15.000.000 euro ³⁷.

I marchi di molte aziende fanno parte di gruppi stranieri: per quello che riguarda il settore marina, dopo la decisione di International Paint di non produrre più in Italia, gli unici produttori significativi a livello nazionale sono la Juton Brignola e la Boat (joint-venture tra Boero e Attiva): quest'ultima è l'unica impresa italiana validamente presente in mezzo alle multinazionali di grandi dimensioni come Juton, Azko-Nobel, Hempel e Sigma.

Per quello che riguarda il settore della nautica, alle grandi aziende si affiancano, con una quota significativa di export, aziende medio-piccole, grazie a una tradizione e a un'immagine marinara "ancora molto viva. Leader del mercato sono Boero (Boat) e Veneziani (SKW), seguono International (gruppo Azko), Stoppani Attiva (Boat) e Juton Brignola.

La Ther-Mar-Marine commercializza inoltre i prodotti ARC della Chesterton (USA): si tratta di resine siliconiche, prive di metalli e biocidi ma alle quali, come si è già detto, sembra che siano miscelati composti "problematici" come il nonifenolo la cui dispersione nell'ambiente dovrebbe secondo la CEE essere ridotta nel corso dei prossimi anni.

Nella tabella 11 sono riassunti i dati relativi alle principali aziende italiane o commercializzate in Italia i loro prodotti più diffusi e quanto è stato possibile reperire sulla loro composizione. Informazioni ottenute (comunicazione personale) sulla composizione della vernice antivegetativa impiegata dalla Marina Militare Italiana indicano l'utilizzo del solo ossido di rame miscelato in emulsione di "idrocarburi" non meglio specificati.

Da quanto riportato nella tabella 11 risulta che le vernici antivegetative commercializzate in Italia hanno caratteristiche simili a quelle diffuse nel resto d'Europa (nella maggior parte dei casi si tratta degli stessi prodotti): in tutte le vernici antivegetative considerate è presente l'ossido di rame in associazione, nella maggior parte dei prodotti, con Diuron o Diclofluanid; in altri prodotti sono presenti l'Irgarol e Piritione di zinco.

Per quello che riguarda l'applicazione del regolamento europeo, in Italia esiste un decreto ministeriale che stabilisce che sia il "RINAspa" l'organo autorizzato ad espletare i compiti di controllo e di ispezione ed a rilasciare i certificati internazionali ai sensi del regolamento CE, nel periodo interinale (ovvero fino al 1° gennaio 2008).

Per quello che riguarda le nuove vernici antivegetative e i biocidi di nuova generazione, le informazioni disponibili sono dunque molto poche. In particolare sembra che in Italia non siano stati fatti studi sufficienti su questo argomento. Tuttavia sarebbe auspicabile conoscere quali siano i prodotti che hanno maggior diffusione in Ita-

Sarebbe altresì di grande interesse tentare di comprendere se le concentrazioni di questi biocidi riscontrati nell'ambiente marino siano attribuibili unicamente al rilascio da parte delle vernici sottomarine. Molti biocidi utilizzati nelle vernici antivegetative, infatti, trovano anche impiego in agricoltura: nella tabella 12 sono riportati i dati relativi alla produzione di alcuni biocidi utilizzati come diserbanti o fungicidi. Com'è possibile osservare, le quantità di biocidi prodotte sono superiori alle 1500 tonnellate annue e le produzioni di vernici antivegetative nel loro insieme non supera le 10.000 tonnellate l'anno. Poiché le vernici antivegetative contengono in genere percentuali di biocidi inferiori al 10% del prodotto, in molti casi nell'ordine dell'1-2% del prodotto (rapporto ACE), è evidente che la stragrande maggioranza di questi biocidi immessi nell'ambiente provenga dall'agricoltura; tuttavia è difficile stimare quanto di essi raggiunga l'ambiente marino aggiungendosi ai biocidi rilasciati nell'acqua dalle vernici antivegetative.

Un'indagine mirata sulla dispersione nell'ambiente marino dei biocidi im-

Tabella 12 - Produzione di alcuni biocidi per fini agricoli in Italia (dati 1997, ISTAT,SIAN;Agrofarma elaborati da ANPA,ARPA e APPA fitofarmaci 2000)³⁸

Biocida	Utilizzo	Tonnellate/anno Prodotte
Clortalonil	Agricoltura(fungicida)	192,0
Diclofluanid	Agricoltura(fungicida)	715,9
Diuron	Agricoltura(diserbante)	16,2
Maneb	Agricoltura(fungicida)	99,2
Thiram	Agricoltura(fungicida)	896,7
Zineb	Agricoltura(fungicida)	136,9
Ziram	Agricoltura(fungicida)	1869,7

lia e in che misura sia già riscontrabile la loro presenza nel sistema marino (concentrazioni in acqua e sedimenti e eventuali livelli di bioaccumulo negli organismi).

piegati come antivegetativi dovrà comprendere la ricerca delle informazioni il più possibile attendibili e recenti sulla produzione, composizione e diffusione delle vernici antivegetative, te-

nendo presenti le diverse realtà locali, che, come noto, in Italia possono presentare quadri ambientali, economici e sociali e molto diversi. Infatti, mentre le coste settentrionali e le aree circostanti le grandi città costiere dell'Italia centro-settentrionale presentano un'elevata possibilità di un inquinamento dovuto sia all'apporto dei fiumi sia all'attività antropica sulle coste (agricola, navale e cantieristica), le coste poco antropizzate dell'Italia centro-meridionale ed insulare presentano probabilmente solo i limitati apporti dovuti al diporto e alla pesca, con le sole eccezioni di alcune grandi realtà portuali.

Conclusioni

Da quanto riportato, risulta evidente come l'Italia, nonostante la sua posizione "strategica" al centro del Mediterraneo e i suoi 18.000 chilometri di coste, si trovi in ritardo rispetto a molti paesi dell'Unione Europea sia per quello che riguarda la normativa, sia per quello che riguarda la conoscenza dell'impatto ambientale delle vernici antivegetative in generale e dei biocidi organici più in particolare.

Al fine di acquisire dati omogenei e recenti sulla diffusione dei biocidi organici nelle acque italiane, i laboratori della Sezione Sviluppo Metodi Chimici di Valutazione Ambientale dell'ENEA di Portici hanno sviluppato ed ottimizzato le metodiche per la determinazione dei biocidi organici più frequentemente impiegati nelle vernici antivegetative (Clorotalonil, Diclorfluanid, Diuron ed Irgarol) ed hanno avviato una prima indagine sui livelli di concentrazione di tali biocidi nel Golfo di Napoli.

È infatti evidente la necessità di avviare in Italia un programma di monitoraggio delle acque costiere e dei se-

dimenti marini che fornisca informazioni sulla diffusione di biocidi contenuti nelle vernici antivegetative e sull'impatto ambientale che tali sostanze possono avere sull'ambiente marino italiano.

Tale programma dovrebbe tenere conto del diverso quadro ambientale presentato dalle coste e dall'entroterra attraverso l'analisi delle condizioni naturali e socio-economiche presenti nella zona studiata.

A fronte di una flotta numericamente non trascurabile e di un elevato movimento marittimo nei nostri porti e lungo le nostre coste, non sono infatti disponibili dati certi sulla produzione e sulla distribuzione delle vernici antivegetative; non è stato inoltre possibile ottenere informazioni sui prodotti più utilizzati e sui biocidi in essi contenuti.

La necessità sia di un accurato monitoraggio sulla diffusione dei biocidi organici che sul pericolo che essi possono rappresentare per l'ambiente marino è quindi quanto mai evidente. Il nostro mare, infatti, pur avendo subito gravi danni negli ultimi 50 anni, presenta ancora, anche in prossimità di grandi città portuali, aree di grande interesse naturalistico i cui delicati ecosistemi necessitano di essere costantemente protetti.

Bibliografia

1. BLUNDEN S.J. AND CHAPMAN A.H.; Environ. Technol. Lett.: 3 267, (1982).
2. DESCHIENS R.; Chem. Abstr. 62 : 16903, (1965).
3. OMAE I.; Appl. Organometal. Chem. 17: 81, (2003).
4. EVANS C.J. AND SMITH P.J.; Oil Color Chem. Assoc. 58 :160, (1975).
5. HORIGUCHI T., TAKIGUCHI N., CHO H.S., KOJIMA M., KAYA M., SHIRAIKHI H., MORITA M., HIROSE H. AND SHIMIZU K.; Mar. Environ. Res. 50 : 223, (2000).

6. Horiguchi T.; Kaiyo To Seibutsu 20 : 283, (1998).
7. VOULVULIS N., SCRIMSHAW M.D. AND LESTER J.N.; Appl. Organometal. Chem. 13 : 135, (1999).
8. GUPTA M., SINTHA S. AND CHANDRA P.; Ecotoxicology 5 : 23, (1996).
9. NOR Y.M.; Environ.Res. 43 : 274, (1987).
10. ASHANULLAH M. AND FLORENCE T.M.; Mar.Biol. 84 : 41, (1984).
11. BONNEMAIN H. AND DIVE D.; Ecotox. Environ.Safety 19 : 320, (1990).
12. PHINNEY J.T. AND BRULAND K.W.; Environ. Toxic. Chem. 16 : 2046, (1997).
13. U.K. Environment Agency; Evaluation of copper and zinc concentration in Suffolk and Essex estuaries. Report Blco32, (1997).
14. STAUBER J.L. AND FLORENCE T.M.; Mar. Pollut. Bull. 94 : 511, (1987).
15. ADVISORY COMITEE On Pesticides Health And Safety Executive - Pesticides Registration Section , London. A Review Of The Use Of Copper Compounds In Anti-fouling Products, (1997).
16. BABO S. AND VASSEUR P.; Aquat. Toxicol. 22: 91, (1992).
17. VAN LEEUWEN C.J., ESPELDOORN A. AND MOLL F.; Aquat. Toxicol. 9 : 129, (1986).
18. VAN LEEUWEN C.J., HELDER T. AND SEINEN W.; Aquat. Toxicol. 9 : 147, (1986).
19. VAN LEEUWEN C.J., MASS-DIEPVEEN J.L. AND OVERBEEK H.C.M.; Aquat. Toxicol. 9 : 13, (1986).
20. CALL D.J., BROOKE L.T., KENT R., J. KNUTH M.L., POIRIER S.H., HUOT J.M. AND LIMA A.R.; Arch. Environ. Contam. Toxicol. 16: 607, (1987).
21. OKAMURA H, WATANABE T., AOYAMA I., HASOBE M.; Chemosphere 46 : 945 (2002).
22. OKAMURA H., AOYAMA I., ONO Y., NISHIDA T.; Mar. Pollut. Bull. 47: 59, (2003).
23. LAMOREE M.H., SWART SO, VAN DER HORST A., VAN HATTUM B.; J. Chromatogr. A 970: 183, (2002).
24. ROGERS, H.R. WATTS C.D. AND JOHNSON I.; Environ. Technol. 17: 553, (1996).
25. OWEN R., KNAP A., TOASPERN M., CARBERY K.; Mar. Pollut. Bull. 44: 623, (2002).
26. LIU D., MAGUIRE J., LAU Y.L., PACEPAVICIUS G.J., OKAMURA H. AND AOYAMA I.; Wat. Res. 31: 2363, (1997).
27. LARSEN D.K., WAGNER I., K GUSTAVSON K., FORBES V.E., LUND T.; Aquat.Toxicol. 62: 35, (2003).
28. KOBAYASHI AND OKAMURA; Mar. Pollut. Bull. 44 : 748, (2002)
29. VOULVULIS N., SCRIMSHAW M.D. AND LESTER J.N.; Mar. Pollut. Bull. 40 : 938, (2000).
30. VOULVULIS N, SCRIMSHAW M.D. AND LESTER J.N.; Mar. Environ. Res. 53 : 1, (2002).
31. SAKKAS VA, KONSTANTINOOU IK, ALBANIS T.A.; J. Chromatogr. A 930 : 135, (2001)
32. ERNEST W., DOE K, JONAH T., YOUNG J., JULIEN G. AND HENNINGAR P.; Arch. Environ. Contam. Toxicol. 21 : 1, (1991).
33. SAKKAS V.A., LAMBROPOULOU D.A., ALBANIS T.A.; Chemosphere 48 : 939, (2002).
34. TURKEY P.A., FENN R.J., FIGURA P.M., RITTER J.C.; Biofouling 15 : 175, (2000).
35. COMBER S.D.W., FRANKLIN G., GARDNER M.J., WATTS C.D., BOXAL A.B.A., Howcroft J.; Sci. Total Environ. 286, 61, (2002).
36. Assessment Of Antifouling Agents In Coastal Environmental (ACE). Final Scientific And Technical Report 27th June 2002.
37. Direzione Generale Per Lo Sviluppo E La Competitività Del Ministero Delle Attività Produttive, Osservatorio Per Il Settore Chimico Quaderni Dell'osservatorio: L'industria Italiana Delle Vernici, Marzo 2000.
38. Gruppo Di Lavoro ANPA-ARPA-APPA Fitofarmaci. Elaborazione Dati Di Vendita Prodotti Fitosanitari. Ottobre 2000.

Il GIS nella pianificazione della risorsa **biomassa**

**ROBERTO AVELLA,
CLAUDIA BASSANO**

ENEA

UTS Fonti Rinnovabili
e Cicli Energetici Innovativi



studi & ricerche

il Geographic Information System è uno strumento molto utile a supporto delle decisioni di politiche energetiche e territoriali. La metodologia è stata applicata alla realtà territoriale della Sardegna per valutare le reali potenzialità di sviluppo di una filiera biomassa-energia

GIS methodology in the analysis of **biomass** resources

Abstract

The objectives of the GIS analysis conducted in this project were to assess the availability and distribution of agricultural and forest biomass resources in Sardinia, and to identify potentially suitable areas for establishing collection points and concentrating biomass energy

Per valutare le potenzialità di sviluppo della filiera biomassa-energia ci si è serviti dello strumento GIS (Geographic Information System), utile alla pianificazione territoriale delle risorse energetiche distribuite sul territorio.

Tale valutazione s'inserisce nella situazione di sempre maggiore rilevanza che in ambito comunitario e nazionale stanno acquistando le energie rinnovabili.

Il presente lavoro ha tratto spunto da progetti di utilizzo dello strumento GIS a supporto delle decisioni di politiche energetiche e territoriali: il progetto BIOSIT¹ che ha avuto come scopo lo sviluppo di una strategia efficiente e sostenibile per lo sfruttamento della risorsa biomassa a fini energetici, applicato alla Toscana; ed uno studio² condotto sull'isola di Creta da parte dell'Università di Atene, che ha avuto come scopo lo sviluppo di una metodologia di valutazione della distribuzione geografica del potenziale economicamente sfruttabile della risorsa biomassa. (esempi esistenti)

Lo sviluppo di attività legate alla filiera biomassa-energia introduce nel contesto ambientale in cui si inserisce, delle ricadute economiche e sociali, dirette ed indirette, ed effetti positivi ambientali quali manutenzione del territorio e del patrimonio forestale, minore rischio di incendi e altro³.

Tuttavia nel progettare la filiera si deve tener presente delle problematiche legate all'utilizzo energetico della biomassa, ossia alla stagionalità e alla distribuzione territoriale non omogenea della risorsa, problematiche che potrebbero rendere elevati, se non ottimizzati, i costi di raccolta e trasporto.

Per rendere competitivo il costo finale dell'energia prodotta mediante la biomassa rispetto ad un combustibile tradizionale, quindi, è necessaria una corretta pianificazione territoriale di ogni segmento della filiera biomassa-energia; pianificazione che si può realizzare servendosi dello strumento GIS, ossia sfruttando le sue capacità di analizzare, manipolare e visualizzare dati di tipo geografico.

Inoltre è necessario precisare che, data la complessità progettuale della filiera e viste le molteplicità dei settori coinvolti, prima di affrontare i problemi tecnici risulterebbe più consono eseguire un'accurata verifica degli aspetti più generali relativi al contesto ambientale, produttivo nel quale si deve andare a calare un'eventuale realizzazione impiantistica⁴.

Il lavoro svolto è stato applicato alla realtà territoriale della Sardegna inserendosi nel contesto di valorizzazione della risorsa biomassa che il Piano Energetico Regionale⁵ ha pianificato e programmato, e nel contesto di riassetto idrogeologico del territorio posto tra gli obiettivi del POR 2000-2006 (Piano Operativo Regionale).

La metodologia GIS per l'analisi e lo sfruttamento della risorsa biomassa

L'analisi GIS sviluppata nel presente lavoro si è proposta come obiettivo la valutazione della disponibilità e della distribuzione delle risorse di biomassa agricola e forestale nella regione Sardegna; con il successivo obiettivo d'individuare le aree potenzialmente adatte ad inserire punti di raccolta e possibili addensamenti energetici della risorsa biomassa.

Si sono in seguito individuati una serie di bacini intorno a tali punti di raccolta per valutare e dimensionare la quantità raccolta, e la produttività energetica di ciascun bacino. La base dati utilizzata, ossia le mappe georeferenziate utilizzate sono state fornite dal Servizio della Pianificazione Territoriale e della Cartografia della Regione Sardegna. La metodologia seguita si è realizzata in una serie di step successivi che hanno portato all'individuazione delle zone ottimali per introdurre i punti di raccolta e trasformazione della biomassa, e successivamente all'individuazione dei bacini di raccolta centrati su tali aree. Gli step seguiti si possono così elencare: 1. individuazione sulla carta dell'uso del suolo delle risorse di biomassa;

2. individuazione delle aree potenzialmente sfruttabili mediante le eliminazione di aree situate in zone non idonee; realizzazione della carta delle produttività;

3. individuazione tra le aree potenzialmente sfruttabili delle zone in cui realizzare i punti di raccolta della biomassa (valutazione dell'accessibilità delle risorse e utilizzo di criteri attrattivi di selezione).

4. realizzazione e dimensionamento energetico dei bacini di raccolta, centrati sulle aree precedentemente definite.

Per individuare le risorse agro-forestali della Sardegna si è utilizzata la carta Uso del Suolo, che rappresenta gli ettari di suolo ed il loro utilizzo; dalla quale si sono selezionate le sole tipologie di utilizzo del suolo da cui ottenere la biomassa, ossia i territori ad uso agricolo ed i territori boscati.

In figura 1 è rappresentata un particolare della carta Uso del Suolo della Sardegna, ciascun'area rappresenta una tipologia di utilizzo del suolo con associata la corrispondente estensione in ettari.

Per individuare le aree potenzialmente utili per produrre biomassa sono state eliminate dalle aree selezionate, tutte le aree della carta Uso del Suolo situate all'interno di zone protette, applicando dei vincoli naturalistici e paesaggistici (figura 2). A ciascuna delle tipologie di utilizzo del suolo si è associata una potenziale produttività di biomassa espressa in tonnellate anno di biomassa estraibile, ottenuta moltiplicando l'estensione in ettari per la produttività di biomassa per ettaro anno ($t/ha/anno$)^{6,7}.

Le associazioni tra le varie voci della carta Uso del Suolo e le quantità totali di biomassa annualmente estraibili sono riportate nelle tabelle 1 e 2 per le due tipologie di fonti di biomassa considerate: residui agricoli e residui forestali; con $t/ha/anno$ si intendono le tonnellate per ettaro per anno di sostanza secca.

I valori assunti sono stati scelti cautelativamente bassi così che ogni previsione progettuale basata sulla produttività di biomassa risulterà sicuramente più ottimistica. Con l'obiettivo di considerare la non ac-

cessibilità delle aree in cui sono presenti terreni troppo pendenti, si è modificata la quantità di biomassa estraibile annualmente associata a quell'area, diminuendola di un fattore che tiene conto dell'estensione della zona pendente.

