

ENERGIA, AMBIENTE E INNOVAZIONE

ANNO 50 SETTEMBRE-OTTOBRE 2004

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 ottobre 2004

Direttore responsabile Sergio Ferrari

Comitato di redazione Maria Antonietta Biancifiori, Fausto Borrelli,
Vincenzo Di Majo, Marco Martini, 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 (ENEA)
Ada Cerrato, Nicoletta Troncon (Litografia Fabiano)

In copertina Riproduzione *Leonardo*, E. Guglielminetti

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

Registrazione Tribunale Civile di Roma
Numero 6047 del 2 dicembre 1957 del Registro Stampa. Modifiche in corso

Pubblicità Fabiano srl

Abbonamento annuale Italia € 21,00, Estero € 26,00; una copia € 4,20
C.C.P. n. 12439121 intestato a Fabiano srl
12058 S. Stefano Belbo (CN), Tel. 0141-822557, Fax 0141-822669
E-mail: nicole@fabianogroup.com

www.enea.it

www.enea.it

4

LA PROGRAMMAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA 2005-2008 THE 2005-2008 ECONOMIC AND FINANCIAL PLAN

Occorre una scossa per uscire dalla trappola della bassa crescita e riavviare un modello di sviluppo basato sui punti di forza dell'Italia. Per questo, il Documento di programmazione economica e finanziaria indica tre direttrici: correzione strutturale dei conti, rilancio della crescita, riduzione del debito sostenibile che accresca la credibilità della politica finanziaria. Pubblichiamo ampi stralci del Documento

Italy needs a jolt to get free of the low-growth trap and reinstate a development model based on the nation's strengths. The government's Planning Document indicates three routes: structural correction of accounts, relaunch of growth, and a reduction of the sustainable debt that should increase the credibility of the government's financial policy. We publish extensive excerpts from the Document

16

IL METABOLISMO DELLA CITTÀ DI ROMA ROME'S METABOLISM

Giorgio Nebbia

L'idea di città come organismo vivente simile al corpo umano è antica, ma solo da quarant'anni si è iniziato a studiare il carattere e il comportamento "biologico" delle città. Si misura dunque il metabolismo urbano mediante il flusso di materiali che la città ogni giorno riceve dall'esterno, trasforma e usa generando rifiuti gassosi, liquidi e solidi

The idea of the city as a living organism similar to the human body is an old one, but people began to study the "biological" character and behaviour of cities only forty years ago. Urban metabolism can be measured in terms of the flows of materials that the city receives day by day from the outside world, processes and uses, generating gaseous, liquid and solid waste

23

UN SISTEMA INTEGRATO PER LA PREVISIONE E IL CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO URBANO

AN INTEGRATED SYSTEM FOR PREDICTING AND MONITORING URBAN POLLUTION

Maria Cristina Mammarella, Giovanni Grandoni, Pasquale Fedele

La città di Roma, trasformata in laboratorio di ricerca a cielo aperto, ha permesso di mettere a punto modelli di previsione, per il contenimento dell'inquinamento atmosferico, in grado di prevedere le situazioni di emergenza e di indirizzare gli interventi sul territorio per migliorare la qualità dell'aria nella città valutandone a posteriori l'efficacia

Transforming the city of Rome into an open-air research laboratory has made it possible to build urban pollution prediction models that are essential for coping with emergencies and for ex-post evaluation of the effectiveness of preventive actions

30

INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS

Pasquale Spezzano

Tra i diversi inquinanti rilasciati nell'ambiente, gli inquinanti organici persistenti sono tra i più pericolosi perché si accumulano nel tessuto adiposo degli organismi viventi, persistono nell'ambiente e circolano a scala globale. Le iniziative intraprese a livello regionale ed internazionale per proteggere l'ambiente e la salute umana

Of all the pollutants released into the environment, persistent organic pollutants are among the most dangerous, because they concentrate in the fatty tissues of living organisms, remain in the environment and circulate around the world. Regional and international initiatives intended to protect the environment and human health

49

L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI USI FINALI IN ITALIA E IN EUROPA THE ENERGY EFFICIENCY OF END USES IN ITALY AND EUROPE

Milena Presutto

L'applicazione crescente nel corso degli ultimi anni di misure per migliorare l'efficienza energetica nelle nostre case ha ottenuto importanti risultati. La politica adottata si è basata sul coinvolgimento delle industrie del settore e sull'aumento di informazione per il cittadino utilizzatore

Ever-wider application of energy-efficiency measures in homes has produced important results in recent years. EU policy in this area is based on involving the relevant industries and providing more information to citizens

60 BIOSENSORI: LE NUOVE TECNOLOGIE TRA BIOLOGIA MOLECOLARE E NANO-TECNOLOGIE

BIOSENSORS: NEW PROSPECTS FROM MOLECULAR BIOLOGY AND NANOTECHNOLOGY

Walter Vastarella, Jan Maly, Amedeo Masci, Chiara Di Meo, Valentina Pinto, Carlo Cremisini, Roberto Pilloton

La tecnologia dei biosensori negli ultimi decenni si è sempre avvalsa del progresso interdisciplinare della ricerca per integrare biomateriali con trasduttori elettronici. L'applicazione di nuove tecnologie, quali l'ingegneria molecolare, proteica e genetica apre oggi possibilità pressoché illimitate

Biosensing technology has long relied on progress in interdisciplinary research to integrate biomaterials and electronic transducers. Today, the application of new technologies such as molecular, protein and genetic engineering is opening nearly limitless possibilities

SCIENZA, TECNICA, STORIA & SOCIETÀ

78 PER UN POSTO A CORTE

SEEKING A JOB AT COURT

a cura di *Fausto Borrelli*

Richiesta di Leonardo da Vinci per un posto alla corte di Ludovico il Moro e per un incarico nella costruzione del Duomo di Milano (1482). L'invenzione del sommergibile
Leonardo da Vinci applies for a job at the court of Ludovico il Moro, ruler of Milan, and for a commission in the construction of the city's cathedral (1482). Invention of the submarine

CRONACHE

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

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

- dal Mondo
 - Bioinformatica e malattie ereditarie **81**
 - Allarme per la savana **81**
 - Navicella gonfiabile per lo spazio **81**
- dall'Unione Europea
 - Energia e trasporti per uno sviluppo sostenibile **82**
 - Forum per le aziende innovative **82**
 - Scienza e tecnologia in Croazia **82**
- dall'Italia
 - La riforma del sistema energetico **83**
- dall'ENEA
 - Graduatorie di concorsi ENEA **84**
- Incontri
 - Potenzialità dei materiali nanofasici **95**
 - Aree protette come occasioni di sviluppo **95**
 - L'Italia nella competizione tecnologica internazionale **95**
- Letture
 - Atlante eolico dell'Italia **96**
 - Linee Guida per il monitoraggio dei corsi d'acqua in ambiente alpino **96**

La programmazione economico-finanziaria 2005-2008

primo piano

Occorre una scossa per uscire dalla trappola della bassa crescita e riavviare un modello di sviluppo basato sui punti di forza dell'Italia. Per questo, il Documento di programmazione economica e finanziaria indica tre direttrici: correzione strutturale dei conti, rilancio della crescita, riduzione del debito sostenibile che accresca la credibilità della politica finanziaria. Pubblichiamo ampi stralci del Documento

The 2005-2008 economic and financial plan

Italy needs a jolt to get free of the low-growth trap and reinstate a development model based on the nation's strengths. The government's Planning Document indicates three routes: structural correction of accounts, relaunch of growth, and a reduction of the sustainable debt that should increase the credibility of the government's financial policy. We publish extensive excerpts from the Document

Il contesto internazionale ed europeo

La fase di rapida crescita dell'economia globale e del commercio internazionale, iniziata nella seconda metà del 2003, è proseguita anche nei primi mesi di quest'anno.

Favorita da politiche monetarie e fiscali fortemente espansive, l'attività economica è stata particolarmente robusta negli Stati Uniti e in Giappone. La crescita è rimasta sostenuta anche in Asia, America Latina ed Europa orientale, Russia compresa. Per contro, stenta a consolidarsi nell'area dell'euro; ostacolata com'è dalla debole domanda interna, dalle rigidità strutturali e dai vincoli della politica monetaria e di bilancio.

Nell'Area Euro la crescita annua del PIL è stata pari al 2,4 per cento nel primo trimestre, superiore alle attese. Tuttavia le incertezze ancora in corso sull'andamento del mercato del lavoro e dell'inflazione, che ha oltrepassato la soglia del 2 per cento, incidono sui comportamenti delle famiglie europee. Esse esprimono livelli di consumo relativamente bassi suscitando qualche apprensione sulla solidità della ripresa. Le imprese dell'area si mostrano più ottimiste sulle prospettive di medio periodo e la produzione industriale è in progressivo miglioramento.

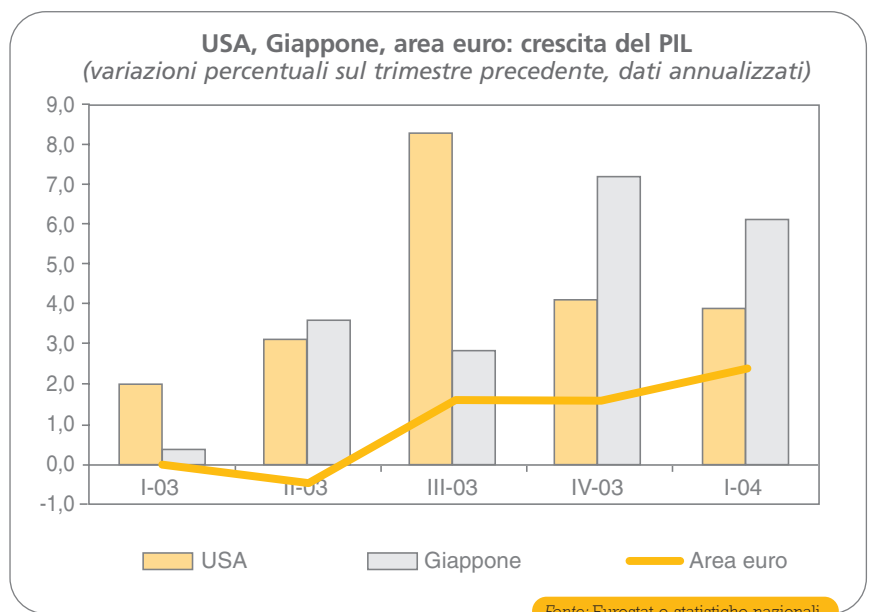
Nel primo trimestre di quest'anno la crescita del PIL in Francia è stata del 3,2 per cento e le previsioni confortano l'ipotesi di una crescita del PIL 2004 superiore alle stime ufficiali.

Più debole appare invece la ripresa tedesca, trascinata esclusivamente dalle esportazioni. I consumi risentono dell'elevato tasso di disoccupazione e delle incertezze introdotte dalle, pure lì, inevitabili riforme strutturali. Le previsioni di consenso per l'intero 2004 indicano un tasso di crescita dell'1,7 e 1,4 per cento rispettivamente per Francia e Germania. Il PIL dell'intera area dell'euro nello stesso periodo dovrebbe raggiungere l'1,6 per cento di crescita. Nell'Unione Europea allargata a 25 paesi, l'aumento del PIL è previsto al 2,1 per cento grazie al contributo dei nuovi paesi membri.

Le prospettive di medio termine

In linea con le previsioni dei principali Organismi internazionali, l'economia mondiale continuerà a crescere a ritmi sostenuti anche nei prossimi anni. Nel 2005 è previsto solo un leggero rallentamento dovuto alla minore crescita degli Stati Uniti per effetto del graduale inasprimento della politica monetaria. Anche per la Cina, che dovrebbe scontare gli effetti di un graduale inasprimento della politica monetaria, è stata recepita l'ipotesi di un leggero rallentamento della crescita. Invece l'area dell'euro dovrebbe beneficiare di una significativa accelerazione del tasso di crescita, dall'1,7 per cento previsto per quest'anno al 2,4 per cento nel 2005.

Per gli anni successivi si prevede un ulteriore, lieve rallentamento dell'economia globale, entrata ormai nella fase matura del ciclo. Pertanto nel periodo 2006-2008, la crescita degli Stati Uniti dovrebbe aggirarsi poco sopra il 3 per cento, quella del Giappone intorno



all'1 per cento e quella europea circa al 2,5 per cento; senza considerare gli effetti di eventuali politiche di bilancio.

Dopo le accelerazioni del 2004-2005, il commercio mondiale, riflettendo l'andamento della crescita dell'attività economica, dovrebbe stabilizzarsi su tassi vicini all'8 per cento. Nell'arco di tempo considerato non si prevedono spinte inflazionistiche; il prezzo del petrolio dovrebbe scendere gradualmente e quelli delle altre materie prime non energetiche e dei manufatti accrescersi a ritmi contenuti.

Variabili internazionali rilevanti per l'Italia
(variazioni percentuali)

PIL	2003	2004	2005	2006	2007	2008
- Paesi industrializzati	2,0	3,4	3,3	2,8	2,8	2,8
- USA	3,1	4,6	3,7	3,3	3,3	3,3
- Giappone	2,5	3,0	2,8	1,1	0,9	0,9
- UEM (12 Paesi)	0,5	1,7	2,4	2,4	2,4	2,4
- Francia	0,5	1,7	2,6	2,7	2,6	2,4
- Germania	-0,1	1,4	2,1	2,3	2,3	2,3
- Regno Unito	2,2	3,0	2,7	2,4	2,3	2,2
- Spagna	2,4	2,9	3,3	2,5	2,4	2,5
- Mondo (escluso UE)	4,0	5,0	4,7	4,3	4,5	4,5
- Mondo	3,5	4,6	4,4	4,1	4,1	4,1
Commercio mondiale	4,5	8,6	10,2	8,0	8,0	7,8

Fonte: elaborazioni e stime su dati OCSE, FMI, Commissione Europea e statistiche nazionali.

I rischi delle previsioni

Da molti anni le prospettive per una crescita sostenuta e bilanciata dell'economia mondiale non erano così favorevoli. Vanno tuttavia ricordati due generi di rischi che potrebbero ostacolare questo scenario positivo.

Anzitutto l'eventualità di un rallentamento della crescita negli Stati Uniti per effetto di politiche monetarie e fiscali troppo restrittive, indotte dalla necessità di riassorbire il saldo della bilancia commerciale e i disavanzi del bilancio pubblico. In secondo luogo si potrebbe verificare una decelerazione del tasso di sviluppo del Giappone per effetto dell'indebolimento della domanda interna e delle esportazioni.

Infine, un ulteriore rischio potrebbe derivare da un troppo rapido ridimensionamento della crescita cinese, qualora non si verificasse l'atterraggio morbido auspicato dalle autorità di Pechino. A soffrirne sarebbero le economie dell'Asia e il delicato meccanismo di finanziamento dei deficit degli Stati Uniti.

Nella seconda tipologia di rischio rientra l'aggravarsi della situazione geo-politica in Medio Oriente. L'inasprimento del clima politico potrebbe aumentare l'avversione al rischio di famiglie ed imprese e spingere in alto il prezzo del petrolio. Tale aumento generando inflazione si rifletterebbe sulla crescita del PIL delle economie industrializzate, sia per l'anno in corso che per gli anni successivi.

Nell'insieme va tuttavia ribadito che lo scenario economico internazionale permane straordinariamente favorevole e garantisce all'Europa e all'Italia le migliori condizioni per favorire la propria ripresa.

L'evoluzione dell'economia italiana

Dopo la battuta d'arresto avvenuta alla fine dell'anno scorso, l'economia italiana è tornata a crescere nel primo trimestre del 2004 con un incremento del PIL pari allo 0,4 per cento. Il contributo maggiore alla crescita è stato fornito dai consumi privati, aumentati dello 0,8 per cento, il tasso più elevato dall'inizio del 2000. Ma sensibile è anche l'inversione di tendenza nella spesa per investimenti, cresciuta del 2,5 per cento dopo quattro trimestri di costante declino.

Le previsioni per il 2004

Considerati gli incoraggianti segnali di ripresa dell'attività interna e il positivo andamento dell'economia mondiale, la crescita dell'Italia nel 2004 è stimata all'1,4 per cento. Un valore in lieve miglioramento rispetto alle previsioni della scorsa primavera.

In conclusione, tutti gli elementi disponibili confortano l'esistenza di una graduale ripresa in atto che trova nei consumi il suo punto di forza e che tende a consolidarsi. Tanto che, malgrado il clima di fiducia rimanga a livelli storici molto bassi, è ragionevole attendersi una discreta tenuta dei consumi tale da alimentare la ripresa. Essa permane tuttavia insufficiente ad imprimere una decisa accelerazione alla crescita, come quella necessaria a centrare gli obiettivi di Lisbona.

Il confronto con le previsioni del DPEF 2004-2007

Rispetto agli obiettivi indicati nel DPEF dello scorso anno, la stima della crescita del prodotto interno lordo per il 2004 è stata rivista al ribasso dal 2,0 all'1,2 per cento.

La crescita pari a zero del quarto trimestre dello scorso anno ha prodotto un effetto statistico di "trascinamento" molto forte che abbassa notevolmente la media del 2004, malgrado sia rimasto invariato il profilo della crescita in corso d'anno.

Considerata la revisione al ribasso della crescita, l'aumento dell'occupazione risulterà lievemente inferiore a quanto previsto: il tasso di disoccupazione si attesterà all'8,7 per cento nel 2004, invece dell'8,5 per cento indicato dal DPEF dell'anno scorso.

Scostamento delle previsioni per il 2004

	DPEF 2004-2007	DPEF 2005-2008
Tasso di crescita del PIL reale	2,0	1,2
Tasso di inflazione	1,7*	2,1**
Tassi forward dei BOT a 12 mesi ***	2,75	2,80
Tassi di crescita dell'occupazione (unità di lavoro)	0,4	0,8
Tasso di disoccupazione (in percentuale della forza lavoro)	8,7	8,5
Tasso di occupazione (tasso specifico età 15-64 anni)	56,6	56,9

(*) *Inflazione programmata*

(**) *Inflazione stimata, indice ISTAT-FOI*

(***) *Fine anno*

L'andamento nel medio periodo 2005-2008

Dopo i deludenti risultati del biennio trascorso dovrebbe registrarsi nel 2004 una crescita dell'1,2 per cento in grado di accelerare all'1,9 per cento nel 2005.

Nel triennio 2006-2008 si prospetta una lieve accelerazione dell'economia italiana, con una

crescita del PIL intorno al 2 per cento, valore di poco superiore al potenziale di lungo periodo, ma insufficiente per creare abbastanza occupazione e risanare i conti pubblici.