Per le voci relative all'arboricoltura con es-

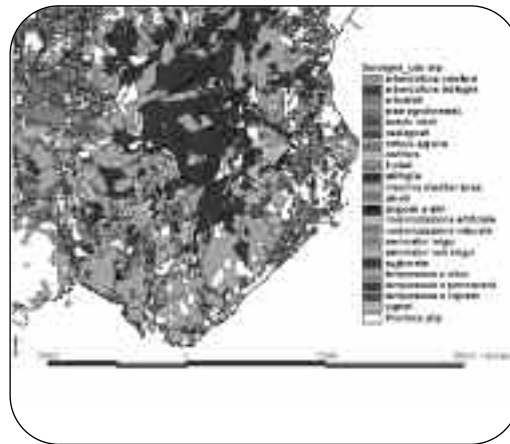


Figura 1
Rappresentazione di parte della provincia di Cagliari nella carta Uso del Suolo

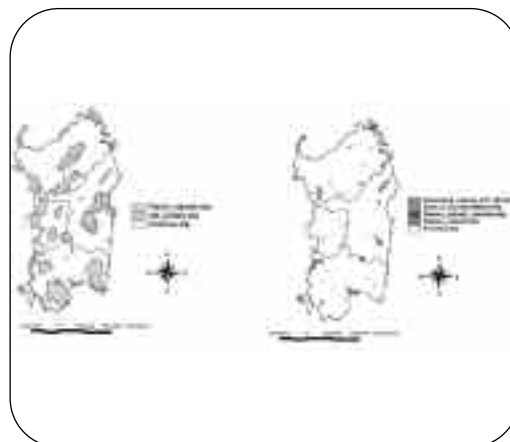


Figura 2
Aree naturali protette e aree SIC (Siti di interesse Comunitario) in Sardegna e Aree da destinare a Parchi, Riserve e Monumenti Naturali (secondo legge regionale 31/89)

senze forestali di conifere e con essenze forestali di latifoglie (pioppeti, saliceti, eucalipteti ecc. anche in formazioni miste, sugherete e altra arboricoltura) si è associata una produttività nulla in quanto già presenti nel mercato locale del legno; la loro presenza sul territorio è stata invece utilizzata di seguito come indice della presenza di imprese coinvolte nella filiera del legno. Nella valutazione della biomassa estraibile in Sardegna si sono, inoltre, considerati i terreni abbandonati, ossia le aree a ricolonizzazione naturale ed artificiale, in cui eventualmente inserire culture energetiche dedicate come ad esempio le Short

Tabella 1 - Biomassa disponibile da residui agricoli, Associazioni della produttività di biomassa alle voci della carta uso del suolo nella classe territori agricoli

Voci carta Uso del suolo	Biomassa disponibile (t/ha/anno di s. s.)	Ettari (ha)	Biomassa annuale (t/anno)
Seminativi non irrigui	0,45	287189	129235
Seminativi	0,90	352592	317332
Oliveti	0,85	43817	37244
Frutteti	1,38	10268	14118
Vigneti	1,05	15958	16676
Colture temporanee associate all'olivo	0,88	9609,00	8407
Colture temporanee associate al vigneto	0,97	163,60	159
Colture temporanee associate ad altre colture permanenti	0,92	53177	49122
Totale biomassa da residui agricoli		572293	
Ricolonizzazione artificiale	8	48358	386871
Ricolonizzazione naturale	8	22028	176231
Totale biomassa da terreni abbandonati			563102

Tabella 2 - Biomassa disponibile da residui agricoli, Associazioni della produttività di biomassa alle voci della carta uso del suolo nella classe zone boscate

Voci carta Uso del suolo	Biomassa disponibile (t/ha/anno)	Ettari (ha)	Biomassa annuale (t/anno)
Boschi di latifoglie	533117	355411,5	533117
Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	0	11391	0
Sugherete	0	84763	0
Castagneti da frutto	867	578	867
Altra arboricoltura con essenze forestali di latifoglie	0	71	0
Boschi di conifere	24891	20743	24891
Arboricoltura con essenze forestali di conifere	0	502	0
Boschi misti di conifere e latifoglie	11183	8283,77	11183
Totale biomassa forestale	570058		

Rotation Forestry, così da rivalutare tali terreni ed evitarne l'abbandono ed il conseguente dissesto idrogeologico, con il più frequente rischio di frane ed incendi.

Il calcolo delle aree dove inserire culture dedicate è stato eseguito selezionando sulla carta delle produttività di biomassa le aree a ricolonizzazione naturale ed artificiale ed individuando tra queste quelle che venivano intersecate da un corpo idrico, come illustrato in figura 3; tale selezione si è effettuata in relazione alle esigenze idriche delle culture dedicate; successivamente si è proceduto ad un ulteriore scrematura individuando i soli terreni con un'estensione maggiore di almeno tre ettari così da avere una minima dimensione aziendale, ed eliminando i terreni troppo pendenti.

I valori ottenuti sono riportati in tabella 1, naturalmente la scelta di una bassa resa in

biomassa (8 t/ha/anno) ha le stesse motivazioni sopra citate.

Associata la produttività annuale (t/anno) di biomassa alle aree rappresentate sulla carta dell'Uso del Suolo, si è ottenuta la carta delle produttività potenziali di biomassa (figura 3), sulla quale si sono inserite ulteriori informazioni quali il potere calorifico, assunto di 4,17 MWh/t (15 GJ/t), e la densità energetica (MWh/ha/anno e GJ/km²/anno); tale carta rappresenta le aree potenzialmente sfruttabili per ottenere biomassa.

Le informazioni associate a ciascuna area sono illustrate nella figura 4, dove il riquadro "Identify Results" riporta i valori dei campi relativi all'area selezionata in giallo. Nella valutazione della biomassa estraibile nella regione non si è inserita la quantità che si ottiene dagli scarti dell'industria della lavorazione del legno.

Per individuare tra tutte le aree potenzialmente sfruttabili quelle più idonee all'inserimento di un punto di raccolta, stoccaggio temporaneo e trasformazione energetica, si sono seguiti una serie di criteri attrattivi e repulsivi, applicati alle aree individuate sulla carta delle produttività.

Tali criteri stabiliscono una serie di vincoli da tenere in considerazione nell'effettuare la scelta della localizzazione ottimale. In particolare si è valutata l'accessibilità della risorsa, la vicinanza di una strada e l'assenza di terreno pendente, la lontananza dai centri urbani, la presenza nelle vicinanze di un'azienda che pratica arboricoltura e l'inserimento dell'area in zone con rischio di erosione medio-alta⁸; si può notare come, con quest'ultimo vincolo, si è fissato l'obiettivo di proporre un'attività commerciale che possa anche riqualificare il territorio ed il suo dissesto idrogeologico.

La selezione delle aree idonee, quindi, è avvenuta seguendo i sei i riportati in figura 5. Un esempio delle aree selezionate rispettando i vincoli, precedentemente elencati, è riportato in figura 6, nella quale le aree idonee, selezionate in giallo, sono distanti almeno 2 chilometri dai centri urbani (aree rosse), si trovano su una strada (linee blu), si trovano in Comuni a rischio di erosione, sono distanti meno di 20 chilometri dall'area in cui si pratica arboricoltura da latifoglie e conifere (aree blu).

I sei step hanno condotto all'individuazione di una serie di aree che risultano situate per lo più in provincia di Nuoro e collocate limitrofe o vicine tra loro; centrati su tali aree si sono individuati i bacini di approvvigionamento della biomassa (figura 7); inoltre, con lo scopo di estendere lo studio all'intera regione, alcuni bacini sono stati realizzati partendo da aree che non rispettavano pienamente i sei criteri precedentemente elencati ma solo il primo.

I bacini individuati sono stati assunti con un'estensione di 20 km di raggio e dimensionati energeticamente, attribuendo a ciascun bacino la quantità totale di biomassa in esso contenuta, con le restri-

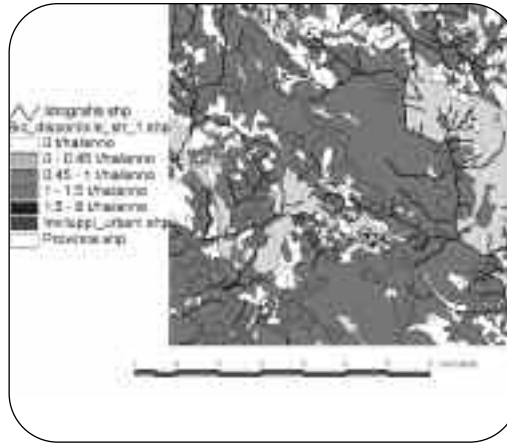


Figura 4
Carta delle produttività delle risorse di biomassa (t/ha/anno) nel territorio intorno a Nuoro

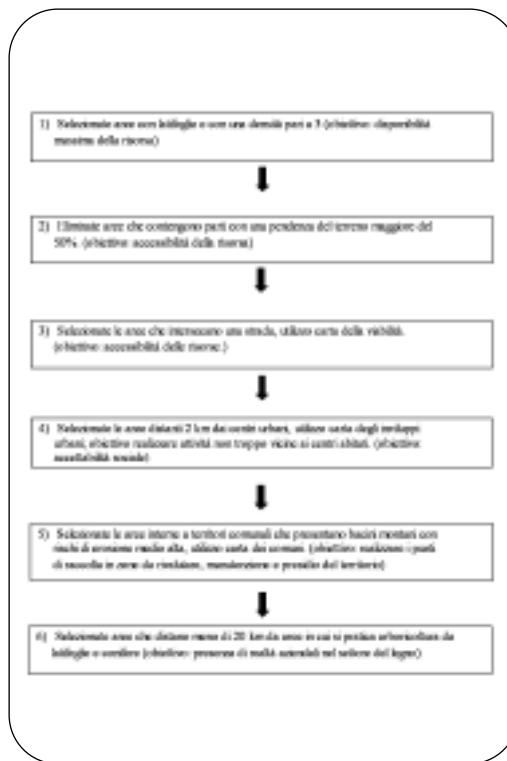


Figura 5
Step seguiti per selezionare le aree idonee

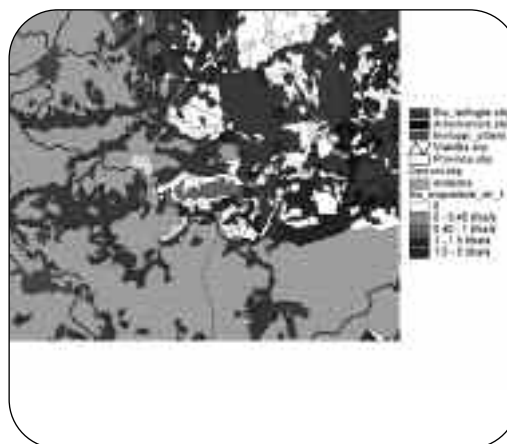
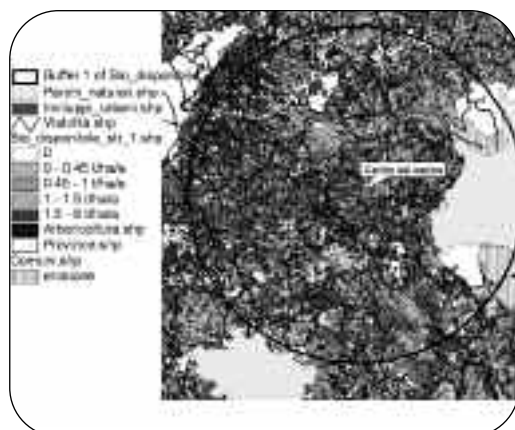


Figura 6
Aree idonee per i punti di raccolta temporanea della biomassa

Figura 7
Bacino numero uno



zioni provenienti dalle selezioni effettuate per costruire la carta delle produttività; ossia si è considerata la sola biomassa accessibile e potenzialmente sfruttabile. Si è inoltre ipotizzato di installare un impianto di produzione di energia elettrica, ubicato nel centro di ciascun bacino ed alimentato dalla quantità di biomassa contenuta nel bacino; conseguentemente si è calcolato per ciascun bacino la potenza di tale impianto considerando un rendimento elettrico dello 0,25 ed un funzio-

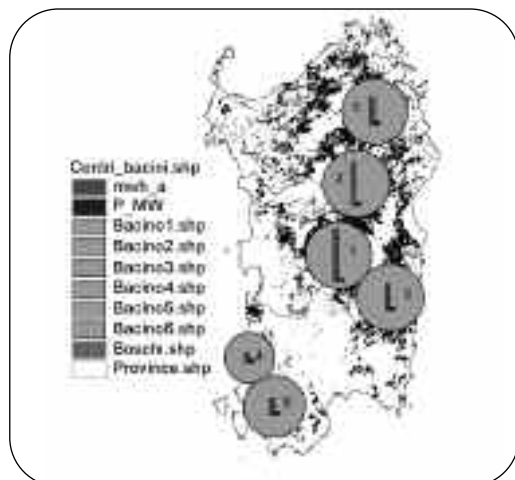
Tabella 3 Caratteristiche delle aree centro del bacino o punti di raccolta della biomassa

Bacino	Comune	Provincia	Comunità montana di appartenenza del centro del bacino	Estensione boschiva bacino (km ²)
1	Atzara	Nuoro	Comunità Montana Barbagia Mandrolisai	942
2	Nuoro	Nuoro	Comunità Montana del Nuorese	1021
3	Ulassai	Nuoro	Comunità Montana Ogliastra	887
4	Fluminimaggiore	Cagliari	Comunità Montana Sulcis Iglesiente	235
5	Monti	Sassari	Comunità Montana Riviera di Gallura	877
6	Villaperuccio	Cagliari	Comunità Montana del basso Sulcis	523

Tabella 4 Caratteristiche dei bacini

Bacino	Estensione boschiva bacino (km ²)	Raggio (km)	Quantità totale di biomassa contenuta (t/anno)	PCI (MWh/t)	Quantità totale di energia termica (MWh/anno)	Potenza installata	CO ₂ evitata (Mt)
1	942	20	118793	4,17	495366	20,64	0,0718
2	1021	20	79792	4,17	332734	13,86	0,0482
3	887	20	104675	4,17	436494	18,19	0,0633
4	235	15	13341	4,17	55630	2,32	0,0081
5	877	20	122765	4,17	511931	21,33	0,0742
6	523	18	48976	4,17	204231	8,51	0,0296
Totale potenza installabile (MW)						84,85	0,2952

Figura 8
Scenario 20 km. Distribuzione dei sei bacini con i MWh/anno e la potenza installata (MW)



namento annuo di 6000 ore. Non considerando il bacino 4, si sono ottenuti impianti, come illustrato nelle tabelle 3 e 4, con una potenza installata che va da circa 8 MW ai 21 MW, con una potenza complessiva installabile di circa 85 MW che equivalgono a circa 509 GWh elettrici annuali e ad una quantità totale di CO₂ evitata pari a 0,3 Mt (1 kWh elettrico = 0,58 kg di CO₂; fonte: dati ENEL 1999). Nell'analisi della CO₂ evitata bisogna considerare che in realtà non si è considerata la quantità di CO₂ emessa dai mezzi

trasporto durante il viaggio dei residui dal punto di raccolta al punto di stoccaggio. L'individuazione della Comunità Montana alla quale appartiene il punto di raccolta o stoccaggio risulta un'informazione utile al fine di individuare i diversi attori che gestiranno la filiera della biomassa, considerando che risulta di loro competenza la gestione e la manutenzione del territorio.

Metodologia seguita per l'analisi delle risorse di biomassa utilizzando la rete ferroviaria per il trasporto della biomassa

Nella seconda parte del lavoro si è ipotizzata la possibilità di costruire un modello intermodale per il trasporto della biomassa: approvvigionamento mediante la rete stradale al punto di raccolta, individuato in una stazione sufficientemente distante dai centri abitati, trasformazione in olio pirolitico e trasporto su rete ferroviaria del prodotto ottenuto fino al punto di utilizzo finale.

L'attenzione è stata focalizzata sulle linee delle ferrovie che attualmente vengono utilizzate come linee turistiche.

La base dati utilizzata, ossia le mappe georeferenziate e la mappa della produttività della biomassa, è la medesima dell'analisi effettuata nel caso di trasporto su rete stradale. L'obiettivo è quello di realizzare intorno ai centri di raccolta temporanea dei bacini di approvvigionamento; tali bacini dovranno fornire mediante trasporto su strada la biomassa necessaria alla trasformazione; successivamente la biomassa verrà stoccata e addensata energeticamente per essere in seguito caricata su ferrovia e trasportata al punto di utilizzo finale.

Per realizzare l'addensamento energetico si potrebbe ipotizzare un pirolizzatore ubicato nelle stazioni ferroviarie, che risultano idonee a realizzare i punti di raccolta, o eventualmente ipotizzare un pirolizzatore che

venga trasportato su ferrovia ed in ciascuna stazione realizzare la trasformazione.

Si è analizzata la linea turistica "Isili-Sorgono", poiché costituita da tratte passanti nelle zone più densamente popolate di biomassa forestale (provincia di Nuoro) e la linea "Mandas-Arbatax"; su tali linee si sono individuati quattro bacini centrati sulle stazioni di Desulo, Sarcidano, Esterzili e Villagrande (figura 9).

La biomassa totale disponibile si è ottenuta sommando la biomassa contenuta all'interno di ciascun bacino, la quantità di prodotto pirolitico ottenibile dalla biomassa totale si è calcolata considerando di applicare una flash-pirolisi con una resa dell'80% del reagente in olio pirolitico.

Si è inoltre calcolata l'energia disponibile considerando un potere calorifico inferiore per l'olio pirolitico di 5,56 MWh/t (20 GJ/t). Le aree comuni a più bacini sono state assegnate al bacino dal cui centro erano meno distanti.

I valori ottenuti sono riportati nella tabella 5, da cui si evince la possibilità di ottenere un vettore energetico, l'olio pirolitico, in grado di alimentare un impianto al minimo di circa 31 MW.

L'energia disponibile riportata nell'ultima colonna della tabella, dopo il trasporto su ferrovia, si potrà utilizzare in qualsiasi impianto convenzionale di produzione dell'energia elettrica, così da compensare

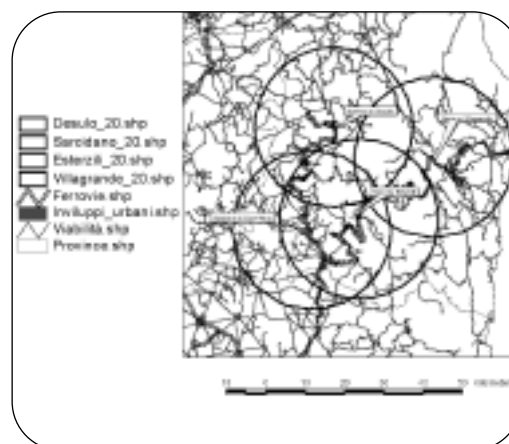


Figura 9
Linee turistiche "Isili-Sorgono", e "Mandas - Arbatax" con i quattro bacini di approvvigionamento

Tabella 5 Quantità di biomassa disponibile e di bioolio

Tipologia	Biomassa disponibile (t/anno s.s.)	Quantità (t/anno)	Energia termica disponibile (MWh/anno)	Potenza di un ipotetico impianto (MW)
2 bacini linea Isili Sorgono	168.224	134.579	748.262	31
4 bacini linea Isili-Sorgono e Mandas-Arbatax	261.831	209.565	1.164.628	48

le emissioni di CO₂ dell'impianto stesso e di conseguenza compensare l'acquisto di Certificati Verdi.

Conclusioni, applicazioni e sviluppi possibili

Il presente studio è stato finalizzato allo sviluppo di una metodologia che si avvalga dello strumento GIS per valutare le reali potenzialità di sviluppo di una filiera biomassa-energia, strumento utile alla pianificazione territoriale delle risorse energetiche distribuite sul territorio.

La metodologia è stata applicata alla realtà territoriale della Sardegna, tuttavia potrebbe essere applicata a qualsiasi altra realtà territoriale di cui si vuole valutare le potenzialità di sviluppo della filiera biomassa-energia (applicazioni).

L'obiettivo del lavoro svolto è stato quello d'individuare le aree potenzialmente adatte ad inserire punti di raccolta, stoccaggio e conversione energetica della risorsa biomassa, e quindi di dimensionare e valutare le potenzialità energetiche del territorio analizzato.

Tali aree sono state selezionate mediante un'analisi GIS e utilizzando dei criteri di attrattività e di repulsione; le superfici in cui localizzare un centro di raccolta sono state quindi scelte considerando la disponibilità e l'accessibilità della risorsa (vicinanza strade assenza di superfici pendenti), la distanza dai centri urbani e la presenza di realtà produttive similari nelle vicinanze.

Si sono in seguito individuati una serie di bacini di approvvigionamento intorno a tali punti di raccolta con un'estensione di 20 km.

Le aree con maggiore disponibilità di biomassa sono risultate quelle situate nella provincia di Nuoro nelle zone centro-orientali, dove le superfici boscate sono più densamente concentrate.

Da tale analisi si è stimata la quantità totale di biomassa per ciascun bacino, e la possibilità di installare impianti di generazione di energia elettrica con potenze che vanno da 8 MW a 21 MW per che equivalgono rispettivamente ad una quantità totale di CO₂ evitata di 0,3 Mt.

Lo studio ha anche considerato la possibilità del trasporto della biomassa su rete viaria fino al punto di raccolta temporaneo, localizzato nelle vicinanze di una stazione ferroviaria: in tale area si potrebbe addensare la biomassa mediante il processo della pirolisi e successivamente trasportare il prodotto pirolizzato, per via ferroviaria, fino al punto di utilizzo finale; nello scenario ipotizzato si otterrebbe una quantità di energia termica annuale di 1.164.628 MWh, condensata in olio pirolitico, facilmente trasportabile lungo la linea ferroviaria utilizzabile. Tale soluzione permetterebbe di utilizzare eventualmente linee ferroviarie non più attive, o attive solo a scopi turistici, ed inoltre abbatterebbe la produzione di CO₂ associata al trasporto su strada per lunghe distanze.