Le Linee Guida della politica economica 2005-2008

Credibilità, competitività, sviluppo

Dopo due anni di rallentamento iniziano a manifestarsi nel 2004 anche in Italia i primi segnali di ripresa economica. Mentre la crescita appare ben avviata nel resto del mondo, in particolare negli Stati Uniti ed in Asia, essa tarda a consolidarsi nell'area dell'Euro. Nel 2004, pur scontando gli effetti della manovra correttiva di 7,5 miliardi, la crescita italiana è stimata all'1,2 per cento, con un rafforzamento nella seconda metà dell'anno; nel quadriennio 2005-2008 è prevista intorno al 2 per cento. È in questa fase favorevole che è necessario imprimere una svolta alla politica economica.

**è necessario
imprimere
una svolta
alla politica
economica**

Due sono gli obiettivi prioritari dell'azione di Governo: l'aggiustamento strutturale dei conti pubblici che completi la sostituzione delle misure *una tantum* adottate negli anni di difficoltà; l'innalzamento del tasso di crescita reale e potenziale.

Questo secondo obiettivo permetterà non solo il perseguimento attivo dei traguardi fissati dall'Unione Europea a Lisbona in materia di occupazione, ricerca, e competitività, ma è essenziale per avviare un circolo virtuoso della finanza pubblica.

Crescita e aggiustamento sono resi compatibili attraverso tre direttrici di intervento integrate:

- una riduzione strutturale del deficit tendenziale;
- un programma di sviluppo che miri ad un miglioramento della competitività e ad un sostegno dei redditi;
- una accelerazione della riduzione del debito pubblico.

La correzione dei conti pubblici, gli interventi a favore dello sviluppo e le misure di riduzione del debito sono inscindibili: ciascuno senza gli altri potrebbe addirittura avere effetti controproducenti. Solo l'effetto combinato di queste tre direttrici libererà le risorse necessarie a sostenere la crescita, ad aumentare gli investimenti e la competitività ed a correggere in maniera strutturale i conti pubblici.

Per quanto il Governo possa indicare direttrici, elaborare strategie, fornire incentivi alle imprese e sostegno alle famiglie, i risultati della politica economica dipendono dal comportamento di 60 milioni di persone, libere di scegliere e determinare per questa via lo sviluppo dell'economia. È necessario lo sforzo di tutti: cittadini, famiglie, istituzioni, parti sociali, ciascuno nell'ambito dei propri compiti e responsabilità all'interno di un quadro d'insieme ampiamente condiviso, pur con diverse opinioni, posizioni, interessi.

Lo sviluppo

In questa situazione, per l'Italia, come per i grandi paesi, il mancato sviluppo non è un ciclo avverso, ma una trappola di bassa crescita, con conseguenze negative sui bilanci dei cittadini, sui conti delle aziende e sulle finanze pubbliche. Una trappola purtroppo basata su un crescente divario strutturale nei confronti delle economie più avanzate e dinamiche: minore innovazione, minore produttività, minori ore lavorate per addetto, minor tasso di partecipazione, minor competitività. Questi differenziali negativi si ripercuotono in una minore crescita reale e potenziale, evidenziata dall'andamento deludente della produzione industriale.

Ne consegue che una politica di bilancio che si limiti ad affrontare le difficoltà con tagli e misure finanziarie, aspettando la ripresa, risulterebbe una strategia inefficace.

La risoluzione del Parlamento approvativa del DPEF

Il Parlamento, dopo aver esaminato il Documento di programmazione economico-finanziaria che offre il quadro delle tendenze e degli indirizzi nel quale si iscrive la manovra di bilancio per il prossimo quadriennio, ha approvato il 3 agosto una risoluzione che esplicitamente richiama la necessità del rilancio e del perfezionamento del Patto di stabilità e crescita nell'ambito dell'Unione economica e monetaria al fine di realizzare gli obiettivi di Lisbona 2000.

In questo quadro il Parlamento impegna il Governo a realizzare una serie di obiettivi, fra i quali, per quanto riguarda quelli di carattere macroeconomico:

“a privilegiare le misure idonee a colmare il divario nei confronti delle economie più dinamiche, incidendo in particolare sui fattori che possono promuovere una più intensa crescita della produttività, un più elevato tasso di innovazione del sistema produttivo e un recupero del livello di competitività del sistema stesso, attraverso:

- *il potenziamento delle infrastrutture materiali e immateriali;*
- *l'incentivazione alla ricerca e alla innovazione tecnologica;*
- *la completa apertura del mercato interno con particolare riferimento ai servizi pubblici, nel rispetto delle esigenze delle comunità locali ed alle professioni;*
- *il recupero della produttività, attraverso la ripresa degli investimenti e l'aggiornamento dei processi produttivi;*
- *l'adozione di misure, anche di carattere normativo, volte a favorire l'organizzazione delle piccole e medie imprese in reti;*
- *il sostegno della competitività del settore agricolo e agroalimentare;*
- *la tutela dei prodotti italiani di qualità;*
- *il sostegno dei settori ad alta tecnologia, in particolare a quelli aerospaziali e dell'elettronica.”*

Una politica di soli tagli senza un disegno di sviluppo provocherebbe un violento rallentamento della crescita, vanificando il raggiungimento degli obiettivi di finanza pubblica, tipicamente espressi in percentuale del PIL.

Serve, pertanto, una forte spinta che permetta di uscire dalla trappola della bassa crescita che caratterizza l'economia italiana e che rischia di mutarsi in fenomeno strutturale e non più temporaneo, legato alla congiuntura.

Perciò aumentare il tasso di crescita reale e potenziale è prioritario. Si devono accordare credibilità e sviluppo attraverso interventi strutturali che comprendano riforme economiche e sociali, fiscali e Mezzogiorno.

Una opportunità per lo sviluppo è rappresentata dagli investimenti in infrastrutture, sacrificati in passato al rispetto dei criteri di Maastricht nell'incapacità di realizzare riforme strutturali più profonde. Fra le priorità, il potenziamento di infrastrutture materiali ed immateriali, in particolare la ricerca e l'innovazione tecnologica. Il finanziamento potrà avvenire anche attraverso forme di partecipazione pubblico-privato e attraverso la costituzione di un Fondo Rotativo che offra credito in luogo di sussidio. È necessario altresì completare la riforma scolastica in via di attuazione, razionalizzare e rafforzare il sistema universitario con formule diverse di finanziamento che tengano conto della valutazione dell'efficienza e dei risultati.

L'ampiezza degli interventi che si rendono necessari e le difficoltà da superare richiedono la condivisione degli obiettivi fra tutti i soggetti coinvolti: Governo, Enti locali, Partecipazioni statali. O meglio: Stato, economia e società.

In particolare, è opportuno favorire forme di collaborazione fra Governo e Comuni, Regioni, Province e Comunità montane; nonché, con particolare riferimento ai primi, iniziative volte a contrastare l'evasione fiscale ed il sommerso; così da articolare un coinvolgimento del-

le Istituzioni locali nell'azione di correzione dei conti pubblici e di rilancio dell'economia. In linea con il Patto di Stabilità Interno e le compatibilità di bilancio, il Governo procederà all'avvio graduale del trasferimento alle Regioni di risorse e beni connessi alle nuove competenze legislative ed amministrative, anche attraverso apposito disegno di legge. Verranno introdotti criteri di flessibilità e di premio per quelle Regioni ed Istituzioni locali che si mostrino meglio amministrate rispetto al Patto di Stabilità Interno, con particolare riferimento al debito ed alla spesa.

Il passaggio dalla lira all'euro ha prodotto un aumento, talvolta incontrollato, dei prezzi. L'obiettivo del Governo è, in vista del rilancio e dell'equità, elevare il potere d'acquisto, favorendo l'assorbimento delle pressioni inflazionistiche verso i livelli medi europei, anche attraverso un'attenta politica basata su un puntuale monitoraggio dei prezzi, su un contenimento dei prezzi amministrati e delle tariffe. Ed a tal fine il Governo è disponibile all'apertura di un confronto negoziale con le parti sociali per approfondire le dinamiche alla base dei meccanismi di formazione dei prezzi.

Cruciale è il ruolo del Terzo Settore al fine di completare, secondo principi di sussidiarietà, l'azione del Governo: sei milioni di persone vi si impegnano. Costituiscono una risorsa irrinunciabile. Perciò la politica economica farà il possibile per rendere la loro funzione ancora più rilevante.

Ugualmente attenta sarà, nell'ottica delle pari opportunità, l'azione del Governo per misure di conciliazione famiglia-lavoro, per i servizi e la tutela dell'infanzia, per il sostegno alla natalità e ai soggetti deboli, anche attraverso il servizio civile.

Il Governo intende migliorare la strategia volta a rendere più incisive le politiche per il Sud. In particolare, verrà favorita la realizzazione di infrastrutture nei settori dei trasporti, dell'energia, delle reti idriche ed energetiche, delle telecomunicazioni. Dal lato delle infrastrutture immateriali, verranno incrementati gli investimenti in ricerca, innovazione e formazione. Permane come obiettivo prioritario la valorizzazione dell'ambiente, delle risorse artistiche, culturali e turistiche del Mezzogiorno, soprattutto con riferimento al mercato internazionale e anche utilizzando le ICT.

Il Governo intende, altresì, studiare l'introduzione di formule di fiscalità per lo sviluppo per le aree meridionali e per le aree economicamente più deboli del Centro Nord e per le piccole attività. A tutti questi temi, qui solo menzionati, è dedicato il IV capitolo di questo Documento.

Le riforme economiche e sociali

Il Governo ha avviato un programma di riforme economiche e sociali, al fine di accrescere la competitività del Paese ed in piena coerenza con gli obiettivi fissati dall'Unione Europea a Lisbona. Alcune di queste riforme sono già operative, come la riforma del mercato del lavoro, la riforma del diritto societario, la riforma della scuola.

La riforma della previdenza è stata approvata nel mese di luglio, dopo un lungo dibattito nel Paese e nel Parlamento. Innestata sulla riforma del 1995, essa affronta i due temi lasciati ancora irrisolti in quasi tutti i Paesi europei: il ritiro anticipato in connessione con i mutamenti demografici; la creazione di un secondo pilastro di previdenza che integri le pensioni pubbliche negli anni a venire e crei una classe di investitori istituzionali.

Altre riforme sono all'esame del Parlamento, e la loro definitiva approvazione è prevista entro l'anno. Si tratta, in particolare, delle riforme relative: al sistema degli ammortizzatori sociali; alla tutela del risparmio; al settore energetico; al sistema ambientale; all'università e alla ricerca scientifica, così da accelerare la formazione del capitale umano.

Un terzo gruppo di riforme, che sarà proposto al Parlamento in tempi rapidi, riguarda la

**verranno
incrementati
gli
investimenti
in ricerca,
innovazione
e formazione**

liberalizzazione e privatizzazione dei servizi, la riforma delle professioni.

Altri settori, come quello energetico, assicurativo e finanziario, necessitano di un' incisiva azione a favore della concorrenza al fine di ridurre prezzi e costi per le aziende e cittadini. Si tratta di politiche per la concorrenza di cui raramente si parla nei discorsi macroeconomici, essenziali invece per promuovere lo sviluppo, contrastare l'inflazione, difendere il potere d'acquisto. In particolare nel settore dell'energia il Governo, anche attraverso provvedimenti amministrativi indirizzati all'Autorità per l'energia elettrica e il gas, promuoverà la sicurezza e l'efficienza del sistema proseguendo la liberalizzazione e garantendo certezza del quadro regolatorio. Si favorirà la diversificazione delle fonti, lo sviluppo delle reti, e si razionalizzeranno i soggetti operanti in attività di pubblico interesse.

Per quanto riguarda la politica industriale è urgente definire un programma di intervento per lo sviluppo di settori innovativi, come la banda larga e il digitale terrestre.

Altre azioni dovranno essere previste nei comparti più tradizionali, ma ad alto potenziale, come il turismo e l'agroalimentare. Queste misure dovranno essere coordinate in ben definiti "Programmi Paese" di natura strategica, come ad esempio: la difesa del suolo, le bonifiche dei siti inquinati, la qualità dell'aria, il Protocollo di Kyoto, la difesa dei prodotti italiani e la lotta alla contraffazione. Prezioso il coinvolgimento degli imprenditori italiani all'estero. Accanto a questi strumenti, il Governo intende potenziare, nel rispetto della normativa europea, gli interventi per il sostegno ed il rilancio di aziende e distretti operanti in settori strategici ed in aree a forte concentrazione industriale, che attraversano crisi di competitività imputabili a fattori esterni. La Presidenza del Consiglio coordinerà, gli interventi per le modalità di utilizzo del Fondo Rotativo ed il ruolo operativo che Sviluppo Italia SpA dovrà assumere nel sostegno alle imprese e nella riqualificazione e riconversione delle aree produttive dismesse su tutto il territorio nazionale.

Un contributo non secondario per una maggiore competitività delle imprese potrà arrivare dalla riforma della Legge fallimentare. Una riforma che il Governo conta di presentare in tempi brevi all'esame del Parlamento, dopo un coinvolgimento ed una condivisione dei principi con le parti interessate.

Il Governo valuterà poi l'eventuale rifinanziamento del Fondo Rotativo Nazionale per interventi nel capitale di rischio su tutte le aree di crisi del Paese.

Infine, risulterà ancora una volta cruciale il coinvolgimento delle Istituzioni locali nel processo di sviluppo. A tal fine, il Governo si impegna a confermare l'azione già avviata di progressiva semplificazione burocratica-amministrativa, anche facendo ricorso ad un recupero di efficienza attraverso programmi di *e-government*.

Il quadro macroeconomico programmatico 2005-2008

L'effetto delle politiche varate dal Governo si tradurrà nel corso dei prossimi anni in un innalzamento del tasso di sviluppo del Paese, nonostante l'aggiustamento strutturale dei conti pubblici.

La crescita del PIL, rispetto ad un profilo tendenziale dell'ordine del 2 per cento, raggiungerà il 2,3 per cento nel 2007-08. Il minor contributo dei consumi della Pubblica Amministrazione alla crescita sarà più che compensato dall'espansione degli investimenti e dei consumi delle famiglie, mentre il settore estero continuerà a sottrarre qualche decimo di punto allo sviluppo del reddito.

I consumi delle famiglie sono attesi aumentare del 2,1 per cento nel 2005 e nel triennio seguente, mediamente, del 2,4 per cento. Le famiglie dovrebbero beneficiare di una più elevata crescita del reddito disponibile indotta dalla minore pressione fiscale e dal miglioramento del mercato del lavoro. Il ristabilirsi di un favorevole clima di fiducia, in assenza di tensioni infla-

*si favorirà
la diversifi-
cazione
delle fonti,
lo sviluppo
delle reti*

Contributi alla crescita del PIL

	2005	2006	2007	2008
PIL	2,1	2,2	2,3	2,3
Contributi alla crescita:				
■ Domanda finale	2,2	2,4	2,5	2,6
- investimenti	0,7	0,8	0,8	0,9
- investimenti costruzioni	0,2	0,0	0,2	0,0
- spesa delle famiglie	1,3	1,5	1,5	1,5
- spesa delle P.A. e I.S.P.	0,0	0,1	0,0	0,1
■ Scorte	0,2	0,1	0,1	0,0
■ Esportazioni nette	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3

zionistiche, si tradurrà in un progressivo aumento della propensione al consumo.

Le positive prospettive della domanda, le agevolate condizioni di finanziamento e le misure di sostegno agli investimenti adottate dal Governo, in particolare nel settore delle infrastrutture e nelle aree a ridotto sviluppo, daranno luogo ad una crescita media della spesa in conto capitale nel periodo 2005-08 dell'ordine del 4 per cento, circa un punto percentuale al di sopra del profilo tendenziale. Gli investimenti in beni strumentali aumenteranno ad un tasso superiore al 5 per cento, quelli nelle costruzioni ad un tasso del 2,5 per cento.

Conto economico delle risorse e degli impieghi a prezzi 1995

	2005	2006	2007	2008
PIL ai prezzi di mercato	2,1	2,2	2,3	2,3
Importazioni di beni e servizi	6,9	7,0	7,0	6,9
Totale risorse	3,1	3,3	3,4	3,4
Consumi finali nazionali	1,7	1,9	2,0	2,0
- spesa delle famiglie residenti	2,1	2,4	2,5	2,4
- spesa della P. A. e I.S.P.	0,3	0,3	0,4	0,6
Investimenti fissi lordi	3,9	4,0	4,2	4,0
- macchinari, attrezzature e vari	5,0	5,2	5,5	5,0
- costruzioni	2,4	2,5	2,4	2,7
Domanda finale	2,1	2,4	2,5	2,4
Variazione delle scorte e oggetti di valore (*)	0,2	0,1	0,1	0,1
Esportazioni di beni e servizi	6,0	6,1	6,1	6,2
Totale impieghi	3,1	3,3	3,4	3,4

(*) contributi alla crescita

Le esportazioni, beneficiando del miglioramento di competitività del Sistema Paese, cresceranno in misura leggermente più elevata rispetto al quadro tendenziale. Le importazioni, stimolate viceversa dalla maggiore domanda interna, mostreranno una dinamica più accentuata. Il deficit corrente della bilancia dei pagamenti resterà intorno all'1 per cento del PIL.

Dal lato dell'offerta, l'industria e i servizi privati contribuiranno positivamente alla crescita complessiva nell'arco previsivo, mentre i servizi pubblici, a riflesso delle politiche di contenimento della spesa, registreranno una sostanziale stazionarietà.

L'occupazione aumenterà di circa l'1 per cento all'anno nel quadriennio, trainata dai servizi privati e dalle costruzioni. Di converso, il tasso di disoccupazione scenderà progressivamente, collocandosi a fine periodo al 7 per cento, 1,3 punti al di sotto del tasso previsto nello scenario tendenziale. Il tasso di occupazione salirà nel 2008 verso il 60 per cento, vicino all'obiettivo stabilito per l'Italia (61,3 per cento entro il 2010).

In un quadro di moderazione dei prezzi internazionali, i salari cresceranno coerentemente con l'aumento della produttività. Le pressioni inflazionistiche, pur in un contesto di maggiore crescita della domanda, rimarranno contenute. Tenendo conto delle dinamiche dei prezzi all'importazione e delle politiche attive del Governo su prezzi e tariffe, e prendendo come base di riferimento l'indice ISTAT dei prezzi al consumo per famiglie, operai ed impiegati, il tasso programmato d'inflazione viene indicato all'1,6 per cento per il 2005, all'1,5 per cento per il 2006, all'1,4 per cento per gli anni successivi.

Quadro programmatico: indicatori macroeconomici di medio termine
(variazioni percentuali)

	2005	2006	2007	2008
PIL reale 2,1	2,2	2,3	2,3	
Deflatore consumi	2,3	2,1	2,0	2,0
Deflatore PIL	2,3	2,2	2,1	2,1
PIL nominale	4,4	4,5	4,4	4,4
Inflazione programmata	1,6	1,5	1,4	1,4
Costo lavoro	2,6	2,4	2,5	2,6
Produttività (mis. su PIL)	1,2	1,2	1,4	1,3
CLUP (misurato su PIL)	1,4	1,2	1,1	1,3
Occupazione (ULA)	0,9	1,0	0,9	1,0
Tasso di disoccupazione	8,2	7,6	7,3	7,0
Tasso di occupazione (15-64 anni)	57,5	58,5	59,1	59,7
Deflatore importazioni	1,7	1,5	1,5	1,5
Commercio internazionale (*)	10,2	8,0	8,0	8,5
Prezzo del petrolio	32,0	30,0	28,5	28,5
Saldo corrente Bil. Pag.	-1,2	-1,1	-1,2	-1,2

(*) serie OCSE - valori cif

La politica per la competitività del Mezzogiorno e delle aree sottoutilizzate del Centro-Nord

L'aumento della competitività del Mezzogiorno e la riduzione del suo divario di sviluppo e di occupazione con l'Europa costituiscono requisito primario per il recupero di competitività del Paese. A questo obiettivo, e a quello di accrescere lo sviluppo delle aree sottoutilizzate del Centro Nord, è rivolta l'azione del Governo.

Il miglioramento della dotazione infrastrutturale materiale e immateriale, accompagnato da incentivi efficaci e, ove possibile, transitori è lo strumento principale di questa azione.

L'attuazione delle regole preposte all'assegnazione delle risorse e al loro utilizzo, e nuove azioni per accrescere la capacità delle amministrazioni, garantiranno un miglioramento nella qualità ed efficacia della spesa. Per consolidare ed estendere i risultati già raggiunti, il Governo continua ad assicurare finanziamenti in conto capitale, garantendo l'addizionalità dei fondi trasferiti dall'Unione Europea.

Incentivi e credito

In linea con le indicazioni contenute nei precedenti documenti di programmazione economico e finanziaria, i principali strumenti di incentivazione vengono sottoposti a un'intensa attività di revisione, volta ad incrementarne efficienza ed efficacia, anche con l'uso di apposito Fondo Rotativo.

Una parte rilevante del sistema degli incentivi è stata sottoposta a riforma nel biennio 2002-2003, grazie ad un'azione concertata fra il Ministero delle Attività Produttive, il Ministero dell'Economia e delle Finanze e le Regioni.

In particolare, il Fondo per le aree sottoutilizzate finanzia un gruppo limitato di incentivi che, nel 2002, ha complessivamente erogato alle imprese circa 4 miliardi di euro destinati per l'80 per cento al Mezzogiorno. Tale valore si raffronta a quello di un gruppo di altri incentivi settoriali o orizzontali che, sempre nello stesso anno, ha erogato alle imprese 3,5 miliardi di euro, destinati per il 20 per cento al Mezzogiorno.

Le modifiche realizzate per il credito d'imposta per gli investimenti e per l'occupazione, nonostante le difficoltà iniziali, hanno consentito di dare certezza finanziaria agli strumenti e ne hanno assicurato la controllabilità. La specifica campagna di controlli e verifiche attivata dall'Agenzia delle Entrate ha reso possibile l'immediato recupero di agevolazioni spontaneamente restituite dagli interessati.

Gli strumenti per l'auto-imprenditorialità e l'auto-impiego e del *franchising* gestiti da Sviluppo Italia sono stati riattivati su basi di maggior efficienza e verificabilità: una parte dell'intervento in conto capitale è stata trasformata in credito agevolato. È in corso sempre da parte di Sviluppo Italia la costruzione di un sistema innovativo per l'Italia di attrazione degli investimenti: le esperienze pilota nel frattempo avviate stanno fornendo indicazioni assai rilevanti. Per i patti territoriali, sulla base di una analisi valutativa del loro impatto, si è proceduto a introdurre vincoli minimi di efficienza, il mancato rispetto dei quali comporta l'automatico definanziamento. Su tali basi, si è proceduto ad avviare la loro regionalizzazione. È ora urgente che le Regioni realizzino un processo di integrazione, nei loro territori, fra le diverse esperienze di sviluppo locale realizzate in questi anni e fra queste e le proprie azioni di rete nei campi dei trasporti, del turismo e della promozione industriale.

La revisione normativa della legge 488/92 rappresenta il nuovo passo da compiere. La nuova disciplina dovrà prevedere una maggiore responsabilità sia delle imprese, sia degli istituti di credito coinvolti nelle procedure agevolative. Il contributo pubblico in conto capitale a fondo perduto verrà sostituito gradualmente, anche attraverso il ricorso ad un Fondo Rotativo, con un finanziamento con capitale di credito non inferiore al primo, composto per pari importo da un finanziamento pubblico, da restituirsi a un tasso di interesse agevolato, e da un finanziamento bancario ordinario a tassi di mercato, erogato dallo stesso soggetto che valuta le iniziative agevolabili.

Gli incentivi hanno a lungo compensato un mercato del credito carente, ma così facendo ne hanno spesso scoraggiato lo sviluppo. Le misure di sostegno alle imprese devono, invece, attraverso le riforme realizzate e in corso, risultare propedeutiche a un rafforzamento del ruolo delle banche a sostegno dello sviluppo territoriale. I dati mostrano infatti che tale ruolo è ancora inadeguato.

una parte
dell'intervento in
conto
capitale
è stata
trasformata
in credito
agevolato

L'intervento pubblico, a partire dalla riforma della legge 488/92, deve promuovere l'impegno degli Istituti di credito nel finanziamento dello sviluppo.

Occorre quindi puntare su misure che favoriscano l'aggregazione, la capitalizzazione, l'organizzazione e la promozione del ruolo dei consorzi fidi anche per gli investimenti più rischiosi come quelli innovativi; il riequilibrio della struttura finanziaria delle imprese; il ricorso alla finanza innovativa, a partire dal *Venture Capital*, soprattutto nei settori *high-tech* e a supporto dei processi di innovazione.

L'insieme di questi interventi di riforma del sistema di incentivi rappresenta la premessa che consentirà di passare a una piena realizzazione dell'azione di revisione incentrata su valutazioni di efficacia economico-sociale. Si potranno, in altri termini, iniziare a graduare le assegnazioni finanziarie non solo sulla capacità di assorbimento delle risorse, ma soprattutto sulla capacità degli strumenti di produrre effetti permanenti sullo sviluppo e sull'attrattività dei territori. A tale scopo, secondo gli indirizzi del CIPE, si sta dando luogo ad analisi valutative di efficacia degli strumenti, particolare attenzione, di concerto con le parti economiche e sociali, verrà posta al *bonus* occupazione, i cui risultati sono stati inferiori alle aspettative.

Questa seconda e più matura fase di governo degli incentivi dovrà tenere conto, e ove possibile, influenzare, l'elaborazione di nuovi orientamenti a livello europeo.

Non si può evitare di guardare con preoccupazione a un utilizzo incondizionato degli incentivi in Europa quale strumento volto ad attrarre investimenti, con il rischio di una competizione distruttiva, a somma zero, fra paesi e regioni. In coerenza con l'azione negoziale in corso per la politica di coesione, il governo si adopererà per contenere tali rischi e per evitare che l'Italia si trovi in condizioni di difficoltà comparata.

L'indirizzo in tema di aiuti regionali preannunciato dalla Commissione europea va nella giusta direzione, ma richiede ancora importanti affinamenti:

- è appropriata, ma non appare ancora calibrata, la riduzione degli aiuti regionali per le grandi imprese; deve, in particolare, chiudersi il differenziale fra aree arretrate per reddito pro capite, per evitare fenomeni impropri di competizione;
- è inopportuno il passaggio da equivalente sovvenzione netto (ESN) a equivalente sovvenzione lordo (ESL), che distorce gli aiuti in relazione al regime fiscale;
- occorrono previsioni ad hoc per le aree insulari e per quelle confinanti con nuovi stati membri;
- deve rafforzarsi l'orientamento a favore di investimenti privati che si integrino con interventi "tematici" per la ricerca, l'innovazione, la protezione dell'ambiente e la formazione.

Con riguardo a questo ultimo profilo, dovrà essere potenziato lo sforzo in atto per aumentare la selettività degli incentivi in favore della ricerca e dell'innovazione attraverso l'introduzione di criteri di selezione che premiano l'innovatività attesa dell'investimento. Dovrà essere rafforzata la tutela della proprietà intellettuale per incentivare l'investimento in R&S. È dalla maggiore apertura alla concorrenza internazionale, unita a più elevati investimenti in ricerca ed innovazione, che ci si aspetta un forte stimolo al sistema produttivo italiano perché raggiunga o non abbandoni la frontiera della competitività internazionale.

In definitiva, gli incentivi dovranno progressivamente trasformarsi da meri aiuti compensativi di carenze strutturali e amministrative a reali strumenti di crescita della competitività delle nostre imprese e quindi del Paese.

**aumentare
la selettività
degli
incentivi in
favore della
ricerca e
dell'innovazione**

Il metabolismo della città di Roma

GIORGIO NEBBIA
Professore emerito
Università di Bari



spazio aperto

L'idea di città come organismo vivente simile al corpo umano è antica, ma solo da quarant'anni si è iniziato a studiare il carattere e il comportamento "biologico" delle città. Si misura dunque il metabolismo urbano mediante il flusso di materiali che la città ogni giorno riceve dall'esterno, trasforma e usa generando rifiuti gassosi, liquidi e solidi

Rome's **metabolism**

The idea of the city as a living organism similar to the human body is an old one, but people began to study the "biological" character and behaviour of cities only forty years ago. Urban metabolism can be measured in terms of the flows of materials that the city receives day by day from the outside world, processes and uses, generating gaseous, liquid and solid waste

Una proposta di contabilità in unità fisiche

Il convegno dell'Accademia dei Lincei sugli ecosistemi urbani (ottobre 2001) ha messo in evidenza che una città si comporta come un grande organismo vivente, con il suo flusso di beni materiali che vengono trasformati al suo interno e ne escono sotto forma di scorie e rifiuti gassosi, liquidi e solidi.

Lo smaltimento delle scorie liquide e solide del metabolismo urbano è sempre stato uno dei problemi dei governanti delle città. La città di Roma, fin dai suoi primissimi secoli, ha istituito degli speciali funzionari, con dignità sacerdotali, addetti alla costruzione e gestione delle fogne e dei rifiuti solidi, di cui esistono ancora oggi discariche in quella che era la periferia della città.

Nella presente relazione il metabolismo della città di Roma del Duemila viene analizzato cercando di misurare il flusso di materiali che attraversano la città. Si tratta di una estensione delle ricerche sulla redazione di una contabilità in unità fisiche dell'economia di un paese. Finora tali ricerche sono state fatte per paesi come la Germania, la Danimarca, l'Italia^[1], ma già in ricerche precedenti è stato messo in evidenza che tali analisi possono essere estese anche a unità "economiche" abbastanza piccole, come una regione o come è, appunto, una città.

Come prima cosa occorre fissare i confini dello spazio entro cui si vuole condurre l'analisi; nel caso della città di Roma prendiamo la superficie, circa 350 km², compresa entro quello che si chiama "Il grande raccordo anulare", della circonferenza di circa 70 km.

La redazione di un quadro *input-output* dei flussi di materia attraverso un territorio è basata sul principio di conservazione della massa: fissati i confini dello spazio fisico in cui l'analisi viene condotta, e fissati i settori (branche) fra cui vengono misurati gli scambi di materia e di energia, tutta la massa di materia che entra in circolazione si deve ritrovare come materia in uscita.

Anche per la città di Roma è stata elaborata una matrice intersettoriale che comprende i seguenti principali settori:

Corpi naturali

1. Aria
2. Acqua
3. Suolo

Attività "produttive"

4. Produzione di biomassa vegetale
5. Produzioni industriali
6. Trattamento dei rifiuti
7. Attività commerciali (classificate fra le attività produttive in quanto ricevono e scambiano beni materiali e generano scorie e rifiuti).

Consumi "finali"

8. Trasporti (classificati come consumi "finali" in quanto acquistano beni materiali e generano rifiuti senza generare beni materiali, ma solo un servizio)

*lo
smaltimento
delle scorie è
stato sempre
uno dei
problemi
delle città*

¹ Per una rassegna delle analisi intersettoriali in unità fisiche delle attività economiche si vedano, anche per la letteratura citata: G. NEBBIA, *Somiglianze e differenze fra fatti ecologici e fatti economici*, in: "Atti dei Convegni Lincei. 168. Atti della XVIII Giornata dell'ambiente. Convegno 'Ecologia e economia', 5 giugno 2000", Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, 2001, p. 73-114; G. NEBBIA, *Il Prodotto Interno Materiale Lordo dell'Italia*, *Economia & Ambiente*, 22, (5/6), 8-17 (settembre-dicembre 2003); *Studi Economici e Sociali*, 38, (4), 19-31 (ottobre-dicembre 2003).

9. Servizi: pubblica amministrazione ecc.
10. Consumi delle famiglie
11. Stocks: comprendono le masse di beni materiali durevoli, a vita lunga (superiore al periodo di un anno a cui si riferisce l'analisi)
12. Importazioni ed esportazioni "al di fuori" del territorio considerato per l'analisi: la città di Roma dentro il raccordo anulare.

Gli scambi da una branca all'altra sono indicati come $X(i,j)$. Tutti i flussi sono indicati come migliaia di t/anno e sono riferiti al 2000 (tabella 1).

Tabella 1

Tavola intersettoriale dei flussi di materia relativi al metabolismo della città di Roma. Tutti i dati sono in migliaia di tonnellate/anno e sono riferiti al 2000

		Air	Water	Soil	Vegetal biomass	Industry	Waste treatment	Trade services	Transportation	Services	Families	Stocks	Exports	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Air	1				100		200	200	800		700			2000
Water	2													
Soil	3				100									100
Vegetal biomass	4	100					100							200
Industry	5													
Waste treatment	6	200					1000						2300	3500
Trade services	7	200					700	500	200		3700	400		5700
Transportation	8	1000												1000
Services	9													
Families	10	3000					1400							4400
Stocks	11						100							100
Imports	12							5000						5000
		4500			200		3500	5700	1000		4400	400	2300	22000

Analisi delle varie branche

4. Biomassa vegetale

Dentro la città di Roma non ci sono attività agricole in senso stretto, ma si può calcolare che esistano circa 200 km² sui quali si svolgono attività fotosintetiche che possono andare dai parchi, a spazi verdi in mezzo a strade e abitazioni. Calcolando una intensità della radiazione solare di circa 3.000 MJ/m² anno, una produttività primaria netta di circa 0,2%, e un "contenuto energetico" di circa 16 MJ/kg di biomassa secca, si può calcolare che la biomassa secca che si forma dentro la città di Roma nel corso di un anno ammonta a circa 100.000 tonnellate. Per ogni kg di biomassa vegetale secca occorrono circa 1,5 kg di anidride carbonica tratta dall'atmosfera e circa 0,6 kg di acqua che immaginiamo tratta dal suolo, e viene immesso nell'atmosfera circa 1 kg di ossigeno.

Per "grossolano arrotondamento" si è stimato che la formazione di 100.000 t di biomassa secca comporti una richiesta di circa 100.000 t di gas prelevati dall'aria, di circa 100.000

t di acqua e sali prelevati dal suolo e l'immissione di circa 100.000 t di ossigeno nell'atmosfera

Si è stimato che le 100.000 t di biomassa secca prodotta ogni anno nella città di Roma praticamente non vengano assorbite da nessun settore economico e che vengano tutte raccolte come rifiuti e quindi finiscano come input nella branca del trattamento dei rifiuti, X(4,6).

5. Industria

La città come tale ha limitate attività "produttive" in senso stretto. Sono presenti attività artigianali o di produzione di merci per servizi (libri, carta stampata ecc.) e i flussi materiali, abbastanza modesti, relativi a tali attività sono stati inclusi fra i "servizi" (branca 9).

La città di Roma importa la maggior parte dei materiali occorrenti al suo metabolismo: alimenti, carta, carburanti, tessuti e altre merci, materiali da costruzione. La stima di queste grandezze è difficile e per ora bisogna accontentarsi di lasciare vuote le caselle X(i,5) e X(5,j).

6. Trattamento dei rifiuti

Nella presenta analisi si è schematizzato che la trasformazione e lo smaltimento, compreso il riciclo, dei materiali raccolti nelle operazioni di trattamento, X(i,6) abbiano luogo fuori della città. Il flusso dei rifiuti, anche di quelli riciclabili come risultato della raccolta differenziata o come risultato delle attività di autodemolizione, viene contabilizzato quindi come esportazione, X(6,12). In questa massa rientrano circa 1.600.000 t/anno di rifiuti solidi generati prevalentemente dalle attività commerciali X(7,6), dei servizi e famiglie, X(9,6) e X(10,6) e il flusso dei materiali provenienti dagli Stocks di beni durevoli: X(11,6).

7. Servizi commerciali

La maggior parte degli acquisti della popolazione di una città avviene attraverso dei sistemi commerciali costituiti da negozi all'ingrosso, supermercati, negozi al dettaglio. Nella contabilità dei flussi materiali si hanno quindi delle duplicazioni di flussi.

Le merci consumate dalla città sono in genere importate dall'esterno, X(12,7), in parte da grossisti o depositi che distribuiscono poi le merci ai "negozi" che riforniscono i singoli abitanti. Ciò avviene con i prodotti tessili, con i prodotti alimentari, i carburanti per riscaldamento ecc.

Si avranno perciò dei flussi all'interno della branca dei servizi commerciali, X(7,7) e poi dei flussi dai servizi commerciali alla branca dei servizi in genere, X(7,9) e delle "famiglie", X(7,10) schematizzabili come $X(12,7) \rightarrow X(7,7) \rightarrow X(7,10)$.

Si è deciso di contabilizzare anche queste duplicazioni di flussi perché in ciascuno di essi si hanno effetti sull'ambiente che figurano come flussi dai servizi commerciali in parte all'aria, X(7,1), e principalmente ai servizi di trattamento dei rifiuti, X(7,6).

Come vedremo, si può considerare che i carburanti per autotrazione siano importati direttamente dai distributori X(12,7) i quali li vendono al settore dei trasporti, X(7,8).

Il settore commerciale ha bisogno di "beni ambientali", essenzialmente tratti dall'aria come ossigeno per le combustioni delle fonti di energia, X(1,7).

8. Trasporti

I trasporti assorbono essenzialmente carburanti acquistati dalle reti di distribuzione; per semplicità si è calcolato che i servizi commerciali di carburanti importino direttamente dall'esterno i carburanti e li vendano ai consumatori, i quali, utilizzandoli, generano rifiuti che finiscono nell'aria.

*Roma
importa
la maggior
parte dei
materiali
che
metabolizza*

Si è schematizzata, quindi, una successione di flussi: $X(12,7) \rightarrow X(7,8) \rightarrow X(8,1)$.

Immaginando che a Roma 300.000 mezzi di trasporto automobilistici percorrano 20 km al giorno, il numero di km percorsi dai mezzi di trasporto è dell'ordine di grandezza di due miliardi all'anno. Immaginando che il consumo di carburante sia di 0,1 kg per km, corrispondente a circa 5-7 km/litro, il consumo di carburante della città si può stimare di circa 200.000 t all'anno: $X(7,8)$.