Nelle elaborazioni svolte non si sono considerati i terreni abbandonati in cui eventualmente inserire colture energetiche dedicate con conseguenti ricadute positive sull'ambiente (riassunto del territorio, minor rischio di erosione e incendi). In conclusione l'utilizzo dello strumento GIS permette un reale dimensionamento della realtà energetica della risorsa biomassa collegandola al contesto ambienta-

le da cui viene prodotta. Molti sono inoltre gli eventuali sviluppi, quali l'inserimento della domanda energetica locale allo scopo di collegarla alla disponibilità di biomassa locale o l'inserimento della realtà territoriale industriale per valutare le ricadute occupazionali.

Un ulteriore sviluppo della metodologia, si potrebbe realizzare introducendo i costi di trasporto e sfruttando le potenzialità del GIS di calcolare il percorso ottimizzato, costruendo successivamente la mappa della potenzialità economica della biomassa per individuare la localizzazione della risorsa che risulta più conveniente raccogliere e trasportare al punto di utilizzo; tutto ciò risulterebbe di utile supporto all'analisi economica della filiera. La metodologia proposta potrebbe essere utilizzata dagli enti pubblici locali, quali Regioni, Province e Comuni a supporto della programmazione delle politiche energetiche ad esempio nel predisporre il Piano Energetico Regionale, e come supporto di decisioni di politiche territoriali per predisporre progetti di sviluppo sostenibile ed integrato con il territorio. Risulta inoltre evidente che le capacità analitiche di tale strumento sono molteplici e la metodologia proposta può essere facilmente adattata ad altre realtà regionali, provinciali o su scala minore; inoltre risulta possibile variare i parametri, applicati come vincoli, in modo da poter paragonare diversi scenari probabilistici; la scelta del presente lavoro si è comunque orientata verso le condizioni più sfavorevoli in modo che qualsiasi altra valutazione sarebbe in ogni modo risultata più ottimistica.

Bibliografia

1. "Una metodologia GIS per uno sfruttamento efficiente e sostenibile della 'risorsa biomassa' a fini energetici"; progetto BIOSIT (LIFE00 ENV/IT/000054); DE - Dipartimento di Energetica "S. Stecco" Università di Firenze DEART - Dipartimento Economico Agrario Risorse Territoriali Università di Firenze. Editto da ETA-Florence 2003.
2. "Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method", D. VOIVONTAS, D. ASSIMACOPOULOS, E.G. KOUKIOS; Biomass & Bioenergy, Elsevier Science Ltd., 2001, pp. 101-112.
3. "Sistemi di Valorizzazione delle biomasse forestali sulla montagna toscana", F. PASSALACQUA, G. TONDI- ETA- VII Conferenza Regionale Ambiente, Firenze, 12-13 dicembre 2002.
4. "L'approvvigionamento delle biomasse agli impianti di conversione", M. LAZZARI-AIIA; atti della conferenza "Il ruolo delle biomasse nell'economia energetica italiana", 27 febbraio 2003, Milano.
5. Regione Sardegna: "Piano Energetico Regionale" 2002, capitolo IX, Potenziale energetico da biomassa. 5 "Analisi delle potenzialità di sviluppo di una filiera biomassa-energia nel contesto toscano", I. BERNETTI, C. FAGARAZZI, R. FRATINI; L'Italia Forestale e Montana, p. 354-388, n. 5, 2003. www.Aisf.It/Ifm/Ifm_5_2003/Bernetti.Pdf.
6. "Piano locale per lo sviluppo e la promozione e l'uso energetico delle fonti rinnovabili"; V. GERARDI, E. SCODITTI; programma Altener (4.1030/Z/95-131), ENEA, Regione Liguria.
7. "Elenco dei comuni con bacini montani a rischio di erosione alta e media", Assessorato della difesa dell'ambiente-Servizio Tutela del Suolo e Politica Forestale. www.regione.sardegna.it/ambiente/tutelasuolo/tutelasuolo.htm.

Dialogo sulla cibernetica

La materia, la mente, il dubbio

GIOVANNA LA ROSA*,
NICOLA PACILIO**,
ANDREA QUINTILIANI*,
SANDRO TAGLIENTI*

ENEA

* Servizio Centralizzato
Informatica e Reti

** Servizio Calcolo e
Modellistica

Dopo una breve introduzione, l'articolo assume la struttura di un dialogo. Invece di scegliere personaggi celebrati della storia delle idee, gli autori hanno preferito dare corpo ai principali concetti riguardanti la filosofia della scienza. Dato che materialismo e idealismo hanno da sempre dominato la scena del pensiero umano, il dibattito si sviluppa tra caratterizzazioni antropomorfe della materia (MA) e della mente (ME). Il moderatore ideale non può che essere il dubbio (DU), che rimette in discussione ipotesi, teorie e certezze di cui si nutre il sapere filosofico e scientifico

Dialogue on cybernetics

Mind, matter and doubt

After a short introduction, the article takes on the structure of a dialogue. Instead of invoking famous names from the history of ideas, the authors chose to incarnate the principal concepts in the philosophy of science. Since materialism and idealism have always taken centre stage in human thought, the debate proceeds through anthropomorphic personifications of Mind and Matter. The ideal moderator can be no other than Doubt, which questions the hypotheses, theories and certainties that nurture philosophic and scientific knowledge

scienza, tecnica,
storia & società

1. Fiat robot?

Il primo scrittore a dilettersi con l'idea dei robot è stato Omero. Nel XVIII libro dell'Iliade, nell'atmosfera irrealista di un sogno, si descrive il lavoro di Efesto, assistito da abili ragazze, da lui forgiate in oro, un metallo dotato di poteri speciali. *Seguian l'orrido rege, e a diritta e a manca il passo ne reggean forme e figure di vaghe ancelle, tutte d'oro e a vive giovinette simili, entro il cui seno aveva messo il gran fabbro e voce e vita e vigor d'intelletto e delle care arti insegnate dai celesti il senno. Queste al fianco del dio spedite e snelle camminavano ...*

Partecipò dello stesso sogno di Omero, abbiamo preso le mosse dai fondamenti della cibernetica alla ricerca di una chiara risposta al quesito: può una macchina esprimere una volontà propria, vivere esperienze coscienti?

La frontiera della cibernetica che si vuole esplorare a fondo è la bionica, disciplina che studia l'inserimento e l'integrazione in macchine e sistemi automatici di dispositivi che replicano funzioni e modalità operative tipiche di organismi biologici. Fino a che punto è possibile spingere la flessibilità d'azione di un automa bionico? qual è il confine invalicabile per un robot in termini di autonomia, di potere decisionale, di capacità di porsi obiettivi e di pianificarne il conseguimento? In sintesi, può esistere una forma, sia pur elementare, di coscienza in un oggetto meccatronico? Sono questi i nostri dilemmi che, come vedremo, pongono altri dilemmi, non meno impegnativi e impongono l'apprendimento e l'analisi critica di altre teorie. Solo a titolo di esempio, la risposta al quesito sulla coscienza del robot è un secco no! se si hanno a disposizione i soli argomenti della logica formale di Leibniz e



Il poster della Conferenza "Quantum Mind" (University of Arizona, 15-19 marzo 2003)

Frege per spiegare il fenomeno della coscienza, o se si intende avvalersi soltanto degli strumenti dell'elaborazione simbolica di Turing e Von Neumann e dell'intelligenza artificiale classica al fine di emularne le funzioni. E' ancora no! se sono valide le argomentazioni dei dualisti, da Pitagora a Platone, da Cartesio fino a Popper, perché la coscienza, secondo costoro, attiene ad una dimensione immateriale, inattuabile da parte di un dispositivo fisico, sia esso un circuito elettronico o anche il cervello di un essere umano.

Esistono altre scuole di pensiero secondo le quali, viceversa, non è preclusa la possibilità di raggiungere il nostro obiettivo. Una di queste, ad esempio, è costituita dai bio-fisiologi, Edelman, Damasio, Dawkins e, a sua volta, ci sospinge all'indietro nel tempo, fino ai presocratici ed al loro materialismo. Secondo costoro le funzioni mentali sono espressione diretta del sistema cervello-corpo-ambiente. L'articolo dipinge uno scenario, sicuramente parziale e inadeguato, in cui si collocano pensatori, teorie e modelli utili ad una completa indagine.

2. I cavalli di Ryle, il Dubbio e gli altri personaggi

DU *Si dice che alcuni contadini fossero terrorizzati alla vista della prima locomotiva a vapore. Il loro Pastore tenne loro un discorso per spiegare il funzionamento di quella macchina. Allora un contadino disse: "Va bene, Pastore, noi comprendiamo quanto ci dite della macchina a vapore; ma dentro c'è un cavallo, non è vero?". Erano così abituati a pensare a carri trainati da cavalli che non potevano concepire l'esistenza di veicoli in grado di muoversi con mezzi propri.*

La storia continua. I contadini esaminarono la macchina e ficcarono il naso in ogni suo angolo più riposto; poi dissero: "Certo, non possiamo vedere né sentire né toccare il cavallo che è qui dentro; siamo stati giocati. Ma sappiamo che un cavallo c'è; sarà, allora, lo spirito di un cavallo che, come nei racconti delle fate, si nasconde agli occhi umani".

Il Pastore obiettò: "Ma, dopo tutto, anche i cavalli sono fatti di parti che si muovono come una macchina a vapore. Voi sapete che cosa fanno i loro muscoli, le loro giunture e i loro vasi sanguigni. E perché dovrebbe esserci un mistero nell'autopropulsione della macchina a vapore, quando non c'è nessun

mistero in quella di un cavallo? Che cosa pensate che faccia andare avanti e indietro gli zoccoli del cavallo?".

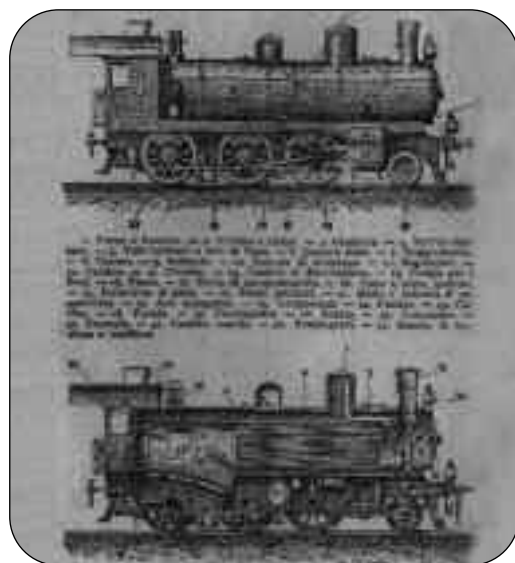
Dopo una pausa un contadino rispose: "Ciò che fa andare gli zoccoli del cavallo sono quattro piccoli spiriti di cavalli nascosti dentro di essi."

Gilbert Ryle (1900 – 1976), professore di filosofia metafisica a Oxford, fu strenuo sostenitore dell'assurdità del dualismo cartesiano corpo-mente. Con questo istruttivo aneddoto, tratto dal suo libro *The Concept of Mind* (1949), racconta come nacque l'espressione "the ghost in the machine". Gli studi che da alcuni anni stiamo effettuando nel campo della cibernetica e delle numerose discipline connesse, ci hanno portato in più occasioni a rilevare tracce di cavalli. Non ritenete anche voi opportuno, o addirittura necessario, per procedere nelle nostre indagini, arrivare a vederli e toccarli o a dimostrare inconfutabilmente la loro non esistenza?

MA Norbert Wiener, da tutti ritenuto ufficialmente il padre della cibernetica, ha posto quesiti rilevanti, a cui ancora oggi molti provano a fornire risposta ricorrendo ai cavalli dell'aneddoto di Ryle.

Diceva Wiener: *Il problema della funzione della scienza nella società presenta moltissime analogie con quello della funzione dell'esperienza sensibile e della riflessione nella vita dell'individuo. Si tratta fondamentalmente di una funzione di omeostasi, cioè una funzione che consiste nel mantenere un certo equilibrio dinamico tra l'individuo e il mondo circostante. Il problema è molto simile a quello di mantenere una macchina in rapporto stabile con l'ambiente, mediante un sistema più o meno complesso di processi di feedback. Dopo i lavori di fisiologi come Claude Bernard e Walter Cannon è ormai evidente che l'equilibrio fisiologico del nostro corpo viene mantenuto da processi di retroazione. Naturalmente il mantenere in attività l'organismo vivente – di fronte ad un ambiente mutevole e non comple-*

I cavalli di Ryle –
(In quali dei punti
indicati si nascondono i cavalli?)



tamente noto – costituisce già uno scopo importante dei processi di retroazione. Ma ciò non esaurisce il problema. E' evidente infatti che questo scopo finisce per essere frustrato con la morte dell'individuo. L'organismo è come la farfalla di 'Alice attraverso lo specchio' di Lewis Carrol. "Di che cosa vive?" chiede Alice. "Di tè leggero con la crema." "Ma... può accadere molto spesso che non ne trovi! "Succede sempre... e la conseguenza è la morte della povera farfalla".

ME Durante lo svolgimento dei nostri studi nel campo della cibernetica abbiamo spinto l'attenzione anche verso altre discipline: la fisica, la biologia, la psicologia, le neuroscienze. La ricerca di cavalli, in spirito o in carne ed ossa, è quanto mai impegnativa e costringerà noi tutti a navigare in acque sconosciute.

DU Procedere in questo difficile cammino è tanto più necessario in quanto, per la realizzazione di automi "coscienti", riteniamo indispensabile adottare funzionalità e processi mutuati dalla biologia, i soli che possano garantire l'insorgere autonomo della volontà di agire. Nel gioco dialettico che vi propongo, mi candido al ruolo di provocatore. Bando agli indugi e affrontiamo il cuore del problema. Ecco il primo dubbio che insinuo: è realmente possibile concepire una macchina che agisca con il grado di autonomia di un essere vivente, con la coscienza di un individuo? E che cosa è la coscienza?

ME Charles Babbage già nella seconda metà dell'ottocento ideò il primo esempio di un calcolatore moderno: la famosa macchina analitica. Di essa, la contessa di Lovelace (matematica, figlia di lord Byron), disse: *Non ha la pretesa di creare alcunché; può fare qualsiasi cosa sappiamo come ordinarle di fare.* Questa affermazione sembra erigere un muro invalicabile rispetto al nostro obiettivo di una macchina bionica. Senza dire di altre obiezioni portate dai teologi, che sostengono che il pensare è una funzione dell'anima immortale dell'uomo, o da chi

sostiene che una macchina non potrà scrivere un sonetto o comporre un concerto in base a propri pensieri ed emozioni.

DU I dilemmi da sciogliere sono tanti: la mente nasce dalla materia o è altro rispetto alla materia? O ancora, mente e materia vivono in due domini diversi? e se è così i due spazi comunicano o no?

ME Condivido e trovo molto stimolante la tua esigenza di chiarezza. Nel gioco dialettico che ci proponi, mi offro di portare le ragioni della mente, dell'idealismo, della biogenesi, cercando di documentarle con le posizioni favorevoli a queste tesi riscontrabili nella storia della scienza e del sapere. Perché il gioco porti buoni frutti, chiedo però che vi sia un terzo personaggio sulla scena che svolga la stessa funzione sul fronte antagonista, quello del materialismo, della abiogenesi, del riduzionismo.

MA Mi candido io ad assumere un impegno di tal genere, e non nascondo di subire il fascino del personaggio che mi viene chiesto di interpretare. Sono convinto infatti della possibilità di realizzare macchine che svolgano funzioni tipiche di organismi viventi. Credo che la coscienza sia espressione della vita e che la vita sia una forma evoluta della materia. Mi impegno a documentare le posizioni che nella storia della scienza si schierano sul fronte assegnatomi, citando le ipotesi teoriche e le evidenze sperimentali che le suffragano.

ME Bene. Si ponga allora il primo quesito.

3. Molyneux e gli opposti schieramenti

DU Ne sottopongo alla vostra attenzione uno che ha visto battaglia tra loro grandi menti e che appassiona da più di trecento anni fisiologi e filosofi. E' riportato da John Locke nel "Essay Concerning Human Understanding (1694)" ed è stato formulato da William Molyneux, nobile scienziato e

politico irlandese sposato con una donna cieca insegnante di matematica.

Immaginiamo un uomo nato cieco, ora adulto, al quale si è insegnato, per mezzo del suo tatto, a distinguere fra un cubo e una sfera dello stesso metallo e pressappoco della stessa grandezza, in modo che sia in grado, sentendo l'uno e l'altro, di dire qual è il cubo e qual è la sfera. Supponiamo ora di mettere il cubo e la sfera su un tavolo, e che al cieco sia data la vista: si domanda se, mediante la vista e prima di toccarli, egli saprebbe ora distinguerli e dire qual è il cubo e qual è la sfera

L'interesse che questo quesito suscita in me deriva dalla centralità che il tema della fusione sensoriale e della supplenza percettiva riveste negli studi sulla robotica in cui siamo impegnati. La fattibilità di certe soluzioni da noi ipotizzate non dipende forse anche dalla risposta che si può dare a quello che Locke definì "jocose problem"? Ritenete voi che ancora oggi si debba convenire con lo stesso Molyneux e con George Berkeley, saldamente convinti che la risposta fosse un no, o piuttosto con Leibniz, fermo sostenitore di una risposta affermativa?

ME La tesi del reverendo Berkeley si può sintetizzare con la frase: un'idea comune ai due sensi non v'è. E questa posizione è ribadita in due diversi trattati, *A New Theory of Vision* (1709) e *Theory of Vision Vindicated and Explained* (1733), nei quali traccia una netta separazione tra il tatto e la vista, essendo quest'ultima contraddistinta dalle idee di luce e colore, totalmente estranee alle idee del tatto.

DU Ben altra resistenza al logorio del tempo ha mostrato la figura di Gottfried Wilhelm von Leibniz.

MA Per giustificare il fatto che i ciechi nati possano apprendere la geometria, dobbiamo, secondo Leibniz, fare riferimento ai principi della ragione comuni a tutti gli uomini. Soltanto per loro mezzo, infatti, essi riescono a discernere le figure. *Nella sfera non vi sono punti che si dif-*

ferenziano, tutto essendovi unito e senza angoli, mentre nel cubo vi sono otto punti distinti da tutti gli altri. Se non vi fosse questo mezzo per distinguere le figure, un cieco non potrebbe apprendere i rudimenti della geometria mediante il tatto.

ME Bisogna tuttavia ricordare che a fianco di Molyneux e di Berkeley si schierarono filosofi come Locke e Voltaire. Lo stesso Diderot introdusse argomenti a favore di una tesi (*il cieco ha delle rappresentazioni sostanzialmente diverse da quelle del vedente, visto che le sue immagini mentali sono prive di luce e di colore*) e di quella opposta (*la capacità del tatto è nei ciechi così sensibile da permettergli una rappresentazione molto particolareggiata degli oggetti e dello spazio in cui sono disposti, ma, essendo il tatto per sua natura più astratto della visione, è possibile che i ciechi, per suo mezzo, possano accedere ad ogni forma di conoscenza*). Studiosi di varie discipline sul tema in questione hanno brancolato nel buio, sostenendo tesi in alcuni casi palesemente incoerenti con le loro appartenenze ideali.

DU E allora vi domando: siamo oggi in grado di fare definitivamente chiarezza sulla "vexata quaestio"? Esistono prove di natura sperimentale a sostegno dell'unitarietà dell'apparato sensoriale umano?

MA Prima di citare alcune evidenze sperimentali a sostegno di questa ipotesi vorrei richiamare la grande scuola di pensiero inaugurata da Hermann Helmholtz, a cui possiamo far idealmente risalire gli esperimenti che descriveremo. Costui, medico contro voglia e appassionato fisico, chimico, matematico e fisiologo si chiedeva: *Che cosa c'è di vero nelle nostre percezioni sensoriali e nei nostri pensieri? E in che modo le nostre idee corrispondono alla realtà?* (*The Facts of Perception*, 1878).

Helmholtz studiò con attenzione le teorie della percezione e della conoscenza dei filosofi del secolo precedente al suo. Si interessò agli a priori kantiani, che precedono l'esperienza sensoriale operando su di es-

sa come un filtro, o come una struttura di riferimento e confronto, per trasformarla in idee. Approfondì il pensiero di Locke, che si occupò del ruolo che le nostre strutture corporee e mentali giocano, nel determinare il modo in cui le cose ci appaiono.