La combustione di circa 200.000 t/anno di carburanti per autotrazione comporta la sottrazione di circa 800.000 t/anno di ossigeno dall'aria, $X(1,8)$ e l'immissione nell'aria, $X(8,1)$, di circa un milione di t di anidride carbonica, vapore acqueo e altri gas. L'analisi qui esposta costituisce una prima approssimazione che fornisce alcuni ordini di grandezza dei flussi materiali. In analogia a quanto fatto per le ricerche precedenti, si è omesso il flusso dell'azoto che accompagna l'ossigeno tratto dall'aria.

Se si volessero avere informazioni utili ai fini della pianificazione del traffico, per esempio, o dei consumi energetici, sarebbe necessario identificare separatamente i flussi nell'aria dei vari gas provenienti dalle combustioni: oltre all'anidride carbonica, ossido di carbonio, composti dello zolfo, ozono, ossidi di azoto, polveri, idrocarburi cancerogeni ecc.

**le famiglie
a Roma
assorbono
tre milioni
di t/anno
di materiali,
principal-
mente
alimentari**

9. Consumi dei "servizi"

È questo uno dei settori in cui la valutazione è più difficile per la varietà delle merci acquistate (carburanti, carta, plastica, tessuti ecc.) da attività complesse che comprendono uffici pubblici, artigianato, piccolo commercio. Per la grande incertezza sono lasciate in bianco le caselle relative a tali settori i cui consumi, stimati, sono stati compresi in quelli della branca delle "famiglie" $X(7,10)$.

10. Consumi delle "famiglie"

La principale massa di materiali assorbiti dalle "famiglie" è costituita dagli alimenti richiesti da una popolazione che si può stimare di circa tre milioni di persone; in tale numero sono compresi gli abitanti abituali, gli abitanti temporanei (pendolari che consumano qualche pasto dentro la città), turisti, militari ecc. In questa prima approssimazione i servizi di ristorazione sono considerati dentro la branca 10, "famiglie".

Ciascuna persona ha un fabbisogno alimentare di circa 1,5 kg di alimenti (biomassa tale e quale) al giorno, il che corrisponde a circa 0,5 t/anno · persona, pari a circa 1,5 milioni di tonnellate all'anno di sostanze nutritive, in parte accompagnate da materie che vengono rigettate come scarti, per gli abitanti della città di Roma; gli alimenti peraltro sono contenuti in imballaggi di vetro, cartone, plastica ecc.

Le "famiglie" (branca 10) non importano direttamente i prodotti alimentari, ma li acquistano attraverso le reti di distribuzione (branca 7) per cui va contabilizzato un flusso $X(7,10)$. La branca 7 (commercio) comprende i mercati generali, le macellerie, le panetterie ecc.

Di questa massa di materiali una parte va dal settore della distribuzione alle famiglie, $X(7,10)$, ma una parte va dal settore della distribuzione alla branca della raccolta e trattamento dei rifiuti, $X(7,6)$: circa 300.000 t (imballaggi, scarti di verdura, di macellerie ecc.). Si tenga presente che una parte degli imballaggi del settore commerciale (soprattutto cartoni) vengono raccolti separatamente e sono assorbiti dalle operazioni di riciclo.

Il flusso di prodotti alimentari dal settore della distribuzione a quello delle famiglie, $X(7,10)$, si può stimare di circa 2.700.000 t comprendenti 2.000.000 t di alimenti e circa 700.000 t di imballaggi trasferiti dalle famiglie al trattamento dei rifiuti $X(10,6)$.

Dei 2 milioni di prodotti alimentari assorbiti ogni anno dalle famiglie circa 600.000 t/anno

sono ulteriormente costituiti da scarti di cucina e ristorazione – trasferiti al settore del trattamento dei rifiuti X(10,6).

Gli scarti e residui dei prodotti alimentari si possono così contabilizzare, in t/anno:

$$\begin{aligned} X(7,6) & \text{circa } 300.000 + \text{altri residui delle attività commerciali} \\ X(10,6) & \text{circa } 700.000 + \text{circa } 600.000 + \text{altri residui domestici} \end{aligned}$$

Come si è detto prima, la massa delle sostanze nutritive vere e proprie (biomassa tale-e-quala, con un contenuto medio di acqua del 50 %) si può arrotondare a circa 1,5 milioni di t/anno, il cui metabolismo richiede l'assorbimento dall'aria di circa 0,7 milioni di t di ossigeno e la immissione nell'atmosfera di circa 2,5 milioni di t di anidride carbonica e di vapore acqueo.

Il "consumo" di acqua di una persona in Italia ammonta a circa 100 metri cubi all'anno, di cui circa uno per il metabolismo alimentare tale e quale e il resto per i fabbisogni igienici, di eliminazione dei rifiuti ecc.

Per tre milioni di abitanti della città di Roma, ciò corrisponde ad un flusso di circa 300 milioni di tonnellate all'anno di acqua importata dall'esterno, a rigore passando, anche in questo caso, attraverso un distributore commerciale, le imprese acquedottistiche. Si dovrebbe quindi, a rigore, tenere conto di un flusso di acqua importata, poi "venduta" al settore commerciale, poi "venduta" alle famiglie, e da queste restituita al trattamento dei rifiuti e da questo esportata:

$$X(12,7) \rightarrow X(7,10) \rightarrow X(10,6) \rightarrow X(6,12)$$

Gli abitanti umani, nel loro metabolismo, infatti, generano escrementi che vengono smaltiti e trasferiti ai processi di trattamento esterni insieme, più o meno, alla stessa quantità di acqua che è entrata nel processo. Nella presente analisi viene omessa l'indicazione dei flussi totali di acqua, la cui grande quantità "oscurerebbe" la maggior parte degli altri flussi – tanto più che al flusso di acqua che attraversa la città, stimato in 300 milioni di t/anno, a rigore va aggiunto il flusso di acqua piovana che si può stimare, in media, di altri 300 milioni di t/anno; l'acqua piovana proviene dall'aria, X(1,i), ed "entra" in parte nel suolo, in parte scorre trascinando residui e alla fine figurerebbe in uscita come esportata all'esterno della città.

In questa analisi viene quindi contabilizzata soltanto la massa di acqua, anche in bottiglia – che le famiglie acquistano dai servizi di distribuzione, X(7,10), i quali a loro volta la importano dall'esterno della città – necessaria per le funzioni metaboliche, e viene indicato soltanto il flusso dei prodotti solidi del metabolismo umano smaltiti con le acque reflue, prodotti la cui massa è stimata in circa 20 kg/anno per persona, cioè in circa 60.000 t/anno, trasferiti dalle famiglie al trattamento dei rifiuti, X(10,6) e da questo esportate all'esterno del territorio, X(6,12).

La branca delle "famiglie" assorbe, X(7,10), circa 200.000 t/anno di combustibili per il riscaldamento domestico e invernale.

La combustione di circa 200.000 t/anno di combustibili fossili, prodotti petroliferi e gas naturale, comporta la sottrazione di circa 700.000 t/anno di ossigeno dall'aria, X(1,10), e l'immissione nell'aria, X(10,1), di circa un milione di t/anno di anidride carbonica, vapore acqueo e altri gas. L'analisi qui esposta costituisce una prima approssimazione che fornisce alcuni ordini di grandezza dei flussi materiali.

I consumi di elettricità sono, ovviamente, privi di massa.

**ogni persona
consuma
in un anno
100 metri
cubi di acqua**

11. Stocks

È questo un altro settore di difficile definizione e valutazione. Se si accetta la definizione iniziale di materie e merci a vita lunga, si può schematizzare come flussi in entrata, provenienti dal settore della distribuzione, di cemento, calce, pietre e materiali da costruzione; inoltre rientrano in questa branca i beni durevoli, come elettrodomestici, autoveicoli, mobili, libri, una parte degli indumenti.

Le stime, difficili a livello nazionale, sono ancora più difficili a livello di una città. Qui viene indicato un flusso di circa 400.000 tonnellate/anno in entrata X(7,11); dagli stocks "escono" annualmente dei materiali usati che vengono destinati al trattamento dei rifiuti X(11,6), stimati in circa 100.000 t/anno. Da tale differenza appare che la tecnosfera all'interno della città si rigonfia continuamente.

Considerazioni conclusive

**molti i
problemi per
amministrare
il flusso di
materiali
a Roma**

L'esame del flusso di materiali nelle varie branche naturali ed economiche indica che il metabolismo della città di Roma genera ogni anno circa 4,5 milioni di tonnellate di gas (anidride carbonica, ossido di carbonio, vapore acqueo, idrocarburi, ossidi di azoto, polveri ecc.) provenienti dalla combustione di combustibili e dal metabolismo umano, 300 milioni di tonnellate di acqua addizionata di scorie solide, più altri 300 milioni di t di acqua piovana, che fuoriescono dal sistema urbano (fluiscono nei fiumi della città, con o senza trattamento, con il loro carico di escrementi e rifiuti), circa un milione e mezzo di tonnellate di rifiuti solidi sono esportati e destinati a deposito in discarica o all'incenerimento e circa altri 800.000 t di rifiuti sono esportati al di fuori del territorio urbano e destinati al riciclo o ad entrare in altri cicli di produzione, trasformazione e consumo.

Fra questi si possono calcolare le masse degli autoveicoli, elettrodomestici ecc., usati "estratti" dagli Stocks, X(11,6), e destinati alla vendita al di fuori della città o alla rottamazione.

La matrice *input-output* presentata in questo articolo non è stata elaborata come semplice esercizio di ecologia urbana, ma indica i molti problemi aperti per chi volesse amministrare i flussi di materiali che attraversano una città come Roma. Innanzitutto va rilevata la carenza di buone informazioni statistiche; quando tali informazioni sono disponibili si tratta di dati aggregati, senza indicazione dei settori di provenienza e di destinazione e delle caratteristiche chimiche, biologiche e merceologiche almeno dei principali aggregati. Sono carenti, per esempio, dati aggiornati sulle caratteristiche del parco di autovetture circolanti, sulla massa di carburanti usati, sulle emissioni di gas nell'atmosfera; i pochi rilevamenti delle condizioni atmosferiche, a cui una amministrazione ricorre eventualmente per intervenire sul traffico, indicano soltanto la concentrazione nell'aria di alcune zone di alcuni degli agenti inquinanti, informazioni ben scarse se si vuole conoscere lo stato dell'aria respirata nel corso di un anno dagli abitanti di una città.

(Relazione presentata al Convegno "Ecosistema Roma", Roma 14-16 aprile 2004, presso l'Accademia Nazionale dei Lincei).

Un sistema integrato per la previsione e il controllo dell'inquinamento urbano

MARIA CRISTINA MAMMARELLA
GIOVANNI GRANDONI
PASQUALE FEDELE
ENEA
UTS Protezione e Sviluppo
dell'Ambiente e del Territorio,
Tecnologie Ambientali

La città di Roma, trasformata in laboratorio di ricerca a cielo aperto, ha permesso di mettere a punto modelli di previsione, per il contenimento dell'inquinamento atmosferico, in grado di prevedere le situazioni di emergenza e di indirizzare gli interventi sul territorio per migliorare la qualità dell'aria nella città valutandone a posteriori l'efficacia

studi & ricerche

An *integrated system* for predicting and monitoring urban pollution

Abstract

A.T.M.O.S.FE.R.A.®, a research project designed and carried out for the city of Rome, has made it possible to develop an innovative tool for monitoring, predicting and managing air pollution in large cities

a presente relazione ripercorre tutte le fasi del Progetto che hanno visto la città di Roma laboratorio di ricerca a cielo aperto per il raggiungimento di conoscenze scientifiche finalizzate a meglio comprendere il comportamento dell'atmosfera nei confronti della dispersione degli inquinanti in aria in ambito urbano.

In tale contesto sono state individuate nuove correlazioni fisico-matematiche che hanno permesso di realizzare modelli più idonei alla previsione dei livelli di concentrazione degli inquinanti in aria, segnando innovativi percorsi per il controllo della qualità dell'aria nelle grandi città.

Sull'esempio di quanto realizzato a Roma, anche le città di Milano e Napoli hanno chiesto di potersi dotare della Stazione Automatica Intelligente A.T.M.O.S.F.E.R.A.[®] (Analisi e Trattamento dati Meteo con l'Obiettivo di individuare Statisticamente Fenomeni Relativi all'inquinamento dell'Aria), di seguito più brevemente indicata con ATMOSFERA.

Premesso che le problematiche relative all'inquinamento urbano non possono trovare la loro soluzione che in una strategia di interventi strutturati sul territorio a medio e lungo termine (zona pedonale; parcheggi circostanti; zona di scorrimento veloce intorno ad essa; riorganizzazione, potenziamento e, per quanto possibile, elettrificazione del trasporto pubblico; accesso all'area urbana consentita solo a mezzi dotati di marmitte catalitiche ecc.), l'attività di studio e ricerca di cui l'ENEA si è fatto promotore è sfociata nella realizzazione di uno strumento indispensabile per meglio affrontare le situazioni di emergenza e per valutare a posteriori l'efficacia degli interventi adottati sul territorio, onde poterli meglio indirizzare nel futuro, fornendo così un supporto necessario al contenimento dell'inquinamento ed all'ottimizzazione delle strategie di intervento sul territorio per il miglioramento della qualità dell'aria in ambito urbano.

Inoltre, poiché in tale Sistema è dato un rilievo notevole alla conoscenza della micrometeorologia a scala locale della città, for-

nendo registrazioni in tempo reale sia dei dati meteorologici rilevati al suolo che di quelli previsti con modelli a scala locale specializzati sulla città, è chiaro il contributo notevole che sotto tale aspetto questo strumento può dare a qualsiasi attività in ambito urbano, per la quale sia necessaria la conoscenza della componente meteo-climatica locale, non ultima la prevenzione delle emergenze sanitarie, come ci hanno dimostrato i fenomeni estremi di caldo-umido verificatisi nell'estate 2003.

Non si può infatti gestire tutta una serie di problematiche urbane come salvaguardia del patrimonio artistico, qualità dell'aria, aspetti sanitari e di protezione civile, gestione del traffico ecc. senza disporre di una conoscenza e un controllo continuo dei parametri meteo-climatici locali.

Come nasce ATMOSFERA

Le politiche ambientali e di sviluppo nazionali negli ultimi tempi si sono sempre più indirizzate verso una logica di prevenzione dei fenomeni di inquinamento attraverso previsioni di scenari possibili, piuttosto che su interventi di risanamento. L'ENEA, fortemente impegnato in questo campo attraverso lo sviluppo di strumenti e approcci innovativi per il potenziamento della protezione dell'ambiente e della salute dell'uomo, ha realizzato la Stazione Automatica Intelligente ATMOSFERA, nell'ambito del Progetto denominato "Scheda 3.2: Monitoraggio ambientale e regolazione del traffico", sostenuto dal Ministero dell'Ambiente, nel Programma Triennale, per la Tutela dell'Ambiente 1989/1991 (PTT89/91), per il Disinquinamento Atmosferico e Acustico (DISIA) avente lo scopo di gestire, in ambito urbano, gli episodi acuti di inquinamento dell'aria e di fornire supporto nella programmazione del risanamento della qualità dell'aria.

Il Progetto, condotto da un gruppo di ricercatori dell'ENEA da sempre impegnati nello studio e nella sperimentazione della diffusione degli inquinanti in atmosfera, dopo una fase di ricerca durata diversi anni e

mirata ad una migliore comprensione delle dinamiche di dispersione degli inquinanti in ambito urbano, si è concluso con una campagna sperimentale di misura nei cieli di Roma, unica nel suo genere, alla quale hanno partecipato i ricercatori dell'Istituto di Fisica dell'Atmosfera di Frascati (CNR/IFA) unitamente al personale dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA), dell'Acea, dell'Università di Roma, del Progetto Antartide, del CASPUR, del Central Aerological Observatory di Mosca (Russia) e della Remtech S.A. France, con il supporto del Comune di Roma e l'assistenza dell'Aeronautica Militare. I risultati della campagna sperimentale hanno permesso di ultimare la Stazione ATMOSFERA dotandola di una rete neurale per la previsione dei livelli di concentrazione in aria degli inquinanti, che successivamente nel 1999 è divenuta brevetto italiano. Dopo opportuna sperimentazione, tale Stazione, grazie alla disponibilità del Comune di Roma, che anticipando i tempi ha subito creduto nella applicazione di sistemi innovativi contro l'inquinamento atmosferico, è stata applicata fin dal 1999 alla realtà della città, dove tuttora è operativa a sostegno dei tecnici dell'Amministrazione Comunale nella gestione della qualità dell'aria della città presso gli uffici del Direttore dell'U.O.

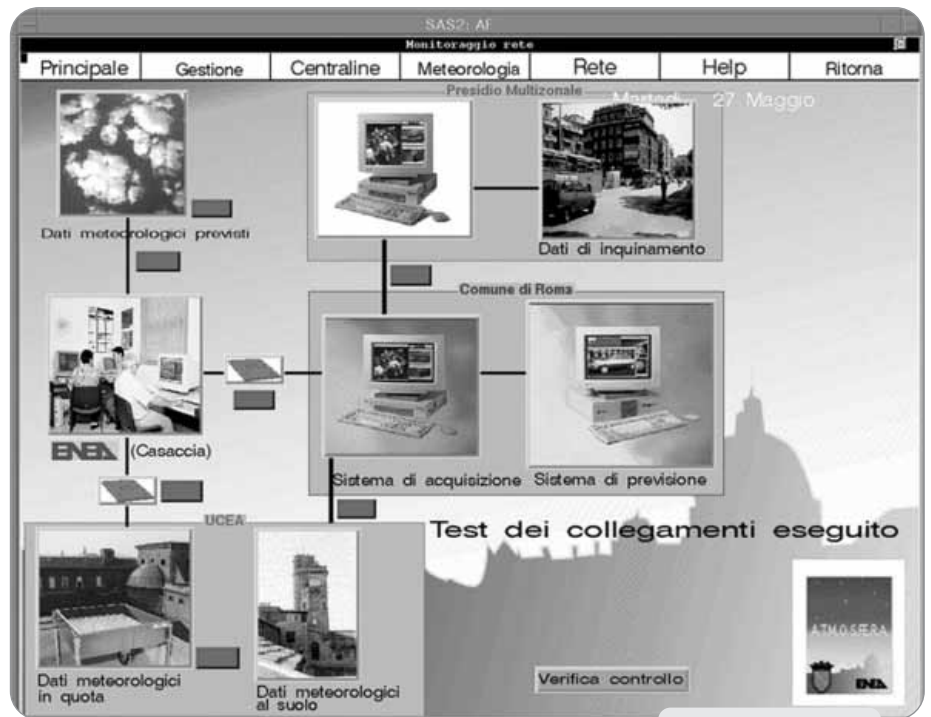


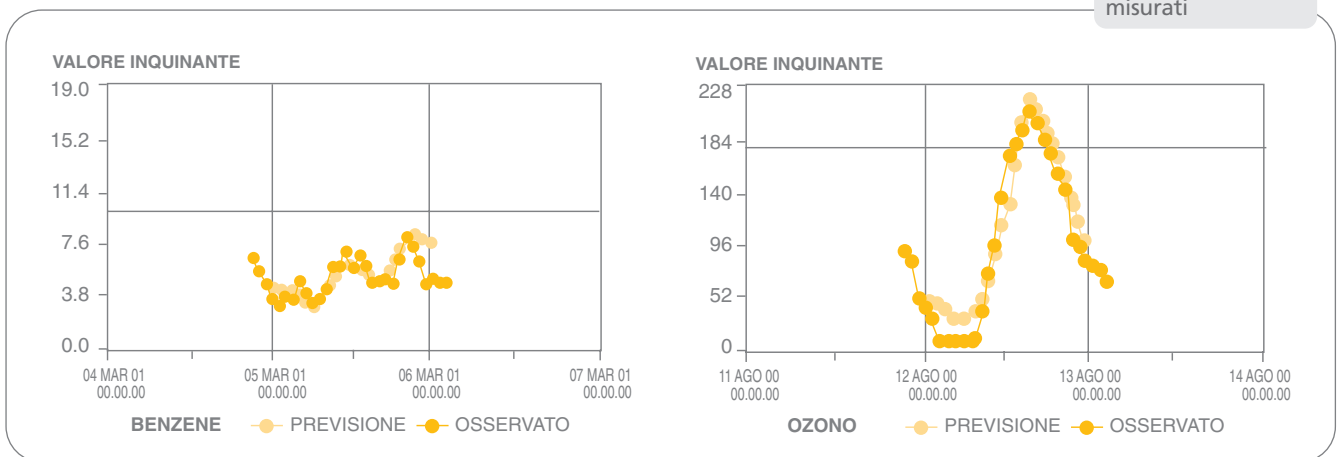
Figura 1
Schema dei collegamenti fisici del Sistema Automatico Intelligente ATMOSFERA per Roma

Prevenzione Inquinamento Acustico e Atmosferico, dell'Assessorato all'Ambiente del X Dipartimento del Comune di Roma.

Caratteristiche applicative di ATMOSFERA

La Stazione, realizzata in ambiente di sviluppo SAS del SAS-Institute srl, il cui obiettivo è il miglioramento della qualità dell'aria in ambito urbano, coadiuva a tale scopo gli Amministratori Locali, permettendo loro di ottenere i seguenti obiettivi principali:

Figura 2
Esempio di previsione del benzene e dell'ozono e relativi confronti con i dati misurati



1. fornire previsioni sulla qualità dell'aria nelle 24/48/72 ore successive, individuando gli stati di attenzione e di allarme, secondo le norme di legge nazionali e regionali;
2. valutare a posteriori l'efficacia degli interventi di limitazione del traffico e/o di altri provvedimenti, onde permettere ai decisori di orientare meglio gli stessi;
3. disporre di uno strumento flessibile e potente dedicato alla ricerca di relazioni tra inquinanti e condizioni meteorodiffusive locali dell'aria;
4. contribuire alla previsione di fenomeni meteorologici locali estremi pericolosi per la salute dell'uomo come gli episodi acuti di caldo umido verificatisi l'estate 2003;
5. consentire ai decisori ed ai tecnici di "visionare" in modo semplice situazioni storiche ed attuali inerenti l'inquinamento dell'aria;
6. disporre di una base di dati completa per l'applicazione di modelli meteo-diffusivi in ambiente urbano.

Il funzionamento del modello predittivo, una volta consegnato all'Amministrazione della città, viene seguito a distanza dai ricercatori dell'ENEA, per monitorarne i risultati sulla base dell'analisi dei dati che emergeranno dal suo funzionamento, al fine anche di prevedere modifiche strutturali in funzione dell'evolversi della normativa e per migliorarne le *performance* nel tempo. Il raggiungimento degli obiettivi sopra

● Funzioni di ATMOSFERA e vantaggi per la gestione della città ●

FUNZIONI DI ATMOSFERA

1. **Operazione di previsione dei valori di qualità dell'aria**
Prevede gli andamenti orari delle concentrazioni in aria dei singoli inquinanti fino a tre giorni di anticipo
2. **Operazione di valutazione dell'efficacia degli interventi**
Permette a posteriori di valutare l'efficacia dell'intervento attuato (es. limitazione del traffico nello spazio e nel tempo)
3. **Operazione di supporto alla riprogettazione della città**
Valuta a medio/lungo termine l'incidenza sulla qualità dell'aria di eventuali strategie a medio/lungo termine della riprogettazione della città
4. **Operazione di correlazione fra micro-meteorologia locale e qualità dell'aria**
Valuta le previsioni micro-meteorologiche locali e di qualità dell'aria, utili per individuare e prevedere eventi di malessere per la salute dell'uomo
5. **Operazione di previsione della tendenza degli andamenti della qualità dell'aria**
Prevede gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni in aria dei singoli inquinanti fino a tre giorni di anticipo

VANTAGGI PER LA CITTÀ

1. **Prevenzione e coinvolgimento della cittadinanza**
Permette agli Amministratori Locali di programmare in anticipo gli interventi sulla città al fine di evitare il verificarsi degli eventi critici (superamento delle soglie di attenzione e/o di allarme)
2. **Ottimizzazione degli interventi**
Permette agli Amministratori Locali la realizzazione di una strategia per ottimizzare le modalità dei vari interventi
3. **Valutazione delle strategie a medio/lungo termine per la riprogettazione della città**
Strumento di supporto e verifica alla programmazione degli interventi per diminuire l'immissione in atmosfera di inquinanti sulla città attraverso anche modifiche graduali sul traffico veicolare (elettrificazione delle auto ecc.), e sul riscaldamento condominiale (utilizzo di gas, teleriscaldamento ecc.)
4. **Operazione di vigilanza e informazione al pubblico**
Fornisce informazioni utili per la protezione sanitaria della popolazione
5. **Valutazione della tendenza della qualità dell'aria**
Verifica il rispetto della soglia del valore limite annuo e delle eccedenze

Eventi legati all'evoluzione di ATMOSFERA nel tempo

Il carattere di novità ed originalità della Stazione Automatica Intelligente ATMOSFERA, l'esperienza maturata nel suo sviluppo, nonché i vantaggi ambientali, sociali ed economici offerti dalla possibilità di estendere ad altre realtà urbane questa applicazione per favorire la vivibilità nelle grandi città, hanno permesso di continuare la sperimentazione di ATMOSFERA ottenendo un aggiornamento continuo nel tempo migliorandone le prestazioni attraverso un percorso evolutivo segnato da alcuni eventi significativi che di seguito vengono brevemente elencati:

- 1993** primi risultati degli studi relativi all'inquinamento dell'aria in ambito urbano, riportati dai mass-media;
- 1996** al prototipo di ATMOSFERA viene riconosciuto il Copyright ed il Marchio d'Impresa;
- 1996** successo della campagna di misura Remote Sensing per lo studio delle caratteristiche fisiche dell'atmosfera a Roma;
- 1997** l'Accademia dei Lincei propone la candidatura di ATMOSFERA per il Premio Italgas;
- 1997** Celebrazioni della Giornata Meteorologica Mondiale: ATMOSFERA viene proposta come esempio significativo, in Italia, di ricerca per la meteorologia applicata;
- 1998** l'Assessorato Ambiente del Comune di Roma si dota del primo neurone di ATMOSFERA che prevede l'inquinamento dell'aria;
- 1999** perfezionato il brevetto per la Stazione Automatica Intelligente ATMOSFERA d.n. RM99A000592;
- 1999** OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) a Parigi organizza una giornata di presentazione del Progetto ATMOSFERA come risposta ad alcune delle più importanti problematiche relative alla vivibilità nelle grandi città;
- 2000** la rete neurale di ATMOSFERA si dota di due nuovi neuroni dedicati alla previsione del benzene e del PM10, secondo la nuova normativa;
- 2002** la città di Milano definisce con ENEA un Progetto per dotarsi di ATMOSFERA;
- 2003** la città di Napoli definisce con ENEA un Progetto per dotarsi di ATMOSFERA;
- 2003** alla "Settima Conferenza Nazionale Delle Agenzie Ambientali" organizzata dall'APAT, è stata richiesta e presentata una relazione sugli ultimi risultati di ATMOSFERA;
- 2004** primi risultati dell'inserimento di un Sodar nella struttura fisica della Stazione Automatica Intelligente ATMOSFERA.



Questo percorso di ricerca, iniziato nei primi anni 90, che nel tempo continua ad arricchirsi di nuove prospettive costruendo da ogni risultato raggiunto un punto di partenza per una nuova linea di ricerca in grado di approfondire ed ampliare le tematiche relative all'inquinamento dell'aria in ambito urbano, ha creato di fatto un Laboratorio Sperimentale Permanente (LSP) a disposizione delle grandi città.

L'incoraggiamento del mondo scientifico, ed in particolare quello dell'Accademia dei Lincei, ha sostenuto i ricercatori nel proseguire l'attività intrapresa, non sempre facile, fino ad ottenere i risultati suindicati.

descritti viene ottenuto attraverso l'elaborazione di informazioni e dati presenti nella Stazione, più precisamente con:

- una descrizione costantemente aggiornata della qualità dell'aria acquisendo in tempo reale i livelli di inquinamento provenienti dalla rete di monitoraggio urbana dell'ARPA Lazio con il supporto del Comune di Roma;
- una rappresentazione della situazione meteorologica urbana elaborando i dati meteorologici orari a livello del suolo provenienti dall'Osservatorio Meteorologico del Collegio Romano dell'UCEA localizzato sulla Torre Calandrelli;
- le previsioni meteorologiche specializzate sulla città di Roma, per le 24/48/72 ore successive, elaborate a scala locale dal LAM ("Limited Airshed Model") dell'ARPA Emilia Romagna;
- le previsioni sulla qualità dell'aria nelle 24/48/72 ore successive ottenute con l'applicazione delle reti neurali MLP, RBF e Bidirezionale individuando gli stati di attenzione e di allarme, secondo le vigenti norme di legge;
- le valutazioni a posteriori dell'efficacia degli interventi di limitazione del traffico e/o di altri provvedimenti, onde indirizzare gli interventi sul territorio per il miglioramento della qualità dell'aria.

Caratterizzazione dei bassi strati dell'atmosfera mediante SODAR

Durante la campagna sperimentale e nei primi anni successivi nella Stazione ATMOSFERA, oltre a considerare i dati meteorologici raccolti dall'Osservatorio dell'UCEA, al di sopra del livello dei tetti, significativi e rappresentativi della situazione presente sulla città, sono stati considerati anche dati relativi alle altezze di eventuali strati stabili presenti

in quota, rilevati con l'impiego di strumenti di *remote sensing* come il SODAR (SOund Detecting And Ranging): tale strumento permette di valutare velocità e direzione del vento almeno fino a 500 metri di altezza, e segnala la presenza di eventuali strati stabili in quota, possibili anche di giorno.

È della massima importanza essere a conoscenza della presenza di un tale strato, perché esso impedisce la dispersione verso l'alto degli inquinanti emessi a livello del suolo (sia da traffico auto-veicolare che da riscaldamento e/o da attività industriali), contribuendo allo stabilirsi di alti valori di concentrazione degli stessi in aria.

I risultati ottenuti con la campagna di misura hanno evidenziato che il Sistema ATMOSFERA, integrando i dati meteorologici provenienti dalla stazione dell'UCEA nonché i dati meteorologici previsti mediante il modello LAM specifico per l'area metropolitana di Roma, con i dati di struttura verticale dei bassi strati dell'atmosfera mediante SODAR può, attraverso l'analisi statistica multivariata delle serie storiche e con l'utilizzo di modelli a rete neurale, meglio prevedere i livelli di qualità dell'aria nelle 24/48/72 ore successive.

(Relazione presentata al Convegno "Ecosistema Roma", Roma 14-16 aprile 2004, presso l'Accademia Nazionale dei Lincei)

Bibliografia

1. P. CAGNETTI, R. INGHILESI, M.C. MAMMARELLA, A. PELLEGRINI, A. TONDO: *Progetto A.T.M.O.S.FE.R.A.: una campagna di misura Remote Sensing per lo studio dello Strato Limite Planetario a Roma*, maggio 1997.
2. P. CAGNETTI, P. FEDELE, G. GRANDONI, M.C. MAMMARELLA: *A.T.M.O.S.FE.R.A.: uno strumento informatico statistico di analisi, controllo e previsione dei livelli di inquinamento urbano*, pubblicazione speciale ENEA - DRE giugno 1996.
3. R.B. STULL: *An introduction to boundary layer meteorology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1991.

Applicazione di un modello di previsione per l'inquinamento atmosferico a livello locale per la gestione della qualità: l'esperienza del Comune di Roma

D. Donati, E. Donato, C. Melocchi (Comune Di Roma, Dipartimento Politiche Ambientali ed Agricole)

Il Comune di Roma ha attuato e sta attuando politiche ed interventi di tipo strutturale per il contenimento dell'inquinamento atmosferico e per il miglioramento della qualità dell'aria.

La precedente normativa, ormai abrogata, imponeva, d'altro canto, una gestione della qualità dell'aria basata soprattutto sul concetto di contrasto delle situazioni emergenziali. Soltanto a seguito del recepimento, a livello nazionale, delle più recenti direttive europee in materia, si è registrato un cambio di prospettiva normativa e culturale volta ad una gestione strutturale del problema.

Il contesto normativo degli anni 90, pertanto, evidenziava, per l'Amministrazione Comunale, l'esigenza di dotarsi di uno strumento in grado di prevedere, pur con il margine di incertezza proprio di ogni modello previsionale, le situazioni di criticità, al fine di poter acquisire in tempo utile informazioni volte all'adozione di idonei provvedimenti di contrasto dell'emergenza.

In tale ambito è stato avviato un progetto di collaborazione fra il Dipartimento Politiche Ambientali del Comune di Roma e l'ENEA, per la realizzazione del sistema A.T.M.O.S.F.E.R.A., con lo scopo di poter acquisire uno strumento di supporto alle decisioni per la gestione della qualità dell'aria in ambito urbano.

Tale Sistema informatico di analisi e trattamento dei dati meteo per l'individuazione statistica dei fenomeni relativi all'inquinamento dell'aria costituisce uno strumento di particolare interesse e rilevanza per il Dipartimento Politiche Ambientali del Comune di Roma ed in particolare per la U.O. Prevenzione dell'inquinamento Atmosferico e Acustico, cui sono affidate, per competenza, responsabilità e compiti in materia di gestione della qualità dell'aria e del rumore ambientale.

La realizzazione del Sistema ha richiesto una costante interazione fra il Dipartimento Politiche Ambientali e l'ENEA per adeguare efficacemente le specifiche del sistema stesso alle caratteristiche territoriali della città di Roma, in relazione al contesto normativo allora vigente e alle competenze in materia di gestione della qualità dell'aria assegnate alle Amministrazioni Comunali e, nello specifico a detto Dipartimento.

La prima applicazione del Sistema ha preso in considerazione, proprio nell'ambito dei riferimenti normativi all'epoca vigenti, inquinanti, quali il monossido di carbonio, le polveri totali e l'anidride solforosa, con elaborazioni e valutazioni orientate principalmente alla previsione degli eventi critici di inquinamento, fornendo così un efficace supporto al Dipartimento Ambiente dell'Amministrazione capitolina, al fine di individuare gli inter-

venti più idonei da adottare per il controllo a breve termine degli eventi critici di inquinamento. Il sistema ha contribuito, inoltre, a gestire meglio gli aspetti operativi consentendo, in caso di criticità prevista, un'adeguata predisposizione alla gestione degli eventi stessi di inquinamento. La valutazione previsionale porta in sé un'altra informazione utile riguardante la valutazione dell'efficacia dei provvedimenti adottati che si concretizza nel confronto tra le situazioni registrate sul campo e le situazioni attese in base alle previsioni effettuate dal sistema relativamente ai giorni oggetto del provvedimento. Essendo A.T.M.O.S.F.E.R.A. basato su un sistema "neurale" di apprendimento, la previsione si basa su quanto appreso in condizioni "normali", e quindi lo scostamento da quanto registrato nelle condizioni particolari derivanti dall'applicazione del provvedimento stesso rappresenta proprio la variazione ottenuta in termini di efficacia.

L'evoluzione normativa in merito alla gestione della qualità dell'aria, avvenuta a livello europeo, nazionale e regionale come pure la parallela evoluzione normativa in materia amministrativa, che ha affidato sempre maggiori competenze e compiti agli Enti Locali, hanno trasformato in maniera rilevante il quadro di riferimento sul quale era stata improntata la prima applicazione del Sistema ATMOSFERA per il Dipartimento Politiche Ambientali del Comune di Roma. Sebbene, come già accennato, la logica delle nuove normative si focalizza soprattutto sulla gestione di tipo strutturale dell'inquinamento atmosferico, un sistema come ATMOSFERA può in ogni caso trovare efficace applicazione per intervenire sulle criticità e le situazioni di allerta, richiamate peraltro da recenti disposizioni regionali.

Per poter continuare a costituire un efficace supporto per i decisori politici locali e per quanti hanno precise responsabilità amministrative in materia, si è determinata l'esigenza di un aggiornamento e una implementazione delle *performance* applicative del sistema che dovranno essere orientate anche ad analisi, previsioni e valutazioni a supporto dell'individuazione di provvedimenti per la prevenzione ed il controllo del biossido di azoto, dell'ozono e del materiale particolato che costituiscono, attualmente, le criticità più rilevanti.

Continua, quindi, la collaborazione che si è dimostrata efficace fra un autorevole Ente di ricerca, quale l'ENEA, e una Amministrazione Locale, come il Comune di Roma, che può costituire peraltro un interessante modello di cooperazione, esportabile anche in altri ambiti di comune interesse. ■

Inquinanti organici persistenti

PASQUALE SPEZZANO

ENEA

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

Tra i diversi inquinanti rilasciati nell'ambiente, gli inquinanti organici persistenti sono tra i più pericolosi perché si accumulano nel tessuto adiposo degli organismi viventi, persistono nell'ambiente e circolano a scala globale. Le iniziative intraprese a livello regionale ed internazionale per proteggere l'ambiente e la salute umana

studi & ricerche

Persistent *organic pollutants*

Abstract

Persistent organic pollutants (POPs) are among the most dangerous pollutants released into the environment by human activities. They are highly toxic and concentrate in the fatty tissues of living organisms through a process called bioaccumulation. In addition, they are very stable compounds, last for a long time in the environment and circulate globally through a process known as the grasshopper effect. To protect the environment and human health, a number of actions have been taken at the regional and international levels

Con il termine inquinanti organici persistenti (POPs, Persistent Organic Pollutants) si indica un gruppo di sostanze tossiche, persistenti, bioaccumulabili e disponibili al trasporto ambientale su lunghe distanze. Alcuni POPs, utilizzati per le loro proprietà pesticidiche, sono stati rilasciati nell'ambiente a seguito di un processo intenzionale. Altri, di interesse industriale per le loro proprietà, sono emessi nell'ambiente per volatilizzazione, perdite o eventi accidentali durante l'intero ciclo di vita del prodotto, dalla produzione allo smaltimento finale. Altri infine si formano in piccole quantità come sottoprodotti non desiderati durante i processi ad alta temperatura e alcune attività industriali.