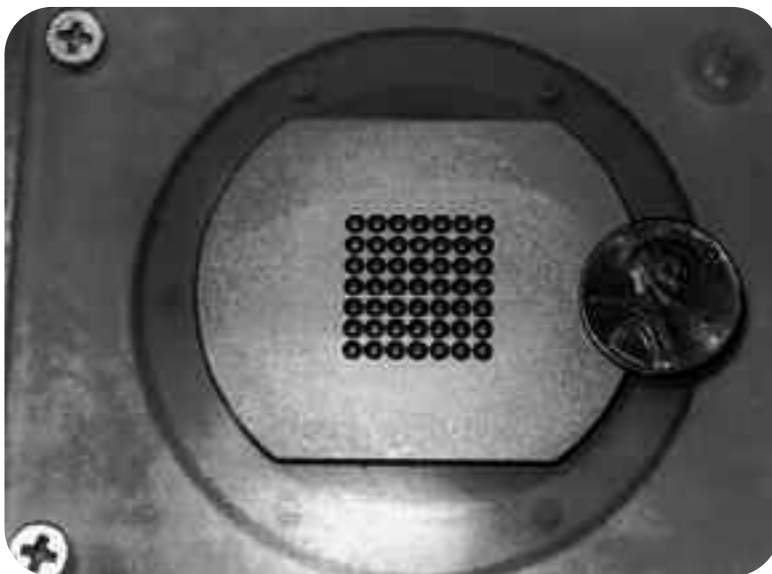
DU Potremmo portare un altro contributo di uno scienziato multiforme: Max Delbruck, fisico e genetista fortemente interessato ai temi della fisiologia sensoriale, che interagì con Pauli, Einstein, Bohr e Dulbecco.

MA E' vero. Egli sostiene: *Ciò che raggiunge la coscienza è una struttura astratta, derivante dalla trasformazione di dati sensoriali bruti. La realtà interiore è una costruzione mentale la cui effettiva corrispondenza con la realtà delle cose esterne è in principio inconoscibile.* Ricorda inoltre come Kant, più di duecento anni fa, rivoluzionò l'epistemologia osservando che l'uomo costruisce, a partire dalle sensazioni, dapprima l'esistenza e quindi la realtà, adducendo a sostegno di queste sensazioni categorie a priori quali quelle di spazio e tempo, anziché derivare queste ultime a posteriori dall'esperienza.

ME Le scoperte neurobiologiche menzionate da Delbruck, a proposito del carattere astratto della percezione visiva, costituiscono una convalida empirica dell'epistemologia kantiana, in quanto dimostrano che categorie quali quelle di colore, posizione e dimensione di un oggetto hanno origine da circuiti di elaborazione di dati che fanno strutturalmente parte della rete neuronale del cervello, ossia sono a priori. Delbruck ha poi precisato che designare queste categorie come a priori non significa affatto che siano già presenti, pienamente sviluppate, fin dalla nascita. Al contrario, esse hanno origine in epoca postnatale come risultato di un'interazione dialettica tra il mondo e il sistema nervoso in via di sviluppo. La mente, con le sue categorie a priori, rappresenta evidentemente, sia nelle sue origini filogenetiche sia in quelle ontogenetiche, un adattamento diretto a fronteggiare con

successo il mondo reale di medie dimensioni, ossia il mondo della nostra esperienza diretta, più o meno pochi ordini di grandezza. Non desta dunque sorpresa che molte di queste categorie debbano essere abbandonate o modificate nel momento in cui la nostra ricerca della conoscenza si avventura al di fuori di queste medie dimensioni (mesocosmo) per occuparsi di spazi e tempi estremamente piccoli (microcosmo), come nella fisica atomica o delle particelle elementari, oppure estremamente grandi (macrocosmo), come nella cosmologia o nello studio dell'evoluzione.

DU Ciò detto, possiamo ora passare ad illustrare le evidenze sperimentali a sostegno della risposta affermativa al quesito di Molineux?



MA Vorrei citarne due. Con la prima chiamo in gioco Paul Bach-y-Rita, professore di medicina riabilitativa e ingegneria biomedica all'Università del Wisconsin, che ha lavorato per quasi quattro decenni nel campo dei sistemi tattili sostitutivi della vista.

Voi non vedete con gli occhi, ma con il cervello – soleva dire Bach-y-Rita che, insieme con il collega Kurt Kaczmarek, ha brevettato un dispositivo che utilizza impulsi elettrici sulla lingua per inviare segnali al cervello.

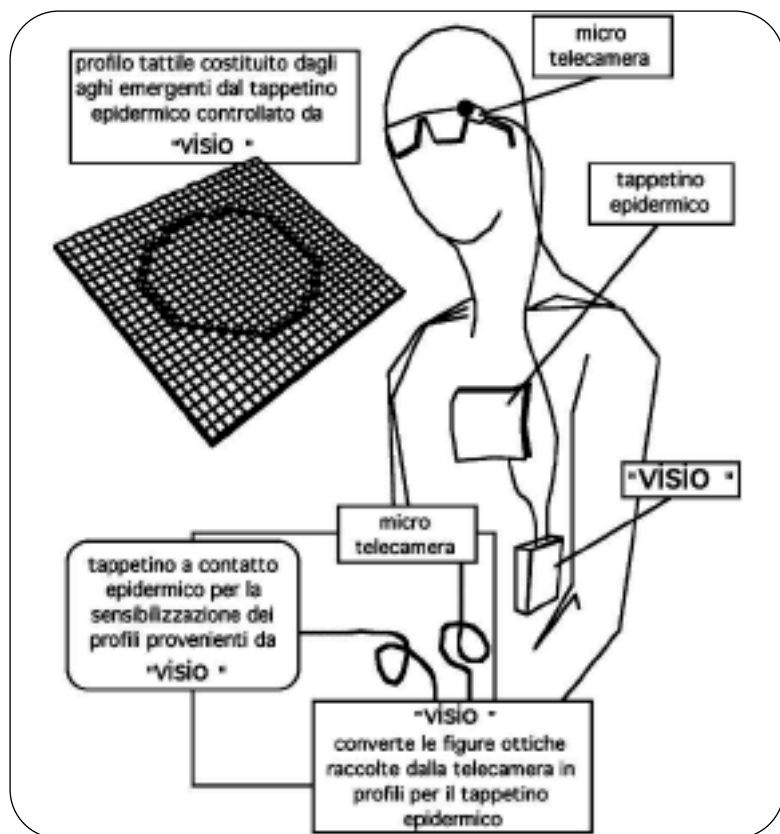
Una delle macchine realizzate da Rita Bach-y Prototipo a 49 elettrodi

DU Si vuole in buona sostanza sostenere la possibilità di compensare danni sensoriali utilizzando altri sensi ancora in funzione ed esercitando opportunamente il cervello?

MA E' proprio così. Ricca di innervazioni ed immersa in una soluzione salina conduttrice, la lingua è la superficie ideale per una sottile matrice di 144 elettrodi in grado di reagire ad opportuni impulsi elettrici, e trasferire immagini, acquisite da una telecamera e processate da un computer, direttamente al cervello. Il non vedente, attraverso una serie di stimoli elettrici assolutamente indolori sulla lingua, può riconoscere semplici configurazioni spaziali, non diversamente da come riesce a leggere caratteri Braille toccando i punti in rilievo impressi su un foglio di carta.

DU I risultati ottenuti da Bach-y-Rita e le conclusioni che se ne possono trarre mi sembrano del tutto coerenti con quanto sperimentato nei laboratori ENEA di Frascati negli ultimi dieci anni.

Dispositivo ENEA.
Schema di principio



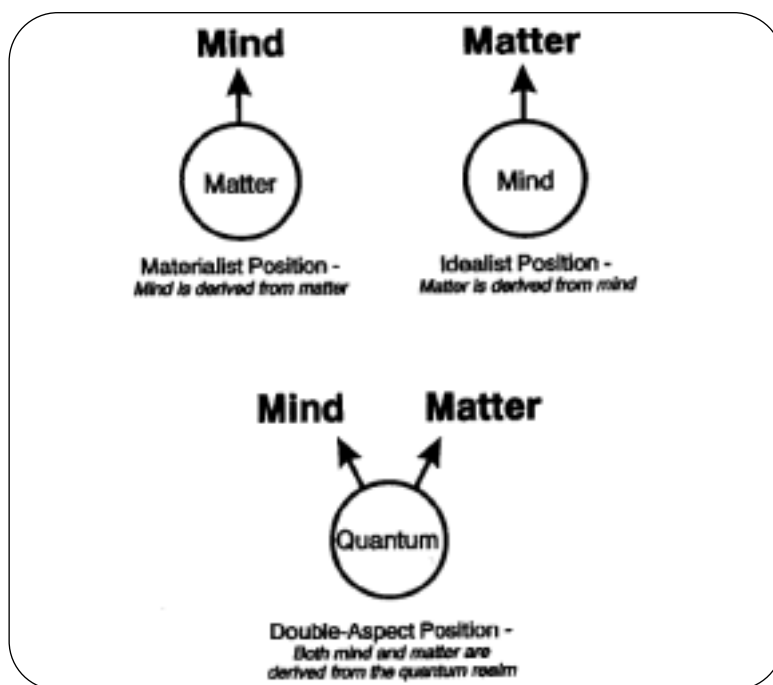
MA E' esattamente questa la seconda prova sperimentale a cui mi riferivo. In questo caso il dispositivo preposto allo stimolo sensoriale è un tappetino di aghi vibranti (negli ultimi prototipi erano in numero di 400) che riproduce i contorni delle immagini acquisite da una telecamera. *In fondo* – dice Antonio Botticelli, ricercatore dell'ENEA – *il contorno di un oggetto, essendo il luogo dei punti di massimo gradiente, ha il più elevato contenuto di informazione presente in un'immagine*. Gli esperimenti condotti a Frascati su un gran numero di non vedenti hanno portato a concludere che tutti i sensi contribuiscono a costruire in noi il modello dell'ambiente circostante e che è all'interno di tale ricostruzione che ciascuno di noi si muove.

DU Se i non vedenti possono imparare a ricostruire mentalmente il contenuto visivo dell'immagine di una telecamera trasportato attraverso un altro senso, ad esempio il tatto o l'udito, ciò vuol dire che essi, toccando o udendo, possono vedere. Mi sembra quindi di poter dire che una conclusione è possibile. La scienza, in virtù delle evidenze sperimentali e del metodo induttivo che le è proprio, e la filosofia, forte di grandi costruzioni teoriche e di straordinarie intuizioni, ci consentono di ipotizzare una risposta affermativa al secolare problema di Molyneux: il sistema sensoriale-percettivo opera come un unicum nei rispetti delle funzioni intellettive più astratte; in tal senso, situazioni di deficit periferico possono essere risolte vicariando il senso mancante, con il risultato di ricostruire in qualche modo un "modello della realtà" fruibile per l'azione e per l'astrazione.

4. What is Mind? No Matter - What is Matter? Never Mind

Piorgiorgio Odifreddi, studioso di logica matematica, ci fornisce uno strumenta-

rio, costituito da definizioni e classificazioni, utile ad un primo orientamento in un territorio all'incrocio tra varie discipline: *Almeno ad un primo sguardo superficiale, sembra che le categorie dei fenomeni di cui abbiamo esperienza si possano ridurre a due sole, a cui i greci hanno dato il nome di φυσικς (physis) e ψυχη (psyche), e che sono studiate rispettivamente da fisica e psicologia (in senso lato). Le due categorie furono chiamate, rispettivamente, res extensa e res cogitans da Cartesio, ma oggi ci si riferisce ad esse più prosaicamente come materia e mente. Terminologia a parte, il problema essenziale è la relazione fra materia e mente. Da un punto di vista ontologico, si possono distinguere almeno tre diverse posizioni: il materialismo, che nega l'esistenza della mente a qualunque livello; il mentalismo, che ne ammette l'esistenza a qualche livello di complessità; e il pansichismo, che assegna proprietà mentali a ogni entità fisica. Da un punto di vista epistemologico le possibilità sono invece molteplici, a seconda che si considerino le due categorie riducibili (una all'altra, o entrambe a qualcos'altro), oppure irriducibili. La riducibilità delle categorie si chiama monismo, e può essere di tre tipi: materialista, se la mente è riducibile alla materia; idealista, se la materia è riducibile alla mente; e neutro, se mente e materia sono riducibili a qualcosa di più fondamentale. L'irriducibilità delle due categorie si chiama invece dualismo, e può essere di quattro tipi: fisico, se la materia guida la mente; animista, se la mente guida la materia; interazionista, se le due categorie si influenzano reciprocamente; e indipendente, se le due categorie procedono parallelamente senza influenzarsi. Neppure le scienze adottano posizioni univoche: per la neurobiologia la mente è descrivibile in termini puramente fisiologici (come nel motto del dottor Vogt nell'800, secondo cui il cervello secerne pensieri come*



il fegato secerne la bile); per la teoria dei sistemi la mente è un epifenomeno di sistemi biologici sufficientemente complessi; per l'intelligenza artificiale mente e materia sono analoghi a software e hardware nei computer; la matematica moderna riduce sia la materia che la mente (o meglio, le teorie dello spazio materiale e del tempo mentale, cioè la geometria e l'aritmetica) agli insiemi. Fino a quando la fisica rimase materialistica e deterministica fu naturalmente impossibile far rientrare in essa i fenomeni mentali, a causa di alcune loro caratteristiche essenziali quali, appunto, l'immaterialità e il non determinismo (nella forma della libertà, o del libero arbitrio). L'avvento della meccanica quantistica, i cui fenomeni esibiscono caratteristiche analoghe, sembra però aver aperto la possibilità di coerenti descrizioni fisiche della mente, sia moniste che dualiste.

DU Abbiamo introdotto i dilemmi della cibernetica a partire dal jocose problem di Molineux; un esempio avvincente di un più generale dilemma che accompagna la storia del pensiero umano dal momento in cui l'Homo sapiens ha scoper-

Fonte: da Denaf Ohar, "1ª conferenza di Tucson sulla Scienza della Consapevolezza, aprile 1994"

to di possedere capacità nuove: il pensiero, la mente, la coscienza, un frutto dell'evoluzione non più finalizzato alla sola conservazione della specie. Con tale "dotazione" diventava possibile produrre speculazioni teoriche, astratte, apparentemente "inutili" per la sopravvivenza; in poche parole porsi il problema che forse è all'origine di tutti i dilemmi: il dualismo mente - cervello.

MA Esso trae la sua origine dal famoso dualismo mente - materia. La storia del pensiero filosofico e scientifico moderno è segnata da questa dicotomia insanabile. Cartesio, per molti versi il vero iniziatore della scienza moderna, pose in maniera esplicita il dilemma mente - materia: la sua distinzione tra la materia e la mente esposta nel trattato "Le passioni dell'anima" ha influenzato non solo le successive speculazioni filosofiche ma ha posto confini granitici nei confronti della scienza.

ME E' indubbio. Da quel momento le scienze esatte, e in particolare la fisica, grazie alla postulata dualità tra una materia "oggettiva", contraddistinta da proprietà quantitative descrivibili in termini rigorosi, e uno "spirito" soggettivo, dotato di pensieri ed emozioni qualitative e non misurabili, hanno escluso la mente dal loro ambito di studi limitandosi esclusivamente all'indagine della materia.

DU Alla luce delle più recenti scoperte, delle conoscenze sempre più approfondite sul cervello, è ancora giustificabile la contrapposizione tra il mondo delle idee, soggettivo, platonico e inconoscibile e il mondo della materia, oggettivo e misurabile con gli strumenti della scienza?

ME Dopo centinaia d'anni, dopo millenni di dibattiti e polemiche non è stata ancora elaborata una teoria universalmente condivisa della mente. Se poi volessimo porci il quesito del significato e dell'emergere della coscienza... Sapete quante diverse definizioni di coscienza sono state date da autorevoli studiosi nei vari ambiti scientifici?

Ne cito alcune:

- la coscienza è il punto di partenza della psicologia (lo ha affermato William James, fisiologo e filosofo, uno dei padri della moderna psicologia);
- la coscienza è il frutto di credenze superstiziose (lo ha detto John Watson, psicologo americano, uno dei padri del behaviorismo, teoria secondo la quale la psicologia deve occuparsi solo del comportamento e non della mente o della coscienza);
- la coscienza è qualcosa di noto a tutti al di là di ogni dubbio (sono parole di Sigmund Freud, l'inventore della psicoanalisi);
- la coscienza è un fenomeno affascinante ma elusivo: è impossibile dire che cos'è, che cosa fa, o perché si è evoluta. Su di essa non è stato scritto niente che valga la pena di essere letto (International Dictionary of Psychology).

MA Tanto per rendere più sconcertante il panorama cognitivo di questo inizio millennio, se il concetto di "mente" è assai nebuloso, non è affatto vero che il mondo della materia sia così perfettamente determinato e deterministico come credevano gli scienziati alla fine del diciannovesimo secolo. Se la mente è ancora oggi un rebus, come lo era ai tempi di Newton, quando formulava le prime leggi della meccanica moderna, anche la comprensione della materia è soggetta ad alcune limitazioni. Certo, non lo sperimentiamo nella nostra vita quotidiana, dobbiamo addentrarci nel microcosmo per averne l'evidenza. La mente è inconoscibile? Non più di quanto, grazie alla teoria quantistica, lo sia lo stato di una particella prima dell'osservazione.

DU Se persino la materia non è così conoscibile come supponevano i fisici alla fine dell'ottocento, esiste la speranza di comprendere la mente? E, infine, che cos'è la mente? Non dimentichiamo che per l'obiettivo dichiarato di riprodurre in un artefatto "comportamen-

ti intelligenti" queste domande sono ineludibili.

MA Ebbene, in questi ambiti si sono sviluppate negli ultimi anni varie linee di ricerca: potremmo citare, come esempi, il riduzionismo biologico di Francis Crick (scopritore della struttura a doppia elica del DNA insieme con James Watson), il darwinismo neurale di Edelman (premio Nobel per la medicina che ha proposto una teoria della mente che porta questo nome), la coscienza quantistica di Roger Penrose e John Eccles e l'intelligenza artificiale di Marvin Minsky (studioso del MIT e uno dei padri dell'approccio computazionale allo studio della mente).

ME Molti filosofi, tuttavia, hanno elaborato una serie di argomentazioni allo scopo di dimostrare che esistono ancora buoni motivi, per ora non confutati, in base ai quali la mente rimarrà per sempre un mistero se ci si limita ad investigarla con gli strumenti delle scienze esatte.

DU La vostra disputa mi fa intendere che è prematuro pretendere risposte univoche a questi quesiti e che un tale dibattito viene da molto lontano. Un rapido excursus che ripercorra alcune posizioni significative sul dilemma mente-cervello ci può far intravedere la dimensione sterminata del problema e perdonare la nostra inadeguatezza nel dipanare una matassa così intricata.

ME Provo io a districarla. Nell'antichità il dualismo nella forma della storiella dello spettro nella macchina era così diffuso da aver lasciato traccia di sé fin dove arrivano tutte le nostre prove storiche. Le tesi dualiste hanno raccolto consensi nella maggior parte dei pensatori fino a Cartesio compreso.

Già Omero introdusse termini differenti per indicare la mente o l'anima e le sue funzioni:

- il *thymos* è la sostanza vitale, il soffio impalpabile dell'anima, il materiale attivo, dotato di energia, capace di sentire e di pensare, che ci lascia quando sveniamo o,

con il nostro ultimo respiro, nel momento della morte;

- la *psyche* rappresenta ciò che resta dopo la morte, la misera ombra intelligente, il fantasma che sopravvive al corpo;

- il *nous*, ben traducibile con i termini mente (*mind*) o intelletto (*understanding*), è la mente con un'intenzione, un progetto.

MA E' indubbio che nella filosofia greca i segni di attenzione al problema anima-corpo sono frequenti. Basti pensare a Democrito che, in sintonia con Eraclito, sostiene che l'anima sia costituita dagli atomi più piccoli, gli stessi di cui si compone il fuoco. *Essi ... sono sferici – ci dice – e possono penetrare ovunque con la massima facilità e muovere gli altri, muovendosi essi stessi.*

ME O ad Aristotele, che propone una teoria di parti inferiori (irrazionali) e parti superiori (razionali) dell'anima. Egli distingue l'anima vegetativa, comune a tutti gli organismi viventi, l'anima sensitiva, che è la sorgente del moto, rinvenibile soltanto negli animali, e l'anima razionale, che si trova soltanto nell'uomo ed è immortale. Queste essenze non appartengono, come quelle di Platone, ad un mondo separato di forme o di idee. Al contrario, sono inerenti alle cose fisiche. Esse vivono nell'organismo, di cui costituiscono il principio vitale. Si potrebbe dire che le anime o essenze irrazionali di Aristotele siano delle anticipazioni della teoria genetica moderna: come il DNA, esse progettano le azioni dell'organismo e lo dirigono al suo fine.

DU E così arriviamo a Cartesio e al suo dualismo. Esso è ancora presente nella posizione di eminenti studiosi e mi sembra che non possa essere liquidato sbrigativamente, come forse gradirebbero i materialisti. Ancor oggi esiste il problema dell'irriducibilità della mente al cervello, problema che nessun pensatore ha saputo veramente comprendere.

MA Forse per certi aspetti una posizione “originale” è stata assunta da Bertrand Russell, il quale partiva dall'idea che non possiamo conoscere tutti i processi che avvengono nel nostro cervello: Quello che il neurologo vede realmente quando esamina il cervello di un paziente è una parte del proprio cervello. Nell'ipotesi di Russell, *il mentale non è ridotto al fisico; se c'è un'unica sostanza, essa non è né materiale né mentale; se lo spazio-tempo è inseparabile, se la materia è energia, sia la materia che la mente sono semplificazioni prive di significato: la materia è meno materiale di quanto credesse Newton e lo spirito è meno spirituale di quanto sostenesse Berkeley. Nessuna delle due esiste veramente; esse sono, piuttosto, un diverso modo di organizzare lo spazio-tempo.*

DU Esistono altre posizioni originali che vale la pena richiamare, soprattutto per ciò che riguarda il dualismo nella versione interazionista.