Per le loro proprietà di persistenza e semivolatilità, i POPs pongono problemi a livello locale e globale¹. La contaminazione degli ecosistemi acquatici e terrestri su scala globale divenne evidente quando livelli ambientali significativi di alcuni POPs come il DDT e i PCB furono riscontrati in località dove non erano mai stati prodotti od utilizzati, come ad esempio le regioni artiche². La dispersione su scala globale è legata alle proprietà chimico-fisiche di questi composti: i POPs sono resistenti alla degradazione chimica e biologica e persistono nel suolo, nelle acque e negli organismi viventi per molto tempo. Pur presentando una limitata volatilità, i POPs sono trasportati in atmosfera su grandi distanze (centinaia o anche migliaia di chilometri) seguendo il movimento delle masse d'aria; il loro destino è l'accumulo nelle zone più fredde del globo^{3,4}. I POPs sono composti liposolubili e si accumulano nei lipidi dei vegetali e degli animali, dove possono raggiungere concentrazioni potenzialmente rilevanti sul piano tossicologico. La storia dei POPs ha inizio con lo sviluppo dell'industria della chimica organica durante la prima parte del ventesimo secolo. La produzione commerciale dei PCB è iniziata nel 1929, il DDT è stato prodotto a livello industriale a partire dal 1939 mentre i dieni ciclici clorurati (aldrin, dieldrin, endrin,

clordano, eptacloro e mirex) sono stati introdotti come pesticidi tra la fine degli anni 40 e l'inizio degli anni 50. Nonostante l'ampia varietà di caratteristiche chimico-fisiche e le differenze nelle modalità di utilizzo, la loro storia ha avuto un andamento molto simile. La sintesi di queste sostanze è stata immediatamente seguita da un loro largo impiego in Europa e Nord America. Negli anni 60-70 è iniziata la limitazione nell'uso e infine, a partire dalla fine degli anni 70, la loro progressiva messa al bando.

Contemporaneamente alla messa al bando nei paesi industrializzati, si è assistito però allo spostamento dei siti di produzione e ad un incremento nell'utilizzo di molte di queste sostanze nei paesi in via di sviluppo, portando ad una situazione a livello mondiale più complessa e variegata.

Tracciare la storia delle emissioni dei POPs non intenzionali (e in particolare delle diossine, tra i composti più tossici conosciuti dall'uomo), non è agevole. Sebbene già alla fine del diciannovesimo secolo erano riportati casi di lesioni cutanee (cloracne) in lavoratori dell'industria organica del cloro, l'agente determinante è rimasto sconosciuto per moltissimo tempo.

La limitazione nell'uso dei POPs ha portato ad una riduzione delle loro emissioni in atmosfera e negli altri compartimenti ambientali, suolo, acqua e vegetazione. Il suolo e i sedimenti, dove è accumulata la maggior parte dei POPs dispersi nell'ambiente negli anni passati, ora fungono da sorgente di emissione verso l'atmosfera. Le evidenze sperimentali mostrano che attualmente esiste un flusso significativo di diossine e furani dall'atmosfera al suolo, indicando che le attività antropiche rappresentano ancora la principale fonte di emissione in atmosfera di queste sostanze.

Criteri per la classificazione di una sostanza come POP

I POPs si differenziano dagli altri composti organici in quanto presentano particolari

valori di alcune proprietà chimico-fisiche che determinano quattro caratteristiche importanti: persistenza, bioaccumulo, tossicità e mobilità nell'ambiente. Molte sostanze sono tossiche ma poche possiedono le proprietà necessarie per essere classificate come POP. Per definizione, i POPs sono composti persistenti, ossia resistenti alla degradazione biologica, chimica e fotochimica. Non sorprendentemente, quasi tutti i POPs sono composti clorurati: il legame carbonio-cloro, in particolare se l'atomo di carbonio fa parte di un anello benzenico, è infatti molto stabile. I POPs sono composti semi-volatili, proprietà che permette a queste sostanze di essere trasportate in atmosfera su lunghe distanze. I POPs hanno una bassa solubilità in acqua e una elevata lipofilità; tendono quindi ad attraversare le strutture fosfolipidiche delle membrane biologiche e ad accumulare negli organismi viventi. Il bioaccumulo porta ad elevate concentrazioni e quindi elevate esposizioni nei livelli più elevati delle catene trofiche. I criteri utilizzati per classificare una sostanza come POP sono:

- **trasporto su lunghe distanze:**
 - tensione di vapore < 1000 Pa
 - tempo di semivita in aria > 2 giorni
 - evidenza sperimentale della presenza in zone remote
- **persistenza:**
 - tempo di semivita in acqua > 2 mesi
 - tempo di semivita nel suolo/sedimenti > 6 mesi
- **bioaccumulo:**
 - fattore di bioaccumulo (BAF) > 5000
 - fattore di bioconcentrazione (BCF) > 5000
 - $\log K_{OW} > 5$
- **elevata tossicità.**

L'applicazione rigorosa di questi criteri non è tuttavia immediata. Ad esempio, i tempi di semivita di una sostanza in un comparto ambientale dipendono fortemente da temperatura, condizioni redox, illuminazione solare, presenza di specie reattive, comunità microbica ecc. La valutazione sperimenta-

le di questi parametri non è semplice, in quanto è necessario seguire protocolli di misura rigidi e riproducibili e monitorare le concentrazioni per tempi sufficientemente lunghi. Anche l'estensione dei risultati di prove di laboratorio alle condizioni ambientali reali non è banale. I criteri indicati sono ovviamente una semplificazione e sono utili essenzialmente in fase di *screening* per l'individuazione di sostanze potenzialmente candidate ad essere classificate come POP, processo che richiede comunque il supporto del giudizio di esperti.

Trasporto su lunghe distanze

I POPs, come tutti gli altri contaminanti ambientali, possono essere trasportati su lunghe distanze. I POPs si caratterizzano in quanto, essendo composti poco volatili, evaporano dalle zone più calde, con clima tropicale o temperato, sono trasportati per via atmosferica e infine condensano e si accumulano nelle regioni più fredde. Porre un limite superiore al valore della tensione di vapore (< 1000 Pa) implica che sostanze molto volatili, anche se tossiche e persistenti, non possono essere classificate come POP in quanto non troveranno temperature ambientali sufficientemente basse da permetterne la condensazione e l'accumulo.

Persistenza

La persistenza, espressa dal tempo di semivita (ossia il numero di ore, giorni, mesi o anni necessario affinché la concentrazione della sostanza in un comparto ambientale si dimezzi), indica la propensione di una sostanza a resistere alla degradazione chimica e biologica. In tabella 1 sono riportati i tempi di semivita indicativi dei principali POPs nei differenti comparti ambientali. La degradazione dei POPs in atmosfera avviene principalmente per reazione con il radicale OH ed è funzione dell'intensità della luce solare.

Nel suolo, nell'acqua e nei sedimenti il principale meccanismo di degradazione è rappresentato dalla degradazione microbica

mentre la fotolisi, l'idrolisi e altre reazioni chimiche sono di minore importanza. I prodotti di degradazione possono a loro volta esibire proprietà di POP, come ad esempio il DDE, che si forma per conversione metabolica del DDT.

Bioaccumulo

Il termine bioaccumulo indica il processo per cui una sostanza chimica viene accumulata nei tessuti di un organismo attraverso tutte le possibili vie di assorbimento ed è quantificato dal fattore di bioaccumulo (BAF), definito come il rapporto tra la concentrazione nell'organismo e la concentrazione nell'ambiente esterno.

I termini bioconcentrazione e biomagnificazione esprimono varianti di questo concetto. Il fattore di bioconcentrazione (BCF) è utilizzato per gli organismi acquatici, con riferimento all'assorbimento dall'acqua. Il fattore di biomagnificazione è invece definito come il rapporto tra la concentrazione di una sostanza nel predatore e la concentrazione presente nella sua preda. I valori di BAF e di BCF possono essere espressi o in relazione al peso corporeo o standardizzandoli rispetto al contenuto di grassi dell'organismo vivente.

L'entità del bioaccumulo dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche del composto e dalla capacità dell'organismo di eliminarlo per escrezione e/o metabolismo.

A causa della lipoficità e della resistenza alla degradazione chimica e biologica, i POPs tendono ad accumulare nel tessuto adiposo dei vertebrati.

Un valido descrittore della capacità di una sostanza organica non polare a subire bioaccumulo è stato identificato nel coefficiente di partizione ottanolo-acqua (K_{OW}) che quantifica la partizione di una sostanza in un solvente organico (n-ottanolo) rispetto all'acqua e riflette l'assorbimento preferenziale della sostanza nei lipidi ambientali. I valori di $\log K_{OW}$ e gli intervalli caratteristici di BCF/BAF per alcuni POPs sono riportati in tabella 2.

	Aria (giorni)	Acqua (anni)	Suolo (anni)
Aldrin	< 0,4	1,1 - 3,4	1,1 - 3,4
Clordano	1,3 - 4,2	1,1 - 3,4	1,1 - 3,4
p,p'-DDT	4,2 - 12,5	0,34 - 1,14	1,1 - 3,4
Dieldrin	1,3 - 4,2	1,1 - 3,4	1,1 - 3,4
Endrin	~ 2,2	1,0 - 4,1	4 - 14
Eptacloro	1,3 - 4,2	0,03 - 0,11	0,11 - 0,34
HCB	417 - 1250	> 3,4	> 3,4
Lindano	4,2 - 12,5	1-3	1-3
Mirex	4,2 - 12,5	0,34 - 1,14	> 3,4
Toxafene	4,2 - 12,5	> 3,4	> 3,4
PCB	~ 4,2	~ 5,7	~ 1,14
2,3,7,8-TCDD	4 - 12	0,03 - 0,1	1 - 3
Benzo(a)pirene	4 - 12	0,03 - 0,1	1 - 3

Tabella 1
Tempi di semivita indicativi di alcuni POPs nei diversi compartimenti ambientali

Tossicità

Gli episodi di intossicazione umana acuta da POPs, con conseguenze anche letali, sono abbastanza limitati e legati essenzialmente all'utilizzo di pesticidi clorurati oppure ad eventi accidentali, quali l'incidente di Seveso del 1976 che causò l'esposizione della popolazione coinvolta a 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (2,3,7,8-TCDD), l'intossicazione dovuta ad HCB avvenuta negli anni 50 in Turchia, due casi di esposizione a livelli elevati di PCB e PCDF nell'olio di riso e occorsi nel 1968 in Giappone (Yusho) e nel 1979 a Taiwan (Yucheng) e quattro casi di esposizione a 2,3,7,8-TCDD in altrettante aziende produttrici di erbicidi⁵.

Più importanti sono gli effetti a lungo termine che si manifestano a seguito di esposizione cronica a basse concentrazioni di POPs. I POPs possono indurre disfunzioni del sistema immunitario, disturbi della sfera riproduttiva, disordini neurologici e anomalie comportamentali⁶. Alcuni POPs possono avere effetti mutageni e cancerogeni. Nella classificazione IARC, (International Agency for Research on Cancer) la 2,3,7,8-TCDD è classificata nel Gruppo 1 essendo sicuramente cancerogena per l'uomo⁷. I PCB sono classificati nel Gruppo 2A (probabile cancerogeno) mentre clordano, clordecone, DDT, eptacloro, HCH, lindano, mirex, HCB,

	Tensione di vapore (Pa)	H (Pa m ³ /mol)	Solubilità in acqua (µg/l a 25 °C)	Log K _{OW}	BAF/BCF*
Aldrin	0,016	4,96	17-180	5,17-7,4	3140-44600
Clordano	0,0004-0,00052	4,86-8,41	56-1850	2,78-6,0	16000-250000
Clordecone	< 0,00004	0,0025	~0-3000	4,50	8400-60000
p,p'-DDT	0,000021	0,84-2,36	1,2-25	4,89-6,91	51335-1800000
Dieldrin	0,00078	0,53-1,12	110-140	5,2-6,7	12500-920000
Endrin	0,000027-0,000063	0,040-0,055	200-260	5,34-5,6	~ 7000
Eptacloro	0,04	1,5-2,3	50-180	4,40-6,38	9500-14400
Esabromobifenile	0,0000062	0,39	11	6,39-7,2	18100-700000
HCB	0,0014	59-720	6-40	5,5-6,42	22000-110000
Lindano	0,0012	0,32-0,39	7-17	3,2-3,7	850-15400
Mirex	0,00004	52,2	200-600	5,28-6,9	2600-15000
Toxafene	0,00004-0,5	500-21000	300-550	3,3-6,6	3100-90000
PCB (Aroclor)	0,89-0,053	200-460	3-590	4,7-6,8	120000-3900000
2,3,7,8-TCDD	0,0045	1,61-10,2	0,008-0,32	6,8-7,6	26700-128000
Benzo(a)pirene	0,00000075	0,05	2,3	6,06	9-134000

* varia secondo la specie

Tabella 2
Principali proprietà
delle sostanze classificate
come POP

polibromobifenili e toxafene sono classificati nel Gruppo 2B (possibili cancerogeni umani). Per gli altri congeneri delle diossine, tutti i furani, l'aldrin, il dieldrin e l'endrin non c'è una sufficiente evidenza sperimentale perchè possano essere considerati cancerogeni (Gruppo 3).

Tra gli IPA considerati POPs nel Protocollo UNECE, il Benzo(a)pirene è classificato come "probabilmente" cancerogeno per l'uomo (Gruppo 2A) mentre il benzo(b)fluorantene, il benzo(k)fluorantene e l'indeno[1,2,3-cd]pirene come "possibilmente" cancerogeni per l'uomo (Gruppo 2B). Alcuni POPs sono inoltre modulatori del sistema endocrino ("endocrin disruptors") e interferiscono profondamente con i messaggi chimici e ormonali inviati a testicoli, ovaie, tiroide e ghiandole surrenali, con effetti evidenti solo a lungo termine o addirittura nelle generazioni successive rispetto a quelle che hanno subito l'esposizione.

Un importante meccanismo d'azione molecolare di PCDD, PCDF e PCB diossino-simili è rappresentato dalla interazione con il recettore AhR (Aryl Hydrocarbon Receptor). Quando PCDD, PCDF e PCB diossino-simi-

li entrano in una cellula, si legano alla proteina AhR formando un complesso che penetra nel nucleo dove interagisce con specifiche sequenze di DNA. Questa interazione determina l'inizio della trascrizione di geni cui segue la sintesi di specifici enzimi e di altre proteine.

Poiché l'affinità al recettore Ah e la tossicità risultano largamente correlate, si ritiene che molti, se non tutti, degli effetti biochimici e tossicologici delle diossine dipendano dal legame con il recettore Ah⁷. Questa teoria è alla base del concetto della tossicità equivalente⁸.

Poiché diossine, furani e PCB non sono presenti come singoli composti ma come miscele complesse e poiché non tutti i congeneri sono ugualmente tossici, la potenza relativa dei diversi congeneri viene espressa in termini di tossicità equivalente (TEF, Toxic Equivalency Factor) rispetto alla tossicità del più potente membro di questa famiglia, la 2,3,7,8-TCDD, alla quale è assegnata una TEF di 1,0. Tutti gli altri congeneri hanno tossicità inferiore ad 1,0.

In questo approccio semplicistico ma di notevole importanza pratica, il calcolo del-

	I-TEF	WHO-TEF
2,3,7,8-TCDD	1,0	1,0
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5	1,0
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01
OCDD	0,001	0,0001
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,05	0,05
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5	0,5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01
OCDF	0,001	0,0001
3,4,4',5 tetracloro bifenile (PCB 81)	-	0,00010
3,3',4,4' tetracloro bifenile (PCB 77)	-	0,00010
2',3,4,4',5 pentacloro bifenile (PCB 123)	-	0,00010
2,3',4,4',5 pentacloro bifenile (PCB 118)	-	0,00010
2,3,4,4',5 pentacloro bifenile (PCB 114)	-	0,00050
2,3,3',4,4' pentacloro bifenile (PCB 105)	-	0,00010
3,3',4,4',5 pentacloro bifenile (PCB 126)	-	0,1
2,3',4,4',5,5' esacloro bifenile (PCB 167)	-	0,00001
2,3,3',4,4',5 esacloro bifenile (PCB 156)	-	0,00050
2,3,3',4,4',5' esacloro bifenile (PCB 157)	-	0,00050
3,3',4,4',5,5' esacloro bifenile (PCB 169)	-	0,01
2,3,3',4,4',5,5' eptacloro bifenile (PCB 189)	-	0,00010

Tabella 3

Fattori di equivalenza tossica per la valutazione del rischio per gli esseri umani

la tossicità equivalente (TEQ) di una miscela di congeneri implica la moltiplicazione delle concentrazioni dei singoli congeneri per il rispettivo valore di TEF; la somma delle risultanti TEQ per i singoli congeneri rappresenta la concentrazione equivalente di 2,3,7,8-TCDD della miscela di congeneri.

Nel corso degli anni sono stati proposti differenti schemi di TEF (tabella 3).

Attualmente, gli schemi generalmente adottati sono rappresentati dai fattori internazionali I-TEF⁹ e dai fattori WHO-TEF proposti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità in cooperazione con l'International Programme on Chemical Safety¹⁰.