ME Karl Popper, filosofo studioso di problemi sociali e politici, è tra i principali sostenitori del dualismo interazionista. Innanzi tutto va menzionata la sua concezione dei tre mondi.

- Il 1° mondo è l'intero mondo materiale degli universi inorganico e organico, che include tutte le entità biologiche, anche i cervelli umani, e tutti i manufatti.
- Il 2° mondo è il mondo che include non solo le nostre immediate esperienze percettive, visive, uditive, tattili, di dolore, di fame, di rabbia, di gioia, di paura, ecc., ma anche i nostri ricordi, fantasie, pensieri, progetti, e, al centro di tutto ciò il nostro io, unico soggetto delle nostre esperienze.
- Il 3° mondo è il mondo della creatività umana, che comprende, per esempio, i contenuti oggettivi dei pensieri che stanno alla base delle produzioni scientifiche, artistiche e letterarie: è il mondo della cultura in tutte le sue manifestazioni.

DU A quanto pare, la posizione di Popper è dichiaratamente antitetica rispetto alle posizioni materialistiche della maggioranza dei neuroscienziati.

ME Per sua stessa ammissione, Popper iniziò a occuparsi di questo problema con John Eccles. Neurofisiologo, insignito del Nobel per i suoi studi sulla trasmissione dello stimolo nelle cellule nervose, Eccles considera mente e cervello come due entità separate e autonome, capaci di interagire (questa è la posizione denominata dualismo interazionista). La mente non ha caratteri di spazio e di tempo e pertanto non appartiene alla *res extensa*, bensì alla *res cogitans*.

MA Non posso affatto convenire con l'idea, a quanto sembra propugnata soprattutto da Eccles, che l'interazione tra mente e cervello possa essere intesa come flusso di informazioni e non di energia. Ecco l'idea, il metafisico che interagisce con la materia; come se due diversi spazi potessero comunicare attraverso ristretti pertugi, in grado di trasformare miracolosamente il materiale in immateriale e viceversa. Ma oggi tutti sappiamo che l'informazione viaggia con la materia e con l'energia.

DU Si potrebbe concludere che questa teoria non è più moderna di quella di Platone.

ME E' vero, la posizione dualista interazionista in generale e soprattutto i meccanismi di interazione tra mente e cervello sembrano in contrasto con le leggi della fisica, in particolare con il principio di conservazione dell'energia. Evidentemente consapevole di queste contraddizioni, Eccles si appella ad alcune interpretazioni della meccanica quantistica per le quali sono possibili violazioni della conservazione dell'energia in quantità arbitrarie purché eseguite in un tempo molto breve. Oltre a ciò il ricorso alla teoria dei quanti rappresenta per Eccles l'unico appiglio per adombrare una teo-

ria che salvaguardi il libero arbitrio. Dalla constatazione che l'attivazione di un neurone non è un processo deterministico, in quanto l'innesco non avviene sempre e automaticamente, Eccles postula che il neurone stesso sia descrivibile in termini di una sovrapposizione di stati virtuali, come prescrive la meccanica quantistica per i sistemi microscopici, in alcuni dei quali è eccitato e in altri no. E' solo grazie alla mente che si rompe questa combinazione virtuale; è la mente che sceglie solo uno stato preservando così il libero arbitrio.

DU Dalle posizioni di Popper e Eccles sarei indotto a pensare che la posizione dualistica sia ancora predominante.

MA Posso citare immediatamente una critica alla posizione dualistica.

Daniel Dennett, allievo di Ryle e professore di filosofia, nonché direttore del Centro per gli studi cognitivi presso la Tufts University nel Massachusetts, sostiene che il dualismo sia oggi in disgrazia. *L'obiezione usuale al dualismo – sono sempre parole di Dennett – era ben nota allo stesso Cartesio nel XVII secolo e sembra giusto affermare che né lui né i successivi dualisti siano mai riusciti a superarla convincentemente. Ammesso che siano entità o sostanze distinte, la mente e il cervello devono tuttavia interagire; gli organi di senso corporei, attraverso il cervello, devono informare la mente, devono inviarle o mostrarle le percezioni o le idee o qualunque tipo di dati, e la mente, dopo averci riflettuto sopra, deve dirigere il corpo in varie azioni appropriate (incluse quelle linguistiche).*

DU Ma, a parte le critiche al dualismo, lo stesso Dennett avrà pur formulato un'ipotesi sul problema che stiamo dibattendo.

MA Senza dubbio. Affrontando il tema della coscienza egli critica la credenza diffusa che i sistemi percettivi forniscano "segnali in ingresso" a una qualche area centrale del cervello che utilizza tali se-

gnali per impartire comandi agli elementi periferici che controllano i movimenti del corpo. Questo modello presuppone l'esistenza di un centro nel cervello verso il quale tutti i segnali convergono dando luogo al fenomeno della coscienza. Dennett sostiene che non esiste un luogo centrale, un Teatro Cartesiano dove "tutto converge" per essere esaminato da un osservatore privilegiato posto alla base del nostro agire intenzionale e cosciente.

DU Presumo che l'osservatore privilegiato cui si riferisce Dennett è quello a cui di norma si dà il nome di homunculus; anche questa un'eredità che ci proviene dalla concezione di Cartesio.

MA Esattamente. Dennett, al posto dell'homunculus, propone la teoria delle Molteplici Versioni, costituita da un certo numero di circuiti in stretta interconnessione tra loro che operano in parallelo. Conclude Dennett come una logica conseguenza della sua ipotesi: *Se il Sé è soltanto il Centro di Gravità Narrativa, e se tutti i fenomeni della coscienza umana rappresentano soltanto i prodotti dell'attività di una macchina virtuale realizzata con connessioni variamente modificabili del cervello umano, allora, in linea di principio, un robot opportunamente "programmato" con un cervello costituito da un calcolatore al silicio, sarebbe cosciente, avrebbe un sé.*

DU Mi viene in mente una critica ricorrente a questa impostazione: sembra difficile immaginare come un calcolatore possa sviluppare la coscienza. Come potrebbe un complicato ammasso di circuiti che elaborano informazioni su chip al silicio equivalere alle esperienze coscienti?

MA Secondo Dennett, è altrettanto difficile immaginare come un cervello organico possa sostenere la coscienza. Come potrebbe un complicato ammasso di interazioni elettrochimiche tra miliardi di neuroni equivalere alle esperienze coscienti? Per concludere, la qualità dell'essere coscienti, per Dennett, deriva unicamente da un certo tipo di organizzazio-

ne funzionale e non dal fatto che si abbia a che fare con un cervello organico piuttosto che con un cervello costituito da un calcolatore elettronico.

DU Una questione cruciale è stabilire se la mente possa essere compresa con gli strumenti della scienza. E' corretta la posizione riduzionistica, per la quale è possibile investigare le proprietà della mente riconducendole a meccanismi biologici, e questi a meccanismi descritti da leggi fisiche, oppure la mente è al di fuori delle possibilità dell'indagine scientifica come postula la posizione antiriduzionistica?

ME Alcuni studiosi, come ad esempio il filosofo Thomas Nagel, sostengono la tesi antiriduzionista. Nel famoso articolo "Che cosa si prova a essere un pipistrello?", Nagel critica le pretese riduzionistiche di ricondurre gli stati mentali ai processi oggettivamente rilevabili all'interno del cervello. La specificità dell'argomentazione di Nagel risiede nel suo portare l'attenzione sul tema dell'esperienza cosciente. Il punto è che gli stati mentali, o perlomeno alcuni stati mentali, sono caratterizzati da un aspetto soggettivo, o qualitativo, ed è questo aspetto che rende impossibile la riduzione. L'idea, sottolineata da Nagel, è che nell'intrattenere uno stato mentale si prova qualcosa, che avere una determinata esperienza fa un certo effetto, e che questo effetto è inaccessibile a un'indagine scientifica oggettiva. Negli anni successivi molti autori hanno ripreso l'idea guida del lavoro di Nagel, proponendone formulazioni più puntuali o varianti più o meno raffinate.

DU Dunque, se Nagel e i suoi epigoni fossero nel giusto, il riduzionismo, in qualunque versione, fallirebbe. Pur tuttavia, c'è chi si appella tenacemente al riduzionismo. Forse per riuscire a spiegare i fenomeni della coscienza occorrerebbe una nuova fisica...

ME Citerò a questo proposito Roger Penrose, il quale propone ripetutamente una rivoluzione della fisica in questo senso, con lo scopo di rendere la mente co-

sciente accessibile all'indagine scientifica. In particolare Penrose ha elaborato alcune ipotesi preliminari, insieme all'anestesioologo Stuart Hameroff, che presuppongono che la "sede della coscienza" possa situarsi a livello dei microtubuli, realtà fisiche del mondo subneuronale. Secondo l'ipotesi ardita di Penrose la coscienza potrebbe emergere da un meccanismo quantistico di autocollasso della funzione d'onda che descrive lo stato dei microtubuli stessi.

DU Mi consta che le sue riflessioni abbiano sollevato molte critiche per una certa genericità delle sue ipotesi; tuttavia, la posizione di Penrose è interessante e merita una disamina più approfondita.

MA Vorrei con Dennett ribadire che la posizione universalmente accettata dagli studiosi è quella materialistica: la mente e il cervello sono costituite dalla stessa sostanza. Tra i materialisti potremmo annoverare persino il filosofo americano John Searle. Searle va ricordato per i suoi studi sul linguaggio, a partire dai quali ha elaborato una teoria sulla coscienza. Egli persegue un orientamento definibile come "naturalismo biologico", intendendolo come un superamento delle categorie tradizionali riguardanti la mente. Searle sintetizza così le sue aspettative: *Solo a partire da una teoria generale della razionalità, che tenga conto della libertà di scelta, possiamo giungere a una maggiore comprensione dei fenomeni mentali. E, nel contempo, dobbiamo guardare alle continue ricerche che si svolgono nell'ambito delle neuroscienze per avere una più ampia conoscenza del funzionamento del nostro cervello e di come questo determini le nostre teorie filosofiche sulla mente. Sono convinto che saremo in grado di comprendere la coscienza quando capiremo come funziona il cervello, in termini biologici, ovvero in che modo il cervello causa i nostri stati e processi coscienti.*

DU In conclusione: la mente non sarebbe altro che l'insieme delle funzioni che emergono dal cervello; il pensiero, i sentimenti, in una parola "gli stati mentali", corrispondono ad altrettanti "stati fisici" del cervello. Ma come spiegare che persone diverse possano provare lo stesso stato mentale? o che la stessa persona in tempi diversi, e in condizioni cerebrali diverse, possa provare le stesse emozioni? e infine come rendere conto della capacità di un organismo di riprodurre il medesimo stato mentale dopo aver subito danni cerebrali che hanno compromesso alcune connessioni neurali?

ME In effetti, su queste domande l'equazione stati mentali = stati fisici mostra i suoi limiti. Il funzionalismo è la posizione filosofica che ha cercato di superare queste difficoltà. Poiché l'identità stato mentale = stato fisico non sembra conforme alla realtà, si è preferito ammettere che lo stesso stato mentale possa essere prodotto da stati fisici diversi. In tal modo l'interesse si è spostato dalla comprensione dei meccanismi cerebrali all'attenzione per le funzioni che emergono da quei meccanismi. In fondo non interessa lo strato fisico che fa da supporto a queste funzioni: è più istruttivo studiare le funzioni medesime...

MA Secondo questo approccio il cervello non avrebbe più alcuna importanza. Questo assunto, nella sua versione più radicale, ha generato la cosiddetta tesi computazionale del cervello della quale il già citato Dennett è un accanito fautore e Searle è un altrettanto accanito oppositore.

DU Interessante. Sintetizzando, l'ipotesi funzionalista concentra la propria attenzione sullo studio delle "funzioni mentali" senza curarsi dell'"hardware" e su questa ipotesi si è sviluppata l'Intelligenza Artificiale classica, che nei numerosi tentativi e con previsioni ottimistiche sull'evoluzione intelligente delle macchine, ha privilegiato la riproduzione di alcune attività cognitive superiori senza porsi il

problema del substrato fisico. Sorge spontanea una domanda: ha senso studiare le proprietà intelligenti che emergono da un organismo biologico senza costruire un modello di funzionamento di quell'organismo che renda conto dell'emergere di quelle proprietà?

ME In effetti esiste una contrapposizione dichiarata (un'altra forma di dualismo) che vede ancora schierati da una parte i sostenitori dell'approccio cognitivo, che focalizzano l'attenzione su quelle funzioni che possono considerarsi essenziali nel definire l'"Intelligenza" (la memoria, il ragionamento, il linguaggio, l'apprendimento) e dall'altro i fautori dell'approccio biologico, che ritengono che solo studiando e simulando il funzionamento del cervello sia possibile riprodurre un comportamento "intelligente".

DU *Et de hoc satis*. Ovvero, possiamo chiudere qui l'argomento. Ritengo, infatti, che, ai fini del nostro interesse primario sulla possibilità di costruire un modello di mente in base al quale realizzare un manufatto "intelligente", sia stato sufficiente questo breve e parziale excursus sulle posizioni filosofiche da cui traggono ispirazione studi e realizzazioni condotti da scuole diverse.

Se siete d'accordo sarà opportuno aprire una digressione sulle due concezioni contrapposte che ancora oggi si fronteggiano:

- l'approccio computazionale, per il quale si paragona la mente ad un elaboratore di simboli,
- l'approccio biologico che privilegia la comprensione della struttura e delle caratteristiche del cervello.

Senza dimenticare che, come per tutti i dilemmi, due tesi contrapposte non ne escludono una terza, in questo caso la posizione fiscalista: una teoria della mente basata su una nuova teoria della fisica, come suggeriscono Penrose e altri studiosi. Propongo di approfondire questi argomenti in occasioni successive.



Un tesoro
a Santa Teresa

ELENA PANGARO

ENEA

UTS Fonti Rinnovabili e Cicli Energetici Innovativi

All'interno del Centro Ricerche Enea di S.Teresa, nell'antico Forte costruito dalla Repubblica di Genova nel 1747, è ospitato un vero e proprio tesoro rappresentato da migliaia di madrepore provenienti dai cristallini mari dell'oceano indo-pacifico. Si tratta di un patrimonio naturale inimitabile, se solo si pensa che un corallo cresce in media un centimetro all'anno.

Il problema del traffico di "patrimoni" ambientali si diffonde sempre di più a discapito non solo di un concetto estetico per chi si immerge, ma principalmente perché mette in pericolo la difesa di tutti gli altri animali che gravitano intorno all'ecosistema costituito dalle barriere coralline.

La collezione raccoglie diverse varietà e la famiglie rappresentate sono: *Pocilloporidae*, *Acroporidae*,

Helioporidae, *Tubiporidae* e *Milleporidae*.

Al momento si sta provvedendo alla classificazione e determinazione delle specie presenti; fino ad ora sono state individuate:

Acroporidae

- *Acropora acuminata*
- *Acropora anthocercis*
- *Acropora aspera*
- *Acropora cerealis*
- *Acropora florida*
- *Acropora hyacinthus*
- *Acropora latistella*
- *Acropora loripes*
- *Acropora microclados*
- *Acropora paniculata*
- *Acropora polystoma*
- *Acropora spicifera*
- *Montipora hispida*

Pocilloporidae

- *Pocillopora damicornis*
- *Pocillopora eydouxi*
- *Pocillopora meandrina*
- *Pocillopora woodjonesi*
- *Seriatorpora hystrix*

Helioporidae

- *Helipora cerulea*

Tubiporidae

- *Tubipora musica*

Si tratta di esemplari molto belli e dalle sfumature di colore incredibili.

La specie *Helipora cerulea* (figura 1), ad esempio, ha uno scheletro costituito da uno strato duro di carbonato di calcio con un'alta concentrazione di sali di ferro che colorano l'esoscheletro di azzurro o di blu; l'esterno appare marrone per la presenza delle zooxantelle, alghe microscopiche simbionti dei coralli.

La presenza delle microalghe è fondamentale per la miglior sopravvivenza delle specie coralline e si pensa che il rapporto che intercorre sia mutuamente benefico. Il beneficio è dato dal fatto che ogni associazione tra un produttore primario autotrofo e un eterotrofo offre una scorciatoia nel ciclo alimentare.

Le alghe oltre che ad essere protette dallo scheletro calcareo, possono ottenere sostanze nutritive (fosfati, nitrati, anidride carbonica) dall'animale, mentre quest'ultimo può ottenere ossigeno e prodotti metabolici dalla fotosintesi dell'alga: sembra ormai certo che anche le alghe simbionti possano influenzare notevolmente la deposizione di calcio e altre attività fisiologiche dei coralli, mentre l'uso dei prodotti di rifiuto dell'animale (CO₂, ammoniaca e altri cataboliti) siano essenziali alle zooxantelle stesse.

Figura 1



Altro esemplare che ci stupisce per il colore è *Tubipora musica* (corallo a canne d'organo, figura 2) che invece ha una colorazione rossa. Questo è un ottocorallo, uno stolonifero, molto bello che presenta una struttura calcarea costituita da canne adiacenti, molto simili proprio a delle canne di un organo, all'interno delle quali risiedono i polipi. Complessivamente la struttura si presenta di un colore rosso-viola, mentre il colore del polipo varia dal bianco-grigio al beige. Si nutrono anch'essi dei prodotti delle loro alghe simbiotiche (zooxantelle).

Per il resto si tratta di migliaia di esemplari dallo scheletro bianco di carbonato di calcio ma dalle forme più disparate, ma spesso veramente suggestive. Ognuno degli esemplari ci fornisce alcune notizie sulla



Figura 2

loro vita che noi possiamo cogliere attraverso l'osservazione dalla loro forma.

Le morfologie possono essere molto diverse anche per esemplari appartenenti alla stessa specie. Queste variazioni sono dovute, oltre che alla genetica, "all'energia" del luogo di crescita. Infatti in luoghi in cui l'energia dell'ambiente è minore, ossia le correnti sono di minor entità, o in zone più protette, le morfologie sono più fragili, mentre in zone in cui le correnti sono più forti le forme sono più robuste proprio co-

caratteristiche di differenziazione sono di tipo microscopico. L'altra difficoltà è rappresentata dalla mancanza dei polipi, che avrebbero potuto essere un termine utile alla determinazione specifica.

Alcuni esemplari che ad occhio nudo sembrano uguali in realtà a livello microscopico sono molto diversi; al contrario alcuni esemplari che sembrano essere appartenenti a due specie diverse risultano essere diverse forme della stessa specie (*Pocillopora damicornis*, figure 3 e 4).



Figura 3

me adattamento alle condizioni ambientali per resistere ad un maggiore stress.

Il lavoro di catalogazione richiede una elevata qualificazione perché i parametri da prendere in considerazione sono numerosi e spesso le

Il lavoro intrapreso, sicuramente affascinante, durerà ancora a lungo e porterà a fare del "tesoro" una importante base espositiva, utile non solo a educare ma anche a sensibilizzare il pubblico ad amare e riflettere l'ambiente intorno a noi.



Figura 4

La standardizzazione per il miglioramento dell'efficienza energetica degli usi finali

MILENA PRESUTTO

ENEA

Unità di Agenzia per lo Sviluppo Sostenibile - Advisor

note tecniche

La definizione di norme, o con termine anglosassone di standard, di misura delle caratteristiche tecniche, dei consumi e delle prestazioni funzionali è alla base di qualsiasi azione per il miglioramento dell'efficienza energetica ed impatto ambientale di un gran numero di prodotti soprattutto per usi finali ed edilizia.

L'importanza della standardizzazione si è venuta affermando nel tempo. Inizialmente sviluppati dall'industria a supporto della sicurezza e del miglioramento tecnologico dei propri prodotti, ciò che non si può misurare non si può infatti migliorare, gli standard di misura hanno conosciuto un nuovo im-

pulso soprattutto da quando metodi di misura standardizzati vengono utilizzati a supporto delle direttive comunitarie sull'etichettatura energetica e i requisiti minimi di rendimento degli elettrodomestici e, più recentemente, sul rendimento energetico nell'edilizia¹.

Attualmente ogni politica o misura sulle prestazioni e il consumo energetico, siano essi riferiti ad usi finali o ad edifici, non può prescindere dalla disponibilità di metodi di misura affidabili, che sono indispensabili per la misurazione, il confronto e la classificazione degli apparecchi, degli impianti e degli stessi edifici.