Comportamento ambientale dei POPs

Il comportamento ambientale dei POPs è molto complesso in quanto queste sostanze si ritrovano in tutti i compartimenti (aria, acqua, suolo, sedimenti, organismi viventi) e sono sottoposti a continui scambi tra questi. Sebbene i livelli ambientali più elevati di POPs siano generalmente riscontrati in prossimità dei punti di rilascio, queste sostanze sono ormai ubiquitarie. I POPs sono trasportati nell'ambiente a seguito di diversi processi:

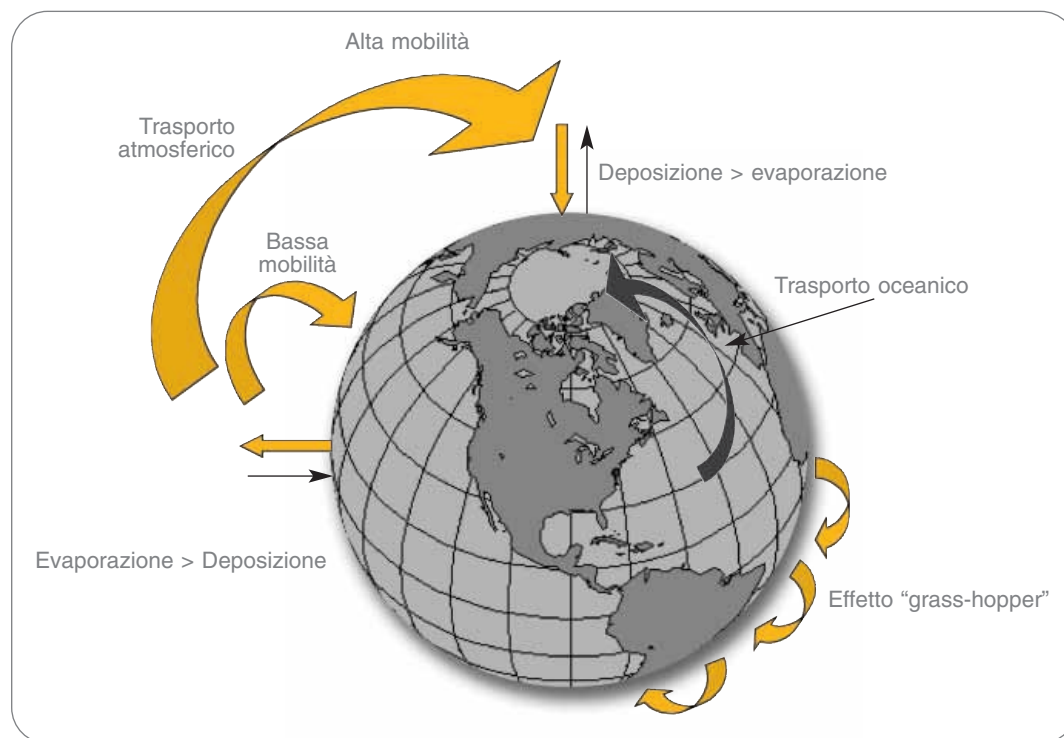
- trasporto atmosferico in fase vapore od in associazione al particolato;

- trasporto nei sistemi acquatici;
- trasporto nei lipidi di specie animali migratorie.

Il trasporto atmosferico rappresenta il principale meccanismo di trasporto dei POPs su scala globale. Questo processo comprende l'evaporazione dei POPs dalle superfici terrestri e acquatiche, l'adsorbimento sul particolato atmosferico, il trasporto in atmosfera, la deposizione sulle superfici terrestri e acquatiche. Le proprietà di una sostanza che determinano questo meccanismo di trasporto sono la tensione di vapore, la costante della legge di Henry e il coefficiente di partizione ottanolo-aria. La tensione di vapore è una misura della tendenza di una sostanza a passare dallo stato puro, liquido o solido, alla fase vapore. La costante della legge di Henry (H) esprime la tendenza di una sostanza a passare da una sua soluzione acquosa all'atmosfera. Il coefficiente di partizione ottanolo-aria (K_{OA}) esprime la tendenza di una sostanza a migrare da una matrice organica (ad esempio la matrice lipidica del suolo o della vegetazione) all'atmosfera.

I POPs presentano valori di queste proprietà chimico-fisiche che possono spiegare il loro trasporto su scala globale e la loro distribuzione spaziale a lungo termine, secondo il meccanismo denominato "distillazione globale". I POPs, essendo composti semi-volatili, si ripartiscono tra una fase vapore in atmosfera e le superfici ambientali (particolato atmosferico, suolo, vegetazione, acqua). L'entità della ripartizione è regolata dalla temperatura: ad alte temperature i POPs tendono a volatilizzare verso l'atmosfera mentre a basse temperature i POPs tendono ad accumulare sulle superfici ambientali. Di conseguenza, i POPs tendono a volatilizzare dalle regioni temperate e tropicali e a condensare nelle regioni più fredde, come i poli o le grandi catene montuose, attraverso una serie di cicli di evaporazione e deposizione¹¹. La distribuzione spaziale dei POPs a lungo termine riflette quindi le differenze di temperatura presenti nelle diverse regioni del globo: le condizioni ambientali presenti nelle regioni più fredde favoriscono l'assorbimento dei POPs sul particolato atmosferico, la loro condensa-

Figura 1
Trasporto transfrontaliero dei POPs



zione sul suolo, sull'acqua, sul ghiaccio e il loro assorbimento da parte della vegetazione. Inoltre, a basse temperature i fattori ambientali che potrebbero avere qualche effetto sulla degradazione dei POPs sono meno efficaci, favorendo quindi il loro accumulo. Ogni POP ha proprietà chimico-fisiche differenti: i valori di tensione di vapore, della costante della legge di Henry e del log K_{OA} dei singoli POP variano di più di cinque ordini di grandezza. Il comportamento nei confronti del trasporto atmosferico sarà quindi differente per ogni POP dando luogo a quel processo definito "frazionamento globale": i POPs più volatili (ad es: l'esaclorobenzene) subiranno un processo di trasporto verso le regioni fredde molto veloce mentre i POPs meno volatili come il DDT subiranno un processo di trasporto più lento (figura 1).

Oltre al trasporto per via atmosferica, dagli ecosistemi terrestri i POPs possono essere trasportati verso i sistemi fluviali per erosione o dilavamento e quindi raggiungere il mare e i sistemi oceanici. Nei sistemi acquatici i POPs sono sottoposti a processi di scambio con i sedimenti oppure possono essere rilasciati verso l'atmosfera. La direzione del flusso tra acqua e atmosfera dipende dalla temperatura: nelle zone temperate il flusso netto è verso l'atmosfera, mentre nelle regioni polari è dall'atmosfera all'acqua.

Nell'oceano aperto i POPs possono essere trasportati verso zone remote, in particolare le regioni artiche, dalle correnti marine. Nei sistemi acquatici e terrestri, i POPs sono trasportati su lunghe distanze nei lipidi di pesci, mammiferi e uccelli migratori.

Esposizione ai POPs

L'esposizione ai POPs presenti nell'ambiente come contaminazione di fondo avviene principalmente attraverso la dieta. Circa il 95% dell'introduzione giornaliera di diossine risulta da ingestione di cibi, in particolare prodotti alimentari di origine animale. Come per altri contaminanti ambientali, non è tut-

tavia facile dimostrare l'esistenza di un legame tra esposizione cronica ad uno specifico POP o gruppo di POPs a basse concentrazioni (quali, per esempio, quelle risultanti da trasporto transfrontaliero) e impatto sulla salute umana. L'esposizione durante le prime fasi dello sviluppo è però particolarmente critica. Grazie alla loro resistenza al metabolismo, alla capacità di passare attraverso le membrane biologiche e all'alta solubilità nei grassi, i POPs aggirano le difese biologiche costituite dalla placenta e dall'alimentazione con il latte materno e vengono trasferiti alla generazione successiva durante i periodi più critici dello sviluppo.

Sono stati sviluppati diversi approcci per la valutazione del rischio associato all'esposizione a PCDD, PCDF e PCB diossini-simili. Basandosi sull'esistenza di una dose soglia per gli effetti cancerogeni, la World Health Organization¹² ha fissato l'*intake* giornaliero tollerabile (TDI, Tolerable Daily Intake) a valori compresi tra 1-4 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo, con l'obiettivo di ridurre l'*intake* giornaliero a livelli intorno a 1 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo/giorno. Inoltre si è ritenuto opportuno esprimere l'*intake* tollerabile anche su base settimanale (TWI, Tolerable Weekly Intake), posto uguale a 7 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo/settimana. Per una parte della popolazione europea, l'esposizione a PCDD/PCDF e PCB diossino-simili supera le dosi tollerabili giornaliere e settimanali. È stato pertanto raccomandato che "tutti gli sforzi dovrebbero essere fatti per ridurre l'esposizione al livello più basso possibile"¹³.

L'EPA ha utilizzato invece un differente approccio per l'analisi di rischio per l'esposizione alle diossine, basato su stime probabilistiche non legate ad un effetto soglia per l'insorgenza di effetti cancerogeni. Su queste basi il valore giornaliero accettabile (ADI, Acceptable Daily Intake) risulta essere di 0,006 pg I-TEQ/kg peso corporeo/giorno¹⁴.

Oltre all'esposizione attraverso l'alimenta-

zione, di rilievo per la popolazione in generale, un certo interesse riveste il rischio di esposizione accidentale e occupazionale, ad esempio durante la gestione e lo smaltimento di rifiuti contenenti POPs e durante l'applicazione di alcuni POPs, ancora utilizzati come pesticidi in alcuni paesi in via di sviluppo.

Profilo dei POPs

Le sostanze attualmente riconosciute come POPs¹⁵ possono essere suddivise in tre categorie: *pesticidi* (aldrin, clordano, clordecone, DDT, dieldrin, endrin, eptacloro, esclorobenzene, esaclorocicloesano, mirex e toxafene), *prodotti industriali* (PCB ed esabromobifenile) e *sottoprodotti non desiderati* (diossine, furani e alcuni IPA). Alcuni di essi possono rientrare in più di una categoria. Ad esempio l'esclorobenzene, utilizzato come pesticida e come materia prima industriale, è anche presente in alcuni prodotti come impurezza e si forma come sottoprodotto non intenzionale durante alcuni processi termici. I PCB sono classificati sia come prodotto industriale sia come sottoprodotto non intenzionale.

Aldrin

L'aldrin, estesamente impiegato dal 1948 a causa del suo basso costo di produzione, è un insetticida a larghissimo spettro di azione ma è stato utilizzato prevalentemente contro insetti come le termiti e per proteggere coltivazioni come il grano e il cotone. Viene facilmente metabolizzato dalle piante e dagli animali dando l'eossido dieldrin che a sua volta si trasforma in altri derivati altrettanto tossici. Nei terreni biologicamente attivi, il 50-75 % del residuo a fine stagione è costituito da dieldrin. L'aldrin è poco fitotossico ma molto tossico verso i pesci, i crostacei, gli uccelli e altre specie animali. È anche molto tossico per l'uomo.

Clordano

Il clordano è stato introdotto nel 1944. Il pro-

dotto tecnico è una miscela di isomeri (60-75% di trans-clordano e cis-clordano) e altri composti strettamente correlati. È un insetticida ad ampio spettro, utilizzato su una ampia varietà di coltivazioni agricole e nella lotta contro le termiti. L'utilizzo più massiccio di clordano è stato registrato negli Stati Uniti, nel sud-est asiatico e in Australia. Il Clordano è molto persistente nell'ambiente ed è stato riscontrato nel terreno anche a distanza di venticinque anni dalla sua ultima applicazione. La tossicità acuta per i mammiferi è modesta ma è molto tossico verso i pesci di acqua dolce, gli invertebrati acquatici e gli uccelli.

Clordecone

Il clordecone, introdotto nel 1958, è strutturalmente molto simile al mirex. È stato prodotto in piccole quantità e ha avuto interesse applicativo limitato, su formiche, vespe e scarafaggi. È meno tossico rispetto ad altre sostanze simili.

DDT

Il DDT (diclorodifeniltricloroetano) è stato sintetizzato nel 1874 ma il suo uso si è sviluppato a partire dal 1939, quando furono scoperte le sue proprietà insetticide. Si stima che siano state prodotte a livello mondiale circa 2,6 milioni di tonnellate di DDT. Il prodotto tecnico è una miscela di composizione variabile, contenente il 65-80% di p,p'-DDT, il 15-21 % di o,p'-DDT, fino al 4% di p,p'-DDD e tracce di o,o'-DDT, m,p'-DDT, p,p'-DDE e altri composti correlati. È stato utilizzato per combattere malattie veicolate dagli insetti come la malaria e il tifo e in campo agricolo, in particolare sul cotone. L'azione tossica si manifesta a livello del sistema nervoso sensoriale: si ritiene che le molecole del DDT formino dei complessi con le macromolecole lipoproteiche delle membrane dei neuroni, inibendo la trasmissione degli impulsi nervosi.

Il DDT è molto stabile nelle normali condizioni ambientali e i suoi prodotti di degradazione (DDD e DDE) sono ancora più per-

sistenti. Più del 50% del DDT può restare nel terreno a distanza di 10-15 anni dall'applicazione. Residui di DDT e suoi derivati possono essere presenti nei prodotti alimentari (carne, latte, pesce, uova) e nel latte materno. In genere, i livelli più alti di DDT si ritrovano nel grasso umano. I livelli di DDE, principale metabolita e prodotto di degradazione del DDT, sono attualmente più elevati del DDT stesso.

Il DDT è poco tossico verso i mammiferi ma è altamente tossico verso i pesci, gli invertebrati acquatici e gli uccelli. Gli effetti più significativi per gli uccelli si hanno sulla riproduzione in quanto il DDT, e in misura maggiore il DDE, riduce lo spessore delle pareti delle uova riducendo le possibilità del successo riproduttivo.

La scarsa selettività e lo sviluppo di specie resistenti al DDT hanno portato inizialmente ad una riduzione del suo uso a livello mondiale. Successivamente, le preoccupazioni sui suoi effetti ambientali e sulla salute dell'uomo ne hanno provocato la messa al bando o la restrizione dell'utilizzo. Attualmente è ancora prodotto (circa 50.000 tonnellate anno) e utilizzato, in accordo con le linee guida e le raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, come insetticida economico ed efficiente per il controllo della malaria nei Paesi in via di sviluppo (Africa, Asia e America del Sud) a causa del suo basso costo di produzione, della sua efficacia e della facilità di applicazione.

Dieldrin

Il dieldrin, introdotto nel 1948, ha avuto vastissimo impiego in campo agricolo e contro insetti di interesse medico e veterinario. Il dieldrin è più persistente dell'aldrin e presenta un tempo di semivita nei suoli temperati di circa 5 anni. Residui di dieldrin sono stati rilevati in tutti i comparti ambientali (aria, acqua, terreno, pesci, uccelli e mammiferi), nell'uomo e nel latte materno. Poiché l'aldrin viene rapidamente convertito in dieldrin, i livelli ambientali di dieldrin riflettono le concentrazioni di entrambi. Il

dieldrin ha una bassa fitotossicità. È altamente tossico per pesci e crostacei, per gli insetti acquatici e per i mammiferi mentre la tossicità per le specie avicole varia in funzione della specie.

Diossine e furani

Le policlorodibenzo-p-diossine (PCDD) e i policlorodibenzofurani (PCDF) sono due gruppi di composti con struttura e proprietà chimiche molto simili e che possono contenere da 1 ad 8 atomi di cloro. Solo 7 dei 75 possibili congeneri delle PCDD e 10 dei 135 possibili congeneri dei PCDF, quelli aventi atomi di cloro in almeno le posizioni 2,3,7 ed 8, hanno tossicità simile e paragonabile alla 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina, la diossina più tossica. PCDD e PCDF non sono prodotti commerciali e non sono mai state prodotte intenzionalmente, non presentando nessuna proprietà utile. PCDD e PCDF si formano come sottoprodotti non desiderati durante tutti i processi di combustione, in numerose operazioni industriali ad alta temperatura e durante la produzione di altre sostanze organoclorurate.

I fattori che favoriscono la formazione di PCDD/PCDF sono le alte temperature, l'ambiente alcalino, la radiazione UV e la presenza di radicali¹⁶. Anche l'industria della carta è stata responsabile in passato di produzione e rilascio di PCDD/PCDF, che si ritrovavano nei residui di processo e nel prodotto. La riduzione o l'eliminazione di PCDD/PCDF è stata ottenuta apportando modifiche ai processi produttivi. Ad esempio, il problema nell'industria cartaria è stato risolto passando a tecnologie che non utilizzano cloro elementare nella fase di sbianca. Attualmente, l'emissione di PCDD/PCDF nell'ambiente è legata ad operazioni ad alta temperatura, come le combustioni e alcuni processi dell'industria metallurgica primaria e secondaria¹⁷. La formazione di PCDD e PCDF parte da precursori come PCB, clorofenoli e clorobenzeni oppure mediante sintesi "de novo" in cui PCDD e PCDF possono formarsi a partire da semplici blocchi

di partenza contenenti carbonio e cloro. A causa della loro elevata persistenza nell'ambiente, PCDD e PCDF sono ormai diventati ubiquitari e la loro presenza è riscontrabile a livello di tracce in tutti i compartimenti ambientali e lungo le catene alimentari. La loro persistenza rende significative le fonti secondarie, ossia quei materiali e quei compartimenti ambientali che contengono diossine prodotte nel passato e che possono rimetterle in circolo a seguito di processi di volatilizzazione e risospensione. I maggiori serbatoi sono il suolo e i sedimenti, dove è accumulata la quasi totalità delle diossine emesse in atmosfera in passato, il legno trattato con pentaclorofenolo, il PCB, il compost, i fanghi di depurazione e le discariche di rifiuti.

La tossicità acuta di diossine e furani negli animali da laboratorio è molto variabile.

Gli effetti dell'esposizione cronica a PCDD/PCDF sono comuni nella maggior parte delle specie e includono effetti sul sistema riproduttivo e sul sistema immunitario, epatotossicità, neuropatie, affaticamento e depressione.

I pesci sono molto sensibili a PCDD/PCDF, soprattutto nei primi stadi di vita.

Endrin

L'endrin, commercializzato nel 1951, ha caratteristiche simili al dieldrin ma è molto più tossico. Ha avuto impieghi limitati, essenzialmente su coltivazioni quali grano, cotone e tabacco. È stato anche utilizzato contro uccelli e roditori sfruttando la sua alta tossicità. Il tempo di semivita dell'endrin nel suolo varia in funzione delle condizioni climatiche e può raggiungere i 12 anni. L'endrin è metabolizzato rapidamente dagli animali e non tende al bioaccumulo come altri composti di struttura simile, incluso lo stereoisomero dieldrin. L'endrin è molto tossico per i pesci ed è molto tossico verso i mammiferi.

Eptacloro

L'eptacloro, introdotto come insetticida nel

1948, ha caratteristiche simili al clordano ma è molto più attivo e tossico. Il prodotto tecnico contiene circa il 72% di eptacloro e il 28% di composti correlati. L'eptacloro è stato usato principalmente contro gli insetti del suolo e le termiti e contro i parassiti di coltivazioni come il cotone. È meno persistente nel terreno rispetto al clordano, anche se può essere ancora rilevato nel suolo 10 anni dopo l'applicazione. L'eptacloro è molto tossico per i pesci, per gli invertebrati acquatici, per gli uccelli e per gli animali da laboratorio. L'eptacloro viene metabolizzato nel corrispondente epossido, un sostanza più persistente e tossica dell'eptacloro stesso.

Esabromobifenile

I polibromobifenili (PBB) sono composti relativamente stabili e poco reattivi, impiegati come ritardanti di fiamma nelle fibre sintetiche e nelle plastiche (policarbonati, poliesteri, poliolefine e polistirene). Le miscele commerciali sono costituite da differenti congeneri. Le più utilizzate contenevano principalmente esabromobifenile (60-70%) ed eptabromobifenile (7-27%). Sono state anche prodotte e commercializzate miscele a base di ottabromobifenile e decabromobifenile. Attualmente non sono più utilizzati. L'episodio più importante di contaminazione ambientale da PBB si è verificato nel 1973 nel Michigan, dove furono inavvertitamente mescolati al cibo destinato all'alimentazione del bestiame. Tra 8000 e 12500 persone furono esposte a PBB attraverso l'alimentazione (carne, uova, latte, burro, formaggi). Il 90% delle persone esposte, in particolare gli allevatori, presentavano livelli significativi di PBB nel sangue, che persistettero almeno fino al 1977.