Per rispondere a queste

necessità un metodo di misura deve essere non solo ripetibile e riproducibile, cioè i risultati delle misurazioni effettuate devono essere costanti nel tempo sia nello stesso laboratorio che in laboratori diversi, ma presentare anche una variabilità – la cosiddetta deviazione standard o “tolleranza” – ridotta, accettabile per la verifica dei risultati. Infatti, se per lo sviluppo interno di un prodotto è sufficiente avere a disposizione un metodo che permetta di confrontare (e quindi di valutare il miglioramento) risultati ottenuti a livello del singolo laboratorio o industria – cioè un metodo “ripetibile”- per il confronto di più prodotti simili realizzati da industrie diverse è invece necessario che il metodo di misura sia anche “riproducibile” cioè che il valore ottenuto nelle misurazioni di uno specifico modello sia lo stesso quando ottenuto in laboratori diversi. Quando, infine, dal risultato della misurazione dipende la classificazione di un prodotto in schemi predeterminati o la conformità a requisiti di legge, allora la verifica del valore dichiarato diviene fondamentale e la possibile variazione permessa dal metodo di misura è critica.

La preparazione di norme è una attività lunga e co-

1. Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia, GUCE L 1, 04.01.2003.

stosa, che comporta, da un lato una azione di negoziazione con tutte le parti interessate del contenuto tecnico degli standard a livello internazionale, europeo e nazionale e, dall'altro il coinvolgimento di laboratori tecnici in cicli di prove - i cosiddetti "ring test" - per valutare l'attendibilità del metodo di misura proposto. Gli Enti Formatori preposti alla realizzazione di standard di misura per gli usi finali sono a livello nazionale il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e l'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione), a cui corrispondono gli enti europei CEN (European Committee for Standardisation) e CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) e a livello mondiale l'IEC (International Electrotechnical Commission) e l'ISO (International Organisation for Standardisation). In generale, una norma internazionale ISO/IEC viene recepita dal CEN/CENELEC apportando delle opportune modifiche che la rendono più rispondente alla realtà e alle necessità dell'Europa e quindi viene adottata come norma nazionale dagli enti normatori dei singoli paesi.

L'Unità ENEA dell'Agenzia per lo Sviluppo Sostenibile, Coordinamento dei Progetti di Advisor è impegnata dal

2002 nel settore della standardizzazione.

In particolare a partire dal marzo 2002 UDA-Advisor ha partecipato ad un ring test sui "forni a gas" per mettere a punto lo standard europeo di misura dei consumi energetici di questi apparecchi che ne permetta la successiva etichettatura energetica. Il ring test ha coinvolto sette laboratori europei nell'ambito del CEN/TC49 WG2 (Working Group 2). Il coordinamento delle attività di prova e l'analisi statistica dei risultati dei sette laboratori europei coinvolti sono stati affidati ad UDA-Advisor dall'Associazione Nazionale Apparecchi Domestici e Professionali (ASSDOM), federata ANIE, tramite un apposito contratto dato da ASSDOM ad ENEA.

Il rapporto finale del ring test (doc. CEN/TC49 WG2 N64) è stato approvato dagli esperti del WG2 nel febbraio 2004 e successivamente consegnato al CEN e presentato alla Commissione Europea in una riunione a Bruxelles. I risultati, per quanto molto positivi per i forni di tipo tradizionale, hanno mostrato la non applicabilità ottimale del metodo di misura agli apparecchi di tipo ventilato, dovuta essenzialmente alle caratteristiche costruttive di questa particolare tipologia di prodot-

to. E' stato quindi deciso di procedere con un secondo ring test, in 5 laboratori di prova europei, utilizzando un metodo di prova modificato per meglio adattarsi ai forni ventilati. La pianificazione, il coordinamento e l'analisi dei risultati di questa seconda indagine, iniziata nella primavera 2005, sono stati nuovamente affidati a UDA-Advisor, anch'esso attraverso uno specifico contratto dato sempre da ASSDOM ad ENEA. Contemporaneamente, sempre sulla base dei positivi risultati dell'indagine, il WG2 ha preparato la bozza di standard di misura dei consumi energetici dei forni a gas di tipo tradizionale. UDA-Advisor ha attivamente partecipato a tutti gli incontri del WG2 e alla stesura di tale bozza.

A seguito dell'emanazione da parte della Commissione Europea della direttiva 2002/40/CE² sull'etichettatura energetica dei forni elettrici, nel luglio 2003 è pervenuta a UDA-Advisor, da parte dell'Associazione Europea dei Costruttori di Elettrodomestici (CECED), la richiesta di coordinare una serie di prove sui "forni elettrici", da realizzarsi in due fasi e con il coinvolgimento di 20 laboratori di prova in tutta Europa. SCOPO dell'iniziativa era di valutare la rispondenza delle prove effettuate nei di-

2. Direttiva 2002/40/CE della Commissione dell'8 maggio 2002, che stabilisce le modalità di applicazione della direttiva 92/75/CEE del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia dei forni elettrici per uso domestico, GUCE L 128, 15.05.2002.

3. European Standard EN 50340:2001 "Electric ovens for household use - Methods for measuring the energy consumption", May 2001, O.J. C 242, 08.10.2002.

versi laboratori alle condizioni stabilite dalla Norma Europea EN 50340, utilizzata come standard di riferimento per lo schema di etichettatura, e determinare l'accuratezza dei risultati ottenuti dai diversi laboratori.

La prima fase di questa attività, che si è conclusa nel giugno 2004, ha coinvolto dieci laboratori europei afferenti alle aziende produttrici di forni elettrici ed è consistita nell'analisi dei consumi energetici e delle caratteristiche tecniche, descritte nello standard europeo, di due diversi apparecchi: il primo un forno di libera installazione di tipo tradizionale, l'altro un forno da incasso di tipo ventilato. La seconda fase del ring test è iniziata nel settembre dello stesso anno con la partecipazione di altri dieci laboratori europei indipendenti o afferenti ad associazioni dei consumatori. Il rapporto finale dell'attività ha evidenziato co-

me non si possano evidenziare differenze nelle misure effettuate dai vari laboratori, tutte conformi allo standard europeo. Alcune perplessità rimangono invece circa la metodologia di misura delle altre caratteristiche tecniche dei forni elettrici, che dovrebbe essere meglio definita.

L'intera attività (fasi 1 e 2) è stata condotta nell'ambito di uno specifico contratto dato ad ENEA dal CECED.

Nel settembre 2003 la Segreteria del Sottocomitato 59D dell'IEC, che si occupa della preparazione delle norme per la misura dei consumi e delle prestazioni delle "lavatrici e delle asciugatrici domestiche", è stata presa in carico dall'Italia. Il Ministero Attività Produttive, considerando essenziale per i costruttori europei, ed italiani in particolare, questa attività di standardizzazione ha proposto ad ENEA di cooperare con il CEI per ottenere la gestione della Se-

greteria, avvalendosi del supporto di UDA-Advisor per la competenza necessaria a ricoprire il ruolo di Segretario nell'ambito del rapporto di collaborazione esistente fra il Ministero e l'ENEA.

Attività primaria del SC59D è la di revisione degli standard internazionali IEC 60456 sulle prestazioni delle lavabiancheria e IEC 61121 sulle prestazioni delle asciugatrici, per mettere a punto metodi di misura a valenza globale, cioè utilizzabile non solo in Europa (come supporto alle direttive comunitarie sull'efficienza energetica e l'etichettatura degli apparecchi), ma anche in altri mercati mondiali (Cina, Giappone, USA ecc.). La nuova versione dello standard per le lavatrici è in preparazione ed è attesa per il 2007, mentre i lavori per la revisione della norma per le asciugatrici sono iniziati nell'autunno 2005.



ENEA

UTS Materiali e Nuove Tecnologie
Sezione Nanomateriali, Centro Ricerche Portici

Nel Centro ENEA di Portici da alcuni anni sono in corso ricerche per lo sviluppo e l'applicazione di diodi elettroluminescenti organici (OLED: Organic Light Emitting Diode). In questi dispositivi la corrente iniettata dagli elettrodi viene convertita in luce visibile: l'esatto contrario di una cella fotovoltaica, che converte la luce solare in energia elettrica.

L'OLED rappresenta l'ultima evoluzione del noto diodo emettitore di luce (LED), basato sull'elettroluminescenza dei materiali inorganici. L'OLED invece è costituito da una eterogiunzione tra materiali organici. Esso viene realizzato inserendo tra due elettrodi una coppia di strati organici semiconduttori: uno strato trasporta-

tore di lacune (HTL: Hole Transport Layer) e uno strato trasportatore di elettroni (ETL: Electron Transport Layer). Uno di questi strati organici è designato essere quello luminescente (EML: Emitting Layer), all'interno del quale avviene la ricombinazione radiativa di coppie di cariche elettriche, cioè l'emissione di luce. Gli strati organici possono essere depositati sotto forma di strati sottili evaporati, ma anche come film semifluidi, applicabili quindi mediante spinning, inkjet e altri metodi di stampa. Gli spessori di questi strati debbono essere molto sottili (circa 50 nm), a causa della elevata resistenza che i materiali organici oppongono al flusso delle cariche.

I diodi OLED si prestano a realizzazioni molto diversificate: a) i substrati possono essere di silicio, vetro o anche di materiali polimerici, per ottenere display rigidi o flessibili, di ogni dimensione (dai microdisplay da 1", ai display da computer da 20");

b) la forma dei contatti che iniettano la corrente determina la forma dell'area luminosa, permettendo di realizzare punti-immagine microscopici (pixel) e loghi di forma arbitraria; c) i pixel OLED possono essere organizzati sia come matrici passive (una semplice schiera di OLED elementari) che attive (dotando ciascun pixel del proprio circuito di controllo integrato). Si prevede che in futuro i display OLED contenderanno quote di mercato sempre più consistenti agli LCD (Liquid Crystal Display), ma c'è anche chi conta di produrre lampade OLED piatte e flessibili per l'illuminotecnica (Philips e General Electric, tra gli altri). Presso i laboratori ENEA di Portici, i tecnici della Unità "Materiali e Nuove Tecnologie" sono all'opera su alcuni di questi fronti, con la collaborazione di STMicroelectronics-Arzano. In particolare le attività sono concentrate oggi sulla realizzazione di OLED singoli eterogenei e sulla realizzazione di display OLED a matrice attiva (AMOLED). Sono già stati realizzati dispositivi su vetro, con emissione a 530 nm (verde) e a 615 nm (rosso):

note tecniche



OLED evaporati verdi (a base di Alq3) e rossi (a base di tris(dibenzoylmethane)mono(1,10-phenanthroline)europium(III)), e loro struttura a strati

La loro fabbricazione si basa sui processi di deposizione e trattamento di quattro strati:

- l'anodo di ITO (Indium Tin Oxide, predeposato su vetro), un materiale conduttivo e trasparente;
- lo strato HTL, costituito da TPD [N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine];
- lo strato ETL (ed anche luminescente) costituito da Alq3 [Tris(8-hydroxyquinoline)aluminium], per l'emissione nel verde, oppure da tris(dibenzoylmethane)mono(1,10-phenanthroline)europium(III), per l'emissione nel rosso;
- il catodo di metallo (alluminio, che sarà "potenziato" in futuro inserendo uno strato intermedio di LiF o Ca).

Sono stati anche sperimentati OLED polimerici, utilizzando per gli strati HTL e ETL appropriati semiconduttori polimerici (polifluoreni e polioisadiazoli, sintetizzati dal Politecnico di Bari e dalla Università di Salerno, rispettivamente):

Al centro, loghi OLED su vetro e PET, realizzati a ENEA-Portici

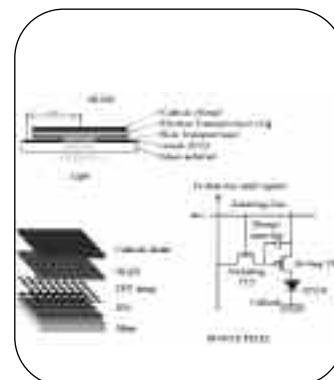
A sinistra, OLED polimerici blu, a base di polifluoreni e polioisadiazoli

A destra, schema a strati e circuitale di un AMOLED (a sinistra) e immagine di una lastra 10 x 10 cm² con matrice attiva di pilotaggio per 150 x 290 pixel (a destra). Ogni elemento ha la struttura circuitale

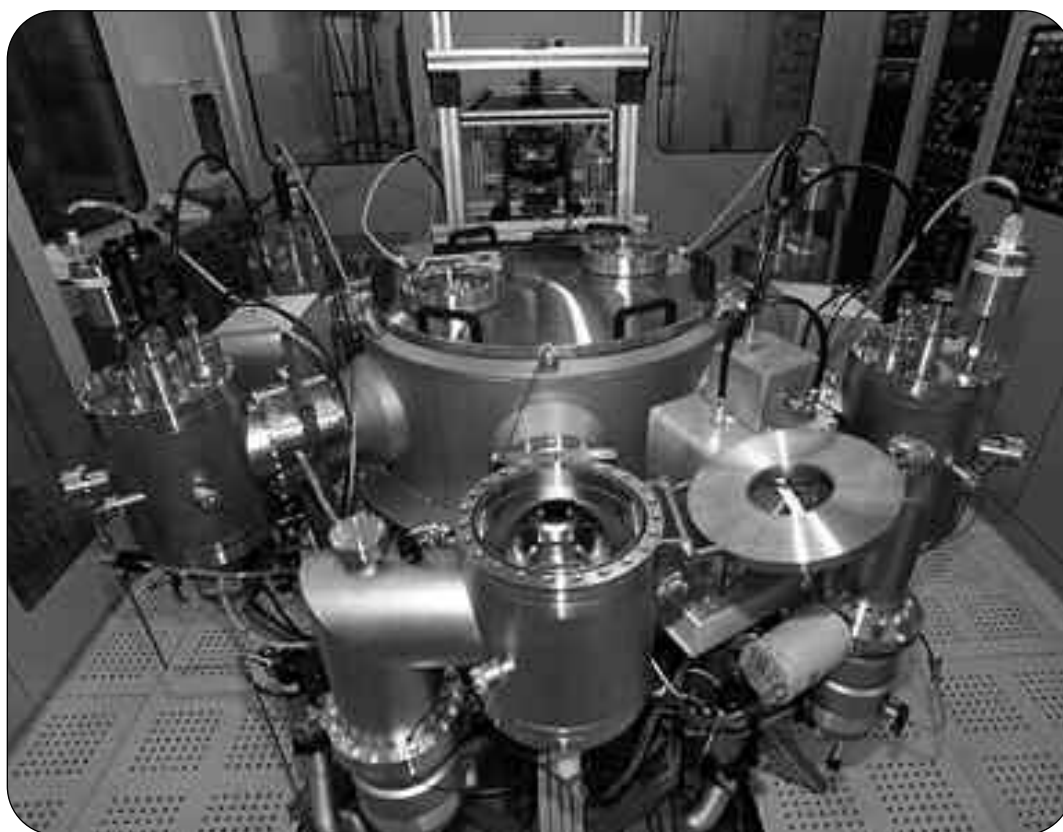
Con la collaborazione di STMicroelectronics, MAT-Portici ha realizzato anche loghi OLED di area fino a circa 4 cm², su vetro borosilicato e su PET (polietilente-reftalato) flessibile, un polimero semicristallino con una temperatura di transizione vetrosa Tg di soli 75 °C.

I dispositivi, dopo un'adeguata fase di messa a punto, realizzati presentano una tensione di accensione di 3V (su vetro) e di circa 4V (su substrato polimerico) prossime alle tensioni erogate dalle batterie polimeriche.

Nell'ambito delle attività inerenti le matrici attive è stato realizzato un prototipo di matrice di 150 righe per 290 colonne, in cui ogni pixel è composto da due TFT (Thin Film Transistor) di silicio policristallino e da un condensatore, che pilotano il diodo OLED, secondo lo schema circuitale mostrato di seguito.



La realizzazione è stata effettuata all'interno della camera pulita del Centro ENEA di Portici, attraverso un complesso processo di fabbricazione microelettronica che consiste di circa 50 passi elementari.



La camera pulita per applicazioni microelettroniche del Centro di Portici: qui vengono realizzati OLED, loghi e matrici attive

Nel prossimo futuro, utilizzando una specifica apparecchiatura di stampa per ink-jet e sviluppando esperimenti già in corso su substrati polimerici

flessibili, sarà possibile affrontare lo studio di prototipi di display flessibili a basso costo, oggetto di intense ricerche in tutto il mondo.

Chi volesse ricevere una copia di questo articolo con le immagini a colori dei diodi OLED, può richiederla all'Ing. Carla Minarini: minarini@portici.enea.it

dal **MONDO**

**Agli studi sull'ottica
il Nobel per la Fisica**

Eolico in crescita

**Nobel per la Pace
all'AIEA**

**Scompare Rotblat
scienziato del disarmo**

**Energia elettrica
condivisa**

Errata corrige

**Inquinamento
sottostimato**

AGLI STUDI SULL'OTTICA IL NOBEL PER LA FISICA

Il premio Nobel per la Fisica 2005 è stato assegnato a tre scienziati, gli americani Roy Glauber e John Hall e il tedesco Theodor W. Hänsch, per i loro contributi fondamentali nel campo dell'ottica.

Una metà del premio è stato assegnato a Glauber, dell'Università di Harvard, per le sue ricerche sul comportamento delle particelle di luce che hanno contribuito in modo importante alla teoria quantistica della coerenza ottica. L'altra metà è stata invece divisa tra Hall, dell'Università del Colorado, e Hänsch, dell'Istituto Max Planck di ottica quantistica e dell'Università di Monaco, per il loro contributo allo sviluppo della spettroscopia di precisione basata sui laser.

Roy Glauber indagando sulle basi dell'ottica quantistica, i fotoni, è riuscito a dare una spiegazione delle differenze fondamentali tra quelli provenienti da sorgenti calde (le lampadine, per esempio) che compongono una luce che ha fasi e frequenze diverse, e quelli provenienti da fonti coerenti (come i laser) che formano una luce con una specifica fase e frequenza.

Grazie al contributo dato da John Hall and Theodor Hänsch è stato invece possibile misurare le frequenze con grande precisione attraverso il "pettine di frequenze ottiche". Grazie a questo generatore di colori calibrati, una sorta di righello in grado di misurare le frequenze nel campo del visibile con la precisione della diciottesima cifra decimale, c'è la possibilità di studiare la stabilità delle costanti della natura nel tempo, sviluppare orologi incredibilmente accurati e migliorare la tecnologia dei sistemi di localizzazione globale, i GPS.

EOLICO IN CRESCITA

L'industria eolica mondiale ha raggiunto nel 2004 una potenza installata di 50.000 MW: è quanto emerso nel foro eolico mondiale Global Wind Energy Council (GWEC), che si è tenuto recentemente a Humus in Germania. Secondo i dati di GWEC, nel 2004 a livello mondiale sono stati installati 8.154 MW, con un incremento del 20% rispetto al 2003 mentre i costi delle installazioni negli ultimi 15 anni sono diminuiti del 50%; tanto che, secondo le tendenze attuali, entro un decennio la tecnologia potrà competere economicamente, senza più sostegni, con i combustibili fossili. Secondo il GWEC il successo dell'eolico raggiunto fino ad ora è da attribuire in larga parte a paesi, come Germania, Spagna e Danimarca. Esistono tuttavia altri 13 paesi che potranno nel prossimo futuro con-

tribuire enormemente allo sviluppo di tale tecnologia: Australia, Brasile, Canada, Cina, USA, Filippine, Francia, Giappone, Gran Bretagna, India, Italia, Polonia e Turchia.

NOBEL PER LA PACE ALL'AIEA

Il Nobel per la Pace è stato assegnato alla AIEA (l'Agenzia internazionale per l'energia atomica) e al suo direttore, l'egiziano Mohamed El Baradei, per l'impegno perseguito contro la proliferazione delle armi atomiche. L'AIEA è stata istituita nel 1957 con lo scopo di realizzare un organismo intergovernativo per la cooperazione scientifica nel campo nucleare. Dagli iniziali 18 Stati membri, tra cui l'Italia, attualmente, si è arrivati a 137. Sebbene nasca come Agenzia di promozione dell'applicazione pacifica dell'energia atomica, il ruolo originario si è progressivamente spostato verso una sua funzione di "foro scientifico e tecnologico" di alto livello e di agenzia delle Nazioni Unite per i controlli di salvaguardia (in attuazione delle obbligazioni contratte con l'adesione al trattato di Non-Proliferazione Nucleare). Nella motivazione redatta dal Comitato norvegese per il Nobel, si legge che El Baradei e l'AIEA sono stati premiati per "i loro sforzi mirati alla prevenzione dell'uso dell'energia nucleare per scopi militari e per l'impegno a far sì che l'energia nucleare sia utilizzata solamente a scopi pacifici nel modo più sicuro possibile". Il Nobel per la Pace è consistito in una medaglia d'oro, un diploma e un assegno di 1,1 milioni di euro consegnati il 10 dicembre ad Oslo nel corso di una apposita cerimonia. Quest'anno cade il 60mo anniversario delle bombe atomiche su Hiroshima a Nagasaki e l'AIEA e il suo direttore erano

i grandi favoriti per l'assegnazione del premio, anche per il ruolo svolto dall'Agenzia durante la crisi irachena che portò successivamente al conflitto armato.

"In un'epoca in cui la minaccia delle armi atomiche è tornata a farsi pressante, il Comitato norvegese per il Nobel vuole sottolineare che questo pericolo deve essere affrontato attraverso la più ampia collaborazione internazionale, un principio che oggi trova la sua più chiara espressione nel lavoro dell'AIEA e del suo direttore generale", così ha affermato l'Accademia delle Scienze svedese.

SCOMPARE ROTBLAT SCIENZIATO DEL DISARMO

All'età di 96 anni è morto nel settembre scorso Joseph Rotblat, Premio Nobel per la Pace nel 1995, come fondatore del Pugwash, la più importante organizzazione scientifica per il disarmo e per un governo democratico del pianeta.

Polacco, aveva cominciato a fare ricerca sulla fissione nucleare sin dal 1939; emigrato presso l'Università di Liverpool, durante la guerra raggiunse gli altri fisici a Los Alamos per partecipare al progetto Manhattan. Ma appena intuì che dalla fissione dell'atomo di uranio sarebbe stato possibile ottenere una bomba della potenza distruttiva immensa abbandonò il progetto. Passò alla ricerca in radiobiologia e

medicina nucleare e iniziò subito a militare per l'uso pacifico dell'energia da fissione

Nel 1955 con Albert Einstein e altri scienziati aveva sottoscritto l'appello al disarmo redatto dal filosofo Bertrand Russell, noto come manifesto Einstein-Russell per incitare i paesi che si stavano dotando di armi nucleari a consegnarle all'ONU per smantellarle.

ENERGIA ELETTRICA CONDIVISA

Un'équipe dell'Università di Southampton (Gran Bretagna), diretta da Tom Markvart, sta lavorando ad un progetto di produzione e distribuzione condivisa di energia. A spingere i ricercatori in tale direzione è anche il timore di una severa crisi energetica.

Questa forma di distribuzione è pensata per piccole comunità o quartieri residenziali. Il progetto prevede che ogni edificio o isolato sia dotato di un microgeneratore di corrente elettrica, prodotta sfruttando

fonti d'energia alternative come il sole o il vento. Ogni abitazione, o condominio, sfrutterà solo la quantità d'energia richiesta dalle attività dei suoi abitanti, mettendo in comune l'eventuale surplus.

Per raggiungere questo scopo si dovrebbe creare una rete concettualmente molto simile ai più avanzati programmi di file sharing. Secondo Markvart la diffusione di questa tecnologia ridurrà le emissioni di gas nocivi del 30%.

INQUINAMENTO SOTTOSTIMATO

Dai risultati di uno studio di un gruppo di ricercatori statunitensi e canadesi, della Southern California University, emerge che finora gli esperti starebbero sottostimando significativamente il ruolo dell'inquinamento atmosferico.

La ricerca, che è stata effettuata sui residenti dell'area metropolitana di Los Angeles nel corso degli ultimi venti anni, indica che l'inquinamento del-

l'aria rappresenterebbe una minaccia per la salute molto più grave di quanto si riteneva finora. Il contributo del particolato ai problemi cronici per la salute sarebbe superiore di circa tre volte quello attualmente stimato. I ricercatori indicano che all'aumentare del numero di particelle con diametro inferiore ai 2,5 micron cresce significativamente anche la mortalità

ERRATA CORRIGE

Nel N. 4/2005 della rivista, nel frontespizio di pag. 25, il titolo in inglese dell'articolo:

"Convergenze tecnologiche e potenziali applicazioni biomediche"

andava letto *Nanotechnologies, converging technologies and potential biomedical applications.*

Nello stesso fascicolo, a pag. 53, un refuso tipografico ha tagliato le conclusioni dell'articolo "Modelli animali nella ricerca biomedica", che pubblichiamo di seguito:

Conclusioni

L'utilizzo di modelli animali transgenici di malattie umane ha, in soli venti anni dalla loro scoperta, rivoluzionato la ricerca biomedica, consentendo sia di valutare la funzione in vivo di oncogeni e geni oncosoppressori, che di identificare nuovi geni implicati nell'insorgenza dei tumori. Nonostante la ricerca biomedica abbia fatto enormi passi avanti nella comprensione delle malattie a carattere monogenico, l'obiettivo futuro è quello di ampliare le conoscenze sulle malattie a carattere poligenico, traguardo che risulta impensabile da raggiungere senza l'utilizzo di opportuni modelli animali.

dall'**UNIONE EUROPEA**

Nuove norme sui rifiuti elettronici

Consenso generico per il post-Kyoto

Agevolare i ricercatori di paesi terzi

Priorità alle scienze della vita

NUOVE NORME SUI RIFIUTI ELETTRONICI

E' stato approvato il 25 luglio 2005 dal Consiglio dei Ministri il Decreto Legislativo relativo alla gestione e riciclo dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) e alla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (RoHS).

Il Decreto recepisce in ambito nazionale la Direttiva 2002/96/CE sui RAEE, definitivamente approvata dal Consiglio e dal Parlamento Europeo il 27 gennaio 2003, che obbliga i paesi dell'UE a promuovere il reimpiego, il riciclo e tutte quelle forme di recupero che contribuiscono a ridurre la quantità dei rifiuti da smaltire. Il legislatore comunitario ha indicato una serie di misure per ridurre il volume dei rifiuti da smaltire e per

avviare sistemi nazionali di raccolta e trattamento, migliorando contemporaneamente le prestazioni ambientali di tutti gli operatori che intervengono nel ciclo di vita. Infatti, i principi cardine attorno ai quali ruotano i provvedimenti legislativi in tema di rifiuti elettrici ed elettronici sono: bando delle sostanze pericolose e responsabilità del produttore.

Tra le sostanze pericolose vengono citati: mercurio, cadmio, cromo esavalente e alcuni ritardanti di fiamma. Su questo punto è tuttavia ancora in corso un dibattito a livello europeo sulla eventualità o meno di mettere al bando queste sostanze o se, al contrario, prevedere dei massimi di tolleranza, vista l'impossibilità di eliminare totalmente tali sostanze da alcuni apparecchi.

CONSENSO GENERICO PER IL POST-KYOTO

Il Consiglio dei Ministri europei per l'ambiente, che si è tenuto il 17 ottobre, aveva come obiettivo di trovare un accordo ed una strategia da portare avanti, come linea di azione della UE, alla prossima Conferenza delle Parti (COP-11) della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici che si terrà a Montreal alla fine di novembre.

La decisione finale raggiunta è stata quella di avviare un processo nel quale si tende a raggiungere il massimo consenso dei paesi ONU (sia industrializzati che in via di sviluppo) su un piano d'azione e su obiettivi condivisi, ma non si sono stabilite quali possano essere le proposte UE su tali obiettivi e linee di azione. Viene, invece riaffermato, che si dovrà dare impulso all'innovazione tecnologica e alle nuove tecnologie, così come alla convenienza economica degli impegni da assumere, attraverso meccanismi di mercato. Inoltre, anche il problema dell'adattamento agli effetti dei cambiamenti del clima dovrà trovare priorità nel piano di azione da concordare.

Delusione degli ambientalisti per queste conclusioni giudicate troppo generiche.

AGEVOLARE I RICERCATORI DI PAESI TERZI

Il Consiglio dei ministri europei ha approvato in ottobre una nuova direttiva con la quale si invitano gli Stati membri ad istituire una procedura accelerata di ammissione dei cittadini di paesi terzi a fini di ricerca scientifica nella Comunità europea. Secondo il nuovo sistema, un istituto di ricerca della UE autorizzato deve fornire una convenzione d'accoglienza, in cui si certifica che il ricercatore del paese terzo è coinvolto in un progetto di ricerca ed è in possesso delle necessarie competenze tecniche. Sulla base della convenzione d'accoglienza, le autorità competenti in materia d'immigrazione del paese ospitante rilasceranno un permesso di soggiorno seguendo una procedura accelerata.

Ai sensi della direttiva, gli Stati membri sono invitati a consentire ai ricercatori dei paesi terzi già legalmente presenti nel loro territorio di presentare la loro candidatura per il permesso di soggiorno senza dover prima tornare in patria, come spesso avviene oggi. Tutti i paesi UE devono recepire la direttiva nel diritto nazionale entro ottobre 2007.

PRIORITÀ ALLE SCIENZE DELLA VITA

Secondo Frost & Sullivan, società di consulenza sulla crescita globale, le scienze della vita costituiranno la priorità dell'agenda comunitaria finalizzata allo sviluppo di un'economia basata sulla conoscenza entro il 2010. Le tecnologie ad elevata efficacia, quali genomica e proteomica comparative, rappresenteranno il motore strategico per la promozione dello sviluppo economico in Europa; e l'aumento della dotazione di bilancio e le politiche di sostegno in materia scientifica saranno fondamentali per incoraggiare tali ricerche. Lo studio si incentra su Regno Unito, Francia e Germania, per i quali la Commissione Europea e i principali istituti di ricerca dei tre paesi hanno fornito i dati.

dall'**ITALIA**

**Fonti rinnovabili
per i rifugi alpini**

**Casa eco-logica
in mostra a Viterbo**

In crescita il *car sharing*

FONTI RINNOVABILI PER I RIFUGI ALPINI

Finalizzato alla salvaguardia dell'ambiente montano e allo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili, è partito il progetto "CAI energia 2000", lanciato dal Club Alpino Italiano in prosecuzione del programma comunitario "Thermie". Il progetto interessa 65 rifugi italiani, 12 dei quali in Val d'Aosta. Terminati gli studi esecutivi, si è passati alla fase di realizzazione dei lavori che prevedono l'installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica, e in un caso la realizzazione di una centrale idroelettrica.

L'obiettivo di applicare impianti a fonti rinnovabili, evitando così l'utilizzo di generatori a

combustibile fossile, ha il vantaggio non solo di diminuire le emissioni di inquinanti in atmosfera, ma anche di ridurre l'inquinamento acustico e diminuire la presenza di elicotteri per l'approvvigionamento di carburante.

CASA ECO-LOGICA IN MOSTRA A VITERBO

Nell'ambito di Obiettivo-Uomo-Ambiente, biennale di fotografia e dibattiti tra scienza e cultura, organizzata lo scorso ottobre a Viterbo dall'Università della Tuscia, è stata messa in mostra una "Casa Eco-Logica", realizzata dai tedeschi del Centro per l'energia e l'ambiente di Springe-Hannover e visitata da più di 300 mila persone in 200 città di 5 paesi europei.

L'abitazione è dotata di sistemi energetici e idrici alimentati da fonti rinnovabili, come i collettori solari per la produzione di acqua calda con pompa di circolazione e collettori solari con serbatoio integrato a circolazione naturale. Per la cottura dei cibi la casa è dotata di un forno solare a concentrazione ad alto rendimento, con temperature che arrivano fino a 250 gradi.

La produzione elettrica è assicurata da sistemi combinati con pannelli solari fotovoltaici e un generatore eolico. Presente anche un'applicazione pratica di un motore Stirling, che sfrutta l'energia solare a concentrazione per azionarsi.

Per il risparmio idrico, la "Casa Eco-Logica" dispone di riduttori di flusso facilmente applicabili a qualsiasi rubinetto, di un impianto di raccolta e utilizzo dell'acqua piovana e di un sistema di fitodepurazione naturale delle acque di scarico.

Nella parte relativa alla bioarchitettura sono presenti pareti e tetti isolanti con materiali naturali come il sughero,

la fibra di legno e di cocco, il cotone, la lana e il vetro cellulare. La verniciatura esterna e interna è fatta con vernici naturali. La cucina, in legno trattato con impregnanti naturali, permette di effettuare la raccolta differenziata dei rifiuti.

I detersivi e i saponi usati sono tutti biodegradabili.

IN CRESCITA IL *CAR SHARING*

Sono raddoppiati in dodici mesi i cittadini che fanno ricorso al *car sharing*, che condividono cioè con altri utenti un'autovettura messa a disposizione da appositi gestori.

I dati sono stati diffusi durante la seconda edizione del forum dedicato a questa forma di mobilità, promosso dall'ICS (Iniziativa Car Sharing) e dal Ministero dell'Ambiente, che ha rifinanziato il progetto mettendo a disposizione una consistente stanziamento.

Secondo il presidente dell'ICS, Giovanni Avanti, un'auto in *car sharing* ne sostituisce circa otto. Nel breve periodo il mercato potenziale di questo servizio è di 18.000 utenti.

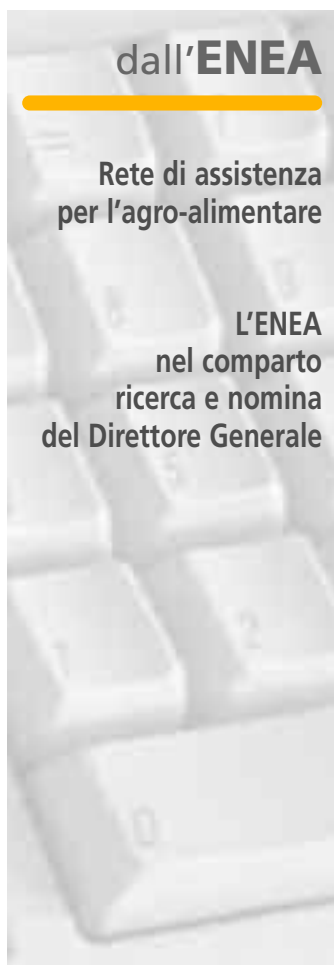
Appare quindi possibile che, in un anno, potrebbero sparire dalla circolazione 5.800 veicoli, con sensibili risparmi dal punto di vista energetico e vantaggi da quello ambientale.

Le stime si riferiscono alle otto città (Venezia, Torino, Genova, Bologna, Modena, Rimini, Firenze e Roma) dove opera l'ICS.

Di recente anche il Comune di Milano ha attivato un servizio di *car sharing*.

Il Sindaco del capoluogo lombardo ha sottolineato come nei primi 100 giorni ad usufruire delle 66 auto, a disposizione in 20 autorimesse, siano stati già 500 iscritti, destinati a raddoppiare entro fine anno.

cronache



RETE DI ASSISTENZA PER L'AGRO-ALIMENTARE

Il Progetto GESAMB (GESTione AMBIentale nelle organizzazioni del settore agro-alimentare), condotto da ENEA/BIOTEC e cofinanziato dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca, nell'ambito del Piano di Potenziamento delle Reti di Ricerca nelle Regioni Obiettivo 1, mira alla creazione di una rete di assistenza alle imprese per favorire la diffusione dei nuovi strumenti di gestione ambientale: la registrazione EMAS (sistema europeo volontario di ecogestione e audit istituito con il Regolamento CEE 761/2001) e la certificazione ISO 14001 (standard volontario che specifica i requisiti dei sistemi di gestione ambientale).

Le Piccole e Medie Imprese (PMI) italiane, e quelle del Meridione in particolare, trovano difficoltà a confrontarsi con tali strumenti di gestione ambientale finalizzati a coniugare le esigenze dello sviluppo sostenibile con quelle della competitività, col rischio di perdere terreno soprattutto nei mercati più sensibili verso il problema ambientale. Infatti, l'adesione allo schema EMAS/ISO 14001 determina numerosi benefici tra i quali: riduzione dei rischi ambientali, assicurazione della conformità normativa, aumento della competitività, agevolazioni economiche ed amministrative, riduzione dei costi interni, miglioramento dei rapporti con le autorità di controllo e con le popolazioni locali e miglioramento dell'immagine.

L'applicazione dei sistemi di gestione ambientale è possibile anche in organizzazioni di dimensione ridottissima e soprattutto è conveniente nel settore alimentare, dove la per-

cezione del rapporto ambiente/qualità del prodotto è molto forte.

Il 5 ottobre scorso, presso il CR della Trisaia, si è tenuto il seminario "La gestione ambientale nelle PMI del settore agro-alimentare: l'esperienza del progetto GESAMB", per presentare la rete di assistenza per le PMI messa a punto dall'ENEA.

Nel corso del seminario sono state anche presentate le Linee Guida per le aziende interessate alla gestione ambientale e ad affrontare il percorso di certificazione ISO 14001 e la registrazione EMAS. Le Guide applicative completano il quadro informativo relativo a specifici settori produttivi significativi nelle Regioni Obiettivo 1: lattiero-caseario, oleario, agrumario e della molluschicoltura.

Per approfondimenti:

<http://gesamb.casaccia.enea.it>; Nicola Brunetti, tel. 06/30484684, brunetti@casaccia.enea.it; Stefano Canese, tel. 06/30484534, canese@casaccia.enea.it

L'ENEA NEL COMPARTO RICERCA E NOMINA DEL DIRETTORE GENERALE

Con l'arrivo del Prof. Luigi Paganetto alla carica di Commissario Straordinario, l'ENEA ha approvato una serie di atti fondamentali per il suo funzionamento.

A partire dal 2006, l'ENEA sceglie di collocarsi nel comparto Ricerca. Il Contratto Collettivo Nazionale di Lavoro a cui si fa riferimento è quello "Istituzioni ed enti di ricerca e sperimentazione". Sono state approvate le modifiche al Regolamento di Organizzazione e Funzionamento dell'ENEA, apportate per rispondere alle sollecitazioni del Dipartimento della Funzione Pubblica e per rendere più chiaro il quadro organizzativo rispetto alle esigenze funzionali degli organi e delle attività dell'Ente. I cinque Dipartimenti dell'Ente assumono le seguenti denominazioni:

- Dipartimento Fusione, Tecnologie e Presidio Nucleari;
- Dipartimento Ambiente, Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile;
- Dipartimento Tecnologie per l'Energia, Fonti Rinnovabili e Risparmio Energetico;
- Dipartimento Tecnologie Fisiche e Nuovi Materiali;
- Dipartimento Biotecnologie, Alimentazione e Protezione della Salute.

L'Ing. Giovanni Lelli, già Direttore Generale facente funzioni, è stato nominato Direttore Generale.

INCONTRI

**Cambia il futuro
del pianeta**

Nanocose per il futuro

**Premio Voltolino
di divulgazione
scientifica**

CAMBIA IL FUTURO DEL PIANETA

Nell'ambito di "Zero Emission" - il progetto creato da Artenergy Publishing dedicato al futuro dell'energia e al clima, che ha avuto luogo alla Fiera di Roma dal 29 settembre al 1 ottobre 2005, si è svolta la prima conferenza italiana sul clima "L'uomo e il clima: come sta cambiando il futuro del pianeta".

Nessuno mette più in dubbio i cambiamenti climatici in atto: le foto della NASA, scattate in settembre, mostrano come la calotta glaciale artica si sia ulteriormente ridotta. E una delle conseguenze di questo processo, oltre allo scioglimento del permafrost (il suolo ghiacciato sul quale insistono anche metanodotti e cen-

trali nucleari), è il rallentamento della corrente del Golfo.

La corrente del Golfo è un nastro trasportatore energetico che trascina il calore dal Golfo del Messico verso l'Europa nord-occidentale. Durante questo percorso la massa d'acqua calda, che viaggia in superficie, a causa dell'evaporazione diventa sempre più salata finché, arrivata in Scandinavia, incontra un'acqua più dolce e s'inabissa cominciando il viaggio di ritorno verso i tropici. Se la quantità d'acqua dolce proveniente dai ghiacciai aumenta, l'incontro con la corrente del golfo avviene prima, facendo diminuire la temperatura in Scandinavia. Inoltre, il calore che non trasmigra più verso l'Europa, con la corrente del Golfo, rimane bloccato nell'area dei Caraibi facendo aumentare l'evaporazione e addensando colà più energia in circolazione nell'atmosfera. Un tale cambiamento è il responsabile dell'intensificarsi degli uragani, il fenomeno che si sta verificando in maniera sempre più massiccia sulle coste degli Stati Uniti. Occorre, perciò, elaborare una strategia di adattamento agli effetti climatici ed una pianificazione territoriale che tenga nel dovuto conto queste ormai accertate variazioni climatiche, causa di tanti problemi per la salute del pianeta.

NANOCOSE PER IL FUTURO

Transistor a 'singolo elettrone' che, messi insieme, riescono a raggiungere una densità di impacchettamento tra dieci e cento volte maggiore di quelli attualmente usati nei computer e nei telefonini; memorie magnetiche che, funzionando a scala nanometrica, permetteranno un immagazzinamento dei dati mille volte superiore a quelle oggi in commercio. Sono solo alcuni dei risultati delle ricerche, di assoluta novità per il loro utilizzo pratico, portate avanti nei più grandi laboratori di ricerca italiani e internazionali ed illustrate nel corso della terza edizione di "Nanocose", la manifestazione or-

ganizzata dall'Università di Roma "Tor Vergata" in coincidenza con l'Anno della Fisica 2005.

È stata anche illustrata la ricerca sui materiali innovativi che, recentemente, è riuscita a sintetizzare un nuovo materiale, il nanotubo di silicio, che per le sue caratteristiche potrebbe fornire applicazioni nel campo della nanoelettronica e sensoristica. E sono stati, poi, presentati gli ultimi dati relativi allo studio sui laser a nanocristalli di silicio, una vera rivoluzione nel campo della fotonica e del concetto stesso di laser.

All'evento, che si è svolto dal 3 al 5 ottobre, hanno preso parte ricercatori provenienti da diversi paesi europei con l'obiettivo di trovare strategie comuni per affrontare l'attuale momento di grave difficoltà nel mondo della ricerca, legato alla carenza di finanziamenti, alla riorganizzazione degli Enti di Ricerca e allo sviluppo di network per accedere ai progetti europei.

PREMIO VOLTOLINO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

Si è tenuta il 12 ottobre, presso il Circolo della Stampa di Milano, la cerimonia di premiazione del Premio giornalistico per la divulgazione scientifica "Voltolino". Nato nel 1997, il Premio è l'unica iniziativa esistente in Italia a supporto di una corretta comunicazione di tematiche legate alla scienza e alla tecnologia e che abbraccia interessi sensibili dell'opinione pubblica.

I vincitori dei tre premi da cinquemila euro di questa ottava edizione sono stati: Clara Baroncelli per TG2 Dossier; Ornella Ferrarini, per il mensile Quark; Chiara Palmerini per il settimanale Panorama.

Riconoscimenti particolari sono andati a: Eleonora Cozzella, allieva della Scuola di Giornalismo Luiss; Luca Liguori e Piero Forcella, voci storiche della Rai; Luciano Caglioti, professore dell'Università la Sapienza di Roma.

LETTURE

Climate change
and a European
low-carbon
energy system

Comunicare
la scienza.
Kit di sopravvivenza
per ricercatori

**CLIMATE CHANGE
AND A EUROPEAN
LOW-CARBON
ENERGY SYSTEM**

EEA Report
N. 1/2005, giugno 2005, pagine
76, euro 15,00

Un nuovo rapporto dell'Agenzia Europea per l'Ambiente presenta dei possibili scenari e delle possibili soluzioni affinché l'Europa nel suo complesso possa raggiungere non solo gli obblighi del Protocollo di Kyoto al 2012, ma anche andare oltre nel post-Kyoto fino a pervenire ad una riduzione delle emissioni di gas serra, rispetto al 1990, del 20% entro il 2020, del 40% entro il 2030 e del 65% entro il 2050. Per limitare il surriscaldamento terrestre a non più di 2 °C, limite

entro cui le conseguenze dei cambiamenti climatici sono tali da poter essere ancora affrontati con adeguate tecnologie e sistemi di adattamento, occorre stabilizzare le concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica ad un livello non superiore a 550 ppm (attualmente siamo a 380 ppm). Questo significa che le emissioni globali (Paesi industrializzati ed in via di sviluppo) di anidride carbonica e degli altri gas serra non potrà crescere, entro il 2020, non oltre il 35% delle emissioni globali del 1990, per poi decrescere entro il 2050 a valori via via sempre decrescenti. Quali i possibili percorsi? Se l'Unione Europea si limita solo alla direttiva sul commercio delle emissioni, l'obiettivo massimo di riduzione che si potrà raggiungere al 2030 sarà compreso tra il 16 ed il 25%. Se dobbiamo ottenere riduzioni maggiori, questo strumento del commercio delle emissioni dovrà essere uno strumento valido non solo entro l'UE, ma in tutto il mondo.

Un'altra sostanziale riduzione delle emissioni si potrà avere dalla razionalizzazione della gestione dei rifiuti e dal settore agricolo, ma non basterà, perché il contributo maggiore per la riduzione delle emissioni verrà solo dal settore energetico (produzione e consumo). In altre parole dobbiamo modificare profondamente e rivoluzionare tutto ciò che riguarda la produzione ed il consumo di energia, spostandoci verso le energie rinnovabili, integrate con l'uso di energia nucleare.

Ma la riduzione maggiore delle emissioni si avrà sviluppando nuove tecnologie che dematerializzano la società e lo sviluppo socio-economico e questo significa anche un forte impulso verso la ricerca scientifica.

Le valutazioni economiche sui costi aggiuntivi di una operazione a così lungo respiro indicano un ammontare di circa lo 0,6% del PNL (prodotto interno lordo) europeo, ma con forti differenze tra settore industriale e settore servizi. Il settore industriale, infatti,

avrebbe un aggravio del 1,6% sul proprio valore aggiunto, mentre il settore servizi avrebbe solo un aggravio dello 0,2% sul valore aggiunto del proprio settore.

COMUNICARE LA SCIENZA

Kit di sopravvivenza per ricercatori

Giovanni Carrada
Sironi editore, giugno 2005,
pagine 160, euro 10,00

La realizzazione di questo manuale di comunicazione della scienza è stata promossa dalla Conferenza Nazionale Permanente dei Presidi delle Facoltà di Scienze e Tecnologia per sensibilizzare l'opinione pubblica su un tema di grande attualità, quale il calo di interesse per le scienze da parte dei giovani. L'autore, biologo di formazione e autore di numerosi libri, filmati e opere multimediali, si occupa di comunicazione della scienza e della tecnologia al grande pubblico ed è anche fra gli autori della trasmissione televisiva SuperQuark. Il manuale vuole rispondere a una serie di domande che riguardano il cruciale rapporto scienza-società quali: perché la scienza risulta tanto spesso difficile da capire? Perché comunicare al grande pubblico? Come si formano le conoscenze e le opinioni della gente sugli argomenti tecnico-scientifici? Ma soprattutto, cosa si deve fare e come si deve pensare per essere, oltre che scienziati, efficaci comunicatori? Viene perciò riportata una riflessione su come e perché stanno cambiando i rapporti tra scienza e società, ma anche una panoramica sui concetti base della comunicazione al pubblico da parte dei ricercatori. Il libro è ricco di esempi, consigli e spunti di riflessione sia per quel ricercatore che intenda fare comunicazione in prima persona sia per quello che preferisca invece lavorare con giornalisti o altri professionisti.

INDICE 2004

Il numero romano tra parentesi indica il fascicolo della rivista, la seconda cifra la pagina

Artuso Florinda, (VI) 85
 Baldacchini Giuseppe, (I) 31
 Bargellini Maria Laura, (II) 87
 Batistoni Paola, (II) 32
 Battaglia Franco., (III) 19
 Bordoni Luciana, (III) 79
 Borrelli Fausto, (I) 90, (III) 69, (V) 78
 Bucci Maurizio, (III) 56
 Capobianco Luigi, (I) 46
 Cardaropoli Michele, (IV) 72
 Casadei Gemma, (II) 87
 Casali Orietta, (IV) 72
 Chamard Paolo., (VI) 85
 Ciferri Stefano (VI) 79
 Citterio Marco, (IV) 81
 Clemente Paolo, (I) 72, (II) 16
 Celata Gian Piero, (IV) 86
 Coletta Gaetano, (I) 97
 Coralli Luciano, (II) 58
 Cremisini Carlo, (V) 60, (VI) 59
 D'Angelo Emidio, (II) 58
 De Lauretis Riccardo, (I) 61
 De Maio Adriano, (IV) 4
 Della Seta Livia, (VI) 59
 Di Meo Chiara, (IV) 83, (V) 60
 Farneti Tiziana, (VI) 79
 Fedele Pasquale, (V) 23
 Ferrara Vincenzo, (I) 25
 Ferrari Sergio, (IV) 16
 Fratini Davide, (III) 44
 Giacomazzi Eugenio, (IV) 20
 Giammartini Stefano, (IV) 20
 Grande Sergio, (IV) 38
 Grandoni Giovanni, (V) 23
 Guerrini Maria Teresa, (III) 80
 La Rosa Giovanna, (III) 80
 Lanza Bruno, (VI) 59
 Lelli Maria, (I) 61
 Leonardi Marina, (II) 50
 Lucibello Serena, (VI) 48

Maly Jan, (V) 60, (VI) 59
 Mammarella Maria Cristina, (V) 23
 Marongiu Alessandro, (VI) 29
 Masci Amedeo, (V) 60, (VI) 59
 Massoli Laura, (IV) 51, (VI) 48
 Mazzei Franco, (VI) 82
 Mazzotta Vittorio, (I) 61
 Menegoni Patrizia, (VI) 79
 Modestia Francesco, (VI) 79
 Monaci Paolo, (III) 84
 Montereali Maria Rita, (VI) 59
 Moreno Anna, (IV) 38
 Mori Antonio, (II) 58
 Nebbia Giorgio, (V) 16
 Novegno Andrea, (III) 56
 Pacilio Nicola, (II) 16
 Pagano Piergiacomo, (II) 72
 Palazzari Paolo, (VI) 29
 Palma Daniela , (I) 97, (VI) 8
 Pietrelli Loris, (VI) 79
 Pilloton Roberto, (V) 60, (VI) 59, (VI) 82
 Pinto Valentina, (V) 60
 Pizzichini Massimo, (IV) 83
 Presutto Milena, (V) 49
 Quintiliani Andrea, (III) 80
 Romanazzo Maurizio, (III) 34
 Rosada Alberto, (I) 46
 Rosato Vittorio, (VI) 29
 Russo Claudio, (IV) 83
 Saluzzo Antonio, (VI) 79
 Santoro Emilio, (I) 46
 Sarto Francesca, (I) 46
 Seccaroni Claudio, (III) 79
 Spezzano Pasquale, (V) 30
 Vastarella Walter, (V) 60, (VI) 59
 Vialetto Giovanni, (I) 61
 Vignolini Mauro, (III) 84
 Violante Vittorio, (I) 46
 Visentin Valentina, (IV) 20
 Zini Alessandro, (I) 97

AUTORI

- PRIMO PIANO** *Rapporto Energia e Ambiente 2003*, ENEA (I) 4
Cop-9: un bilancio dei risultati, V. Ferrara (I) 25
Indagine sul sistema industriale italiano, Camera dei Deputati, (II) 4
Promuovere le riforme di Lisbona nell'Unione allargata, Commissione delle Comunità Europee, (III) 4
Strategia e meritocrazia nel futuro della ricerca, A. De Maio, (IV) 4
La programmazione economico-finanziaria 2005-2008, (V) 4
Una opzione per ridurre le emissioni, Carbon Sequestration Leadership Forum, (VI) 4

- SPAZIO APERTO** *L'universo come lo conosciamo*, G. Baldacchini, (I) 31
Fare ricerca: possibilità e capacità, S. Ferrari, (IV) 16
Scale per il cielo, P. Clemente, N. Pacilio, (II) 16
Il metabolismo della città di Roma, G. Nebbia, (V) 16
Il principio di precauzione: precauzione o rischio? F. Battaglia, (III) 19
L'Italia nella competizione tecnologica internazionale, D. Palma, (VI) 8

STUDI & RICERCHE

- Fenomeni di trasporto che controllano la riproducibilità della generazione di eccesso di potenza in metalli deuterati*, V. Violante, E. Santoro, F. Sarto, A. Rosada, L. Capobianco, (I) 46
Tecnologie avanzate per la combustione di idrogeno, S. Giammartini, E. Giacomazzi, V. Visentin, (IV) 20
Emissioni di ammoniaca: scenari e prospettive, G. Vialetto, M. Lelli, V. Mazzotta, R. De Lauretis, (I) 61
L'e-learning: la nuova frontiera della formazione, A. Moreno, S. Grande, (IV) 38
Sviluppo sostenibile: una sfida per l'ingegneria civile, P. Clemente, (I) 72
La comunicazione scientifica on-line, L. Massoli, (IV) 51
Ricadute e benefici delle ricerche sulla fusione nucleare, P. Batistoni, (II) 32
Un sistema integrato per la previsione e il controllo dell'inquinamento urbano, M. C. Mammarella, G. Grandoni, P. Fedele, (V) 23
Sicurezza alimentare: ruolo dell'agenzia nazionale, ruolo della ricerca, e delle imprese, ruolo del consumatore, M. Leonardi, (II) 50
Inquinanti organici persistenti, P. Spezzano, (V) 30
Piani energetici regionali: indicatori e obiettivi, E. D'Angelo, L. Coralli, A. Mori, (II) 58
L'efficienza energetica degli usi finali in Italia e in Europa, M. Presutto, (V) 49
Mobilità sostenibile: strumenti innovativi sviluppati dall'ENEA, M. Romanazzo, (III) 34
Biosensori: le nuove tecnologie tra biologia molecolare e nanotecnologie, W. Vastarella, J. Maly, A. Masci, C. Di Meo, V. Pinto, C. Cremisini, R. Pilloton, (V) 60
I brevetti degli enti pubblici di ricerca, D. Fratini, (III) 44
Nuovi scenari per il calcolo ad alte prestazioni, V. Rosato, P. Palazzari, A. Marongiu (VI) 29
Rinaturazione ed ingegneria naturalistica: conoscenze di base ed applicazione ad un caso-studio, M. Bucci, A. Novegno, (III) 56
Il cammino della web accessibility, L. Massoli, S. Lucibello, (VI) 48
Biosensori elettrochimici ad inibizione basati su molecole e cellule ricombinanti, W. Vastarella, J. Maly, A. Masci, M. R. Montereali, L. Della Seta, B. Lanza, C. Cremisini, R. Pilloton, (VI) 59

Mitologia della Tecnica: Prometeo, Epimeteo e Pandora, a cura di F. Borrelli (I) 90

Antropocentrismo, biocentrismo, ecocentrismo: una panoramica di Filosofia ambientale, P. Pagano, (II) 72

Tempo e tecnica: dalla giusta misura alla misura esatta, A. Borrelli, (III) 69

Alle radici della coscienza ambientale contemporanea, O. Casali, M. Cardaropoli, (IV) 72

Per un posto a corte, a cura di F. Borrelli, (V) 78

Messaggio di Giovanni Paolo II al Vescovo di Rimini Monsignor Mariano De Nicolò, in occasione della xxv Edizione del "Meeting per l'amicizia tra i popoli", (VI) 77

SCIENZA, TECNICA, STORIA E SOCIETÀ

Criteri di misura e indicatori per l'economia dell'innovazione, D. Palma, G. Coletta, A. Zini, (I) 97

Verso una nuova organizzazione della conoscenza, M. L. Bargellini, G. Casadei, (II) 87

L'ENEA per il Perugino, L. Bordoni, C. Seccaroni, (III) 79

Sperimentazione di un software di business intelligence per lo sviluppo di "cruscotti aziendali", M. T. Guerrini, G. La Rosa, A. Quintiliani, (III) 80

Al via il Progetto Archimede: l'integrazione dell'impianto solare Enea con una centrale termoelettrica Enel, P. Monaci, M. Vignolini, (III) 84

Avviato il progetto brita per il recupero energetico di edifici pubblici, M. Citterio, (IV) 81

Il riutilizzo delle acque di scarico di cartiera, M. Pizzichini, C. Russo, C. Di Meo, (IV) 83

Impianto microbo per esperimenti di ebollizione in microgravità, G. P. Celata, (IV) 86

Biomonitoraggio di metalli pesanti in ambiente urbano attraverso piante erbacee ruderali, L. Pietrelli, S. Ciferri, P. Menegoni, T. Farneti, F. Modestia, A. Saluzzo, (VI) 79

Silicio e proteine s'incontrano nuovamente all'ENEA, R. Pilloton, F. Mazzei, (VI) 82

Misura di composti alogenati in atmosfera mediante gas-cromatografia e spettrometria di massa (GC-MS), F. Artuso, P. Chamard, (VI) 85

NOTE TECNICHE

NOTIZIE DAL MONDO

n anno di problemi ambientali, (I) 99

Stazione artica cinese, (I) 99

Rinvia la decisione su ITER, (I) 99

Egitto e sviluppo sostenibile, (I) 99

Cambia la foresta amazzonica, (II) 91

Impianti fotovoltaici italiani per i pastori mongoli, (II) 91

Nuovo veicolo a idrogeno presentato in California, (II) 91

In allarme per il corallo, (II) 91

La Cina verso le tecnologie pulite, (III) 87

Africa: trasferimento tecnologico e formazione, (III) 87

Supercalcolatore USA per ricerche sul clima, (III) 87

Australia, energia da rocce viventi, (IV) 87

Aumento delle spese per la ricerca in Germania, (IV) 87

VIII Pirelli International Award, (IV) 87

Bioinformatica e malattie ereditarie, (V) 81

Allarme per la savana, (V) 81

Navicella gonfiabile per lo spazio, (V) 81

World Energy Outlook 2004, (VI) 89

Accordo italo-cinese sull'idrogeno, (VI) 89

La Russia ha ratificato il Protocollo di Kyoto, (VI) 89

DALL'UNIONE EUROPEA

Europa e ricerca di base, (I) 100

Aumentano le lauree in scienza e ingegneria, (I) 100

Premi Cartesio: invito a presentare proposte, (I) 100

La spesa per la ricerca avanza lentamente, (II) 92

Esenzione d'imposta per biocarburanti, (II) 92

Biomassa forestale prima in Europa, (II) 92

Settimana verde 2004, (III) 88

I giovani e le scienze, (III) 88

Direttiva sui permessi di emissione, (III) 88

Una strategia per la nanoelettronica, (IV) 88

Mobilità e fuga dei cervelli, (IV) 88

Energia e trasporti per uno sviluppo sostenibile, (V) 82

CRONACHE

Forum per le aziende innovative, (V) 82
Scienza e tecnologia in Croazia, (V) 82
Nuovi sistemi solari termici, (VI) 90
Il CERN ha 50 anni, (VI) 90
Progetto Anvimar, (VI) 90

DALL'ITALIA

Investimenti per la ricerca, (I) 101
Collaborazione Canada-Bolzano, (I) 101
La Cartha di Orvieto, (I) 101
XVI Premio Italgas, (II) 93
Progetti di ricerca ad avvio rapido, (II) 93
Laurea honoris causa per Rubbia, (II) 93
Premio Sapio, (III) 89
Piani energetici comunali, (III) 89
Come incentivare il fotovoltaico in Italia, (III) 89
Ulteriore passo avanti nel settore eolico in Italia, (IV) 89
Rapporto sullo stato dell'economia, (IV) 89
La riforma del sistema energetico, (V) 83
Al via lo scambio di quote di emissione, (VI) 91
Importante gasdotto Italia-Libia, (VI) 91
Nuovo impianto eolico in Sardegna, (VI) 91
In preparazione la XV Settimana della Cultura S&T, (VI) 91
Rapporto ENEA Energia e Ambiente 2004, (VI) 91

DALL'ENEA

Nominato il nuovo CDA, (I) 102
Tecnologie innovative per l'arte, (I) 102
Strumenti on line per PMI, (I) 102
Nuove imprese ad alta tecnologia, (II) 94
Completate le nomine del vertice ENEA, (II) 94
Ventennale del Centro di S. Teresa, (II) 94
Salone delle energie rinnovabili, (II) 94
Graduatorie di concorsi ENEA, (III) 90
Collaborazione ENEA-Consorzio ReLuis, (III) 94
Rete nazionale per gas serra, (III) 94
Nuova cella per il FV a concentrazione, (IV) 90
Workshop IAEAC sui biosensori, (IV) 90
Graduatorie di concorsi ENEA, (V) 84

Prove componenti per LHC, (VI) 93
Programma sul clima a Lampedusa, (VI) 93
Mobilità a idrogeno, (VI) 93

INCONTRI

Master sulle energie rinnovabili, (I) 103
L'UE premia Varese Ligure, (I) 103
Il futuro a idrogeno, (I) 103
Produrre energia elettrica da rinnovabili in Italia, (II) 95
Gestione integrata delle zone umide, (II) 95
Riciclando si impara, (II) 95
La scienza intorno al faro, (II) 95
Nuove città, nuove mobilità, (III) 95
Biomassa e sostenibilità energetica, (III) 95
Fiera internazionale del Libro, (III) 95
Un progetto culturale per l'energia, (IV) 91
Energia verde dalle biomasse, (IV) 91
Roma, le città e la scienza, (IV) 91
Potenzialità dei materiali nanofasici, (V) 95
Aree protette come occasioni di sviluppo, (V) 95
L'Italia nella competizione tecnologica internazionale, (V) 95
Ricerca è sviluppo, (VI) 94
Salvaguardia da elettrosmog, (VI) 94

LETTURE

Metodo CLEAR, (I) 104
Solar Energy Houses, (I) 104
Piano B, (II) 96
Le innovazioni del prossimo futuro, (II) 96
Green Pricing, (III) 96
State of the World 2004: consumi, (III) 96
Il grande buio, (IV) 92
L'energia ed i Poteri, (IV) 92
Demand Responsive Transport Services: towards the Flexible Mobility Society, (IV) 92
Atlante eolico dell'Italia, (V) 96
Linee Guida per il monitoraggio dei corsi d'acqua in ambiente alpino, (V) 96
Geologia ambientale: principi e metodi, (VI) 95
Living Planet Report 2001, (VI) 95
Le nuove fonti di energia rinnovabile, (VI) 96