Esaclorobenzene

L'esaclorobenzene (HCB) è stato introdotto come fungicida nel 1945. Il prodotto tecnico contiene come impurezze tracce di diossine, furani e PCB. Oltre come fungicida, impiego messo al bando in diversi paesi, l'esaclorobenzene è stato utilizzato in passa-

to anche nell'industria della chimica organica e nel trattamento del legno.

L'esaclorobenzene si forma come sottoprodotto nella sintesi di prodotti chimici industriali e di pesticidi clorurati, nei processi di clorazione delle acque reflue e negli impianti cloro-soda che utilizzano anodi di grafite. È inoltre un sottoprodotto negli impianti di produzione di alluminio secondario che utilizzano esacloroetano per la rimozione dell'idrogeno dal metallo fuso. Infine, l'HCB si forma come sottoprodotto non desiderato durante alcuni processi ad alta temperatura, analogamente a PCDD e PCDF.

L'esaclorobenzene è tra i contaminanti ambientali più persistenti. È un composto ormai ubiquitario e viene rilevato in tutti i compartimenti ambientali e lungo le catene alimentari. Negli anni successivi al suo maggiore utilizzo, il 76% della popolazione degli USA presentava residui di HCB nel tessuto adiposo. La tossicità acuta dell'HCB negli animali da laboratorio è abbastanza modesta. È tossico per i pesci e per alcune specie sensibili di uccelli. Non è tossico verso le api.

Il più importante episodio di contaminazione da HCB è accaduto in Turchia tra il 1954 e il 1959, quando circa 3000 persone consumarono del grano destinato alla semina e trattato con HCB. Il tasso di mortalità fu del 14%. I bambini che avevano assorbito l'HCB attraverso la placenta od il latte materno riportarono una mortalità di circa il 95%, mentre i bambini esposti ad HCB furono colpiti da alterazioni del metabolismo che persistettero per almeno 20 anni dopo la contaminazione.

Esaclorocicloesano - Lindano

L'esaclorocicloesano (HCH) è una miscela di isomeri costituita dal 53-70% di α -HCH, 3-14% di β -HCH, 11-18% di γ -HCH, 6-10% di δ -HCH e il restante 3-10% da altri isomeri. L'isomero β è il più stabile e anche il più persistente e tossico. Negli anni in cui era permesso l'uso di esaclorocicloesano come insetticida, i residui di β -HCH erano presenti

in quasi il 100% della popolazione degli USA. L'uso globale di HCH tecnico è stato stimato in circa 550.000 t. L'HCH è tossico per i pesci, per gli uccelli e per i mammiferi.

Il γ -HCH presenta il maggiore potere insetticida e, separato dagli altri isomeri per cristallizzazione frazionata, è stato commercializzato con il nome di lindano a partire dai primi anni 50. Il lindano è meno persistente del DDT ma ha una azione più rapida e uno spettro di azione ancora più ampio. Il lindano agisce sul sistema nervoso centrale ed è molto tossico per i pesci, per i crostacei e per le api mentre per uccelli e mammiferi la tossicità varia in funzione della specie¹⁸. È stato utilizzato su diverse colture contro insetti del terreno, nel trattamento di legno, pelli, cotone e lana, come antiparassitario per gli animali e per il trattamento farmaceutico di malattie, quali la pediculosi e la scabbia. L'uso globale di lindano è stato stimato in circa 720.000 t. Negli anni 70 e 80 il lindano era diventato ubiquitario ed era stato riscontrato nei cibi, nel tessuto adiposo umano e nel latte materno.

Idrocarburi policiclici aromatici

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono composti organici contenenti solo carbonio e idrogeno. Gli IPA sono naturalmente presenti nei combustibili fossili e costituiscono una frazione importante di alcuni prodotti, quali il creosoto, il catrame e l'asfalto. La principale fonte di emissione di IPA in atmosfera è rappresentata dai processi di combustione e da alcune attività industriali. Gli IPA sono relativamente reattivi in atmosfera, degradandosi a seguito di trasformazioni chimiche e fotochimiche. Tuttavia, il tempo di persistenza in atmosfera di alcuni IPA è sufficientemente elevato da permettere il trasporto su lunghe distanze. Gli IPA sono altamente liposolubili, tuttavia non subiscono un processo di bioaccumulo nel tessuto adiposo dei vertebrati in quanto sono metabolizzati in composti più idrosolubili ed escreti con le feci e le urine.

Alcuni IPA sono considerati POPs non intenzionali: il benzo(a)pirene, il benzo(b)fluorantene, il benzo(k)fluorantene e l'indeno[1,2,3-cd]pirene.

Mirex

Il Mirex, introdotto nel 1954, ha avuto un interesse applicativo limitato su formiche, termiti, vespe e scarafaggi. È stato anche utilizzato come ritardante di fiamma (con il nome commerciale Dechlorane) nelle plastiche, nelle gomme, nella carta e nelle apparecchiature elettriche. Il mirex è uno dei pesticidi più stabili e persistenti, con tempi di semivita nel terreno superiori a 10 anni. Si degrada in clordecone e in altri derivati. È meno tossico di altri POPs: gli organismi più sensibili sono i crostacei e i pesci mentre è poco tossico verso gli uccelli e i mammiferi. È abbastanza fitotossico, provocando una riduzione nella germinazione e nella velocità di crescita di diverse piante.

PCB

I PCB (policlorobifenili) sono idrocarburi clorurati costituiti da un bifenile sostituito con un numero di atomi di cloro variabile da uno a dieci. Esistono 209 possibili composti individuali (congeneri). Le miscele di PCB, commercializzate con diversi marchi di fabbrica (es. Aroclor negli USA, Apirolio in Italia, Clophen in Germania), contengono, oltre a differenti congeneri di PCB, quantità variabili di clorobenzeni. Furani e policloronaftaleni sono invece presenti come impurezze. Sono stati utilizzati fin dal 1930 in sistemi chiusi (dielettrici in trasformatori e condensatori, circuiti idraulici, oli isolanti e da riscaldamento ecc.) e in sistemi aperti (additivi di plastiche e vernici, carte copiatrici, lubrificanti, colle, ritardanti di fiamma ecc.). Il grande valore dei PCB derivava dalle loro proprietà chimico-fisiche: inerzia chimica, resistenza al calore, bassa infiammabilità, bassa tensione di vapore, alta costante dielettrica, idrofobicità. La produzione di PCB in molti paesi è stata proibita tra il 1970 e il 1980. L'utilizzo delle apparecchiature

elettriche contenenti PCB è ancora consentita fino al termine della loro vita e comunque non oltre il 2010.

La produzione mondiale di PCB è stata stimata in circa 1,7 milioni di tonnellate. Sebbene i PCB non siano mai stati deliberatamente dispersi nell'ambiente, i loro livelli ambientali sono aumentati a causa di incidenti, perdite, volatilizzazione, incenerimento incompleto di rifiuti ed emissioni da discariche. Si stima che circa un terzo dei PCB prodotti siano dispersi nell'ambiente. A causa della capillare diffusione di prodotti contenenti PCB, attualmente le singole città possono essere considerate le principali sorgenti di emissione di PCB in atmosfera¹⁹. L'alta persistenza e la mobilità ambientale li rende ormai ubiquitari.

I PCB si formano e sono rilasciati nell'ambiente anche come sottoprodotti non desiderati durante gli stessi processi che portano alla formazione di PCDD e PCDF. Tuttavia, le informazioni relative alle emissioni di PCB da processi industriali e termici risultano più scarse rispetto a quelle relative alle emissioni di PCDD e PCDF.

I PCB sono tossici per gli organismi acquatici ma presentano una bassa tossicità acuta per gli uccelli e i mammiferi. Alcuni congeneri di PCB, detti coplanari, presentano una tossicità simile alle diossine. Un elevato numero di persone è stata esposta a PCB e PCDF in Giappone e Taiwan a seguito di due casi di contaminazione dell'olio di riso. I bambini nati da 7 a 12 anni dopo l'esposizione materna erano ancora affetti da diverse patologie comprendenti ritardo nello sviluppo, problemi comportamentali e bassa resistenza alle infezioni.

Toxafene

Il toxafene, comparso sul mercato nel 1945, è costituito da una miscela complessa di terpeni biciclici policlorurati. Come insetticida, è stato usato principalmente su cotone, cereali, frutta, noci e vegetali, spesso in combinazione con altri principi attivi, e per la disinfestazione degli animali domestici. Il

suo uso è aumentato in corrispondenza della messa al bando del DDT. Si stima che la produzione mondiale sia stata di 1,3 milioni di tonnellate. Rispetto al DDT, il toxafene è meno stabile nell'ambiente e tende meno ad accumulare negli organismi. Il toxafene può essere molto persistente nel suolo in condizioni anaerobiche: in uno studio, circa il 45% del toxafene è stato ritrovato a distanza di 15 anni dall'applicazione. Il toxafene è essenzialmente non tossico per le piante. È molto tossico per i pesci mentre è relativamente poco tossico per gli uccelli, le api e i mammiferi.

Iniziative regionali e globali

La riduzione delle emissioni di POPs ha assunto un ruolo prioritario nelle strategie internazionali per la protezione dell'ambiente e della salute. Nell'ambito della regione UN-ECE (Nazioni Unite-Commissione Economica per l'Europa), che comprende Europa, Canada e Stati Uniti, il Protocollo di Aarhus sui POPs²⁰ della Convenzione di Ginevra sull'Inquinamento Transfrontaliero a

Lunga Distanza, si pone l'obiettivo di controllare, ridurre ed eliminare le emissioni di POPs in atmosfera. Il Protocollo identifica 16 sostanze come POPs, comprendenti 11 pesticidi, 2 prodotti industriali e 3 sottoprodotti indesiderati (tabella 4). L'approccio seguito consiste nella messa al bando della produzione e dell'utilizzo oppure nella restrizione all'uso di pesticidi clorurati e prodotti industriali e nella riduzione delle emissioni in atmosfera dei sottoprodotti non intenzionali, policlorodibenzo-p-diossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF), idrocarburi policiclici aromatici (IPA) ed esaclorobenzene (HCB), applicando le migliori tecniche disponibili (BAT, Best Available Techniques) alle sorgenti di emissione. Il Protocollo prevede inoltre i riferimenti per le procedure di inclusione di altre sostanze nell'elenco dei POPs, attività svolta da un "Expert Group on POPs". Altri punti di rilievo riguardano lo stimolo allo scambio di informazioni e tecnologie, l'informazione del pubblico, la ricerca, il monitoraggio, lo sviluppo delle conoscenze sul rischio presentato dai POPs e lo sviluppo di prodotti

	Anno inizio utilizzo commerciale	Stima delle quantità prodotte (tonnellate)
Aldrin¹	1948	240.000
Clordano¹	1944	70.000
Clordecone ¹	1958	1.600.000 ^a
DDT¹	1939	2.600.000
Dieldrin¹	1948	240.000
Endrin¹	1951	3.000
Eptacloro¹	1948	900
Esabromobifenile ²	1970	6.000 ^a
HCB (Esaclorobenzene)^{1,2,3}	1945	-
HCH ¹ (Esaclorocicloesano)	1942	1.270.000 ^b
Mirex¹	1954	-
PCB^{2,3} (Policlorobifenili)	1929	1.700.000
Toxafene¹	1945	1.330.000
IPA ^{3,4} (Idrocarburi policiclici aromatici)	-	-
PCDD³ (Policlorodibenzo-p-diossine)	-	-
PCDF³ (Policlorodibenzofurani)	-	-

1. Pesticidi - 2. Prodotti industriali - 3. Sottoprodotti indesiderati
4. Benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene ed indeno(1,2,3-c,d)pirene
a. Dati relativi agli USA - b. Compresa 720.000 t di lindano (γ -HCH)

Tabella 4

Sostanze prioritarie indicate nel Protocollo UNECE e nella Convenzione UNEP sui POPs (in grassetto i 12 POPs della Convenzione UNEP)

sostitutivi. Il Protocollo, firmato da 35 Nazioni e dalla Comunità Europea, è entrato in vigore ad ottobre 2003, dopo il deposito del sedicesimo strumento di ratifica.

A livello mondiale, la Convenzione sui POPs²¹ del Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP), sottoscritta a Stoccolma nel maggio 2001, mira a fornire uno strumento internazionale legalmente vincolante per la riduzione e l'eliminazione dei rilasci in tutti i comparti ambientali (atmosfera, acqua, suolo, residui e prodotti) di 12 POPs noti come "la sporca dozzina" e indicati in grassetto in tabella 4. Nei suoi 30 Articoli e 6 Allegati la Convenzione definisce misure di controllo sulla produzione, l'importazione, l'esportazione, lo smaltimento e l'utilizzo dei POPs. Individua alcuni settori prioritari e richiede la promozione e l'applicazione delle BAT e delle BEP (Best Environmental Practices) per prevenire e minimizzare le emissioni di POPs. Istituisce un comitato per la valutazione delle sostanze candidate per essere aggiunte all'elenco dei POPs e stabilisce un meccanismo finanziario e tecnico per l'aiuto ai Paesi in via di sviluppo e con economia in transizione.

Altre misure richieste dalla Convenzione riguardano il *reporting*, la ricerca, il monitoraggio e l'informazione al pubblico. La Convenzione è entrata in vigore il 17 maggio 2004, avendo raggiunto a quella data il numero di 50 ratifiche come previsto dalla Convenzione stessa.

La riduzione e l'eliminazione delle emissioni di diossine, furani e PCB rappresenta un punto prioritario nelle strategie ambientali comunitarie a breve, medio e lungo periodo²². Nell'ambito della Strategia Europea Ambiente e Salute²³ (programma "SCALE") è operativo un gruppo di lavoro sul monitoraggio integrato di diossine e PCB.

Altri programmi e iniziative internazionali che rivolgono il loro interesse al problema dei POPs, anche nel contesto più ampio della gestione delle sostanze tossiche, sono rappresentate dalla Convenzione OSPAR (Oslo-Paris Convention for the Protection of the

Marine Environment of the North-East Atlantic), dalla Convenzione BARCOM (Barcelona Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution), dalla Convenzione HELCOM (Helsinki Convention for the Protection of the Baltic) e dal programma AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). Le procedure e le responsabilità per l'importazione ed esportazione di sostanze tossiche (tra cui sono incluse sette POPs) sono definite dalla Convenzione di Rotterdam (PIC, Prior Informed Consent), mentre la Convenzione di Basilea per il controllo dei movimenti transfrontalieri dei rifiuti pericolosi include quelli contenenti diossine e PCB. Nell'area NAFTA (North American Free Trade Area), sono stati stabiliti piani regionali per l'eliminazione e la riduzione dell'esposizione dell'uomo e dell'ambiente a DDT, clordano e PCB e sono in sviluppo le estensioni a diossine, furani e HCB.

Alternative ai POPs

A partire dagli anni 70, tutti i pesticidi clorurati classificati come POPs e i PCB sono stati messi al bando o soggetti a severe restrizioni, in particolare nei paesi industrializzati. Tuttavia, alcune di queste sostanze sono ancora in uso in alcune aree geografiche dove sono considerate essenziali, ad esempio per motivi di salute pubblica, oppure perché più economiche, facili da produrre e facili da applicare rispetto alle moderne alternative.

L'adozione di alternative ai POPs o di tecnologie alternative si scontra spesso con diverse barriere che richiedono risorse umane, tecniche e finanziarie per la loro rimozione. Alcune delle alternative sono semplicemente più costose rispetto ad alcuni pesticidi classificati come POPs. Altre sono più tossiche in senso acuto e pertanto più pericolose per gli applicatori, richiedendo quindi ulteriori risorse per il loro utilizzo, come ad esempio un *training* particolare o l'uso di indumenti protettivi.

A questo si aggiunge l'abitudine, che favorisce l'uso di prodotti già adoperati in passato, e la percezione di un beneficio economico immediato nell'utilizzo di un pesticida con caratteristiche di POP, in quanto una sola applicazione dura molto più a lungo rispetto ad una possibile alternativa.

I POPs non prodotti intenzionalmente

Un particolare gruppo di POPs (U-POPs, Unintentional POPs) non sono prodotti intenzionalmente, ma si formano come sottoprodotti indesiderati durante numerose attività antropiche. I più importanti U-POPs sono diossine e furani, mai prodotte intenzionalmente. Anche altri POPs (HCB e PCB secondo la Convenzione di Stoccolma e HCB e IPA secondo il Protocollo UNECE) sono considerati POPs non intenzionali in quanto si formano come sottoprodotti non desiderati durante i processi di combustione e alcuni processi produttivi, spesso gli stessi che portano a formazione e rilascio di diossine e furani. In tabella 5 è riportata l'importanza relativa dei diversi settori responsabili delle emissioni in atmosfera di diossine e furani a livello globale. Le stime delle emissioni in atmosfera di PCB, HCB e IPA e le stime delle emissioni di tutti gli U-POPs nelle acque, nel suolo, nei residui e nei prodotti sono più carenti. In assenza di azioni di con-

trollo, è ragionevole prevedere un aumento delle emissioni di U-POPs a livello globale in relazione alla crescita demografica e allo sviluppo economico, molto rapido nei paesi in via di sviluppo. Molti dei settori prioritari indicati nella Convenzione di Stoccolma come l'incenerimento di rifiuti, l'industria della carta, l'industria metallurgica e le combustioni non controllate, possono infatti avere una rapida crescita proprio nei paesi in via di sviluppo.

La Convenzione UNEP e il Protocollo UNECE si pongono l'obiettivo di ridurre le emissioni di queste sostanze dalle sorgenti antropiche. A causa della peculiarità della loro formazione, la riduzione delle emissioni nell'ambiente degli U-POPs non può essere ottenuta con la proibizione della produzione e uso, come viene fatto per altri POPs, ma può essere ottenuta solo mediante il controllo dei processi produttivi che portano alla loro formazione. Il Protocollo UNECE precisa che "Ciascuna Parte riduce le proprie emissioni annue totali... prendendo provvedimenti efficaci adatti alla sua particolare situazione". La Convenzione di Stoccolma richiede che "Le Parti ... adottano le seguenti misure per ridurre i rilasci totali derivanti dalle sorgenti antropiche ... con l'obiettivo della loro continua minimizzazione e, dove fattibile, la loro eliminazione". In genere non sono specificati limiti massimi per le emissioni poiché i dati dispo-

Attività produttiva	Flusso g I-TEQ/anno	%
Incenerimento dei rifiuti	7241	68,9
Industria del ferro e dell'acciaio	1083	10,3
Metalli non ferrosi	804	7,6
Piccoli impianti di combustione	354	3,4
Produzione da minerali inorganici	234	2,2
Impianti di combustione industriali	204	1,9
Trasporti stradali	67	0,6
Centrali elettriche	57	0,5
Altri processi	470	4,5
Totale	10514	100

Tabella 5
Distribuzione delle sorgenti di emissione in atmosfera di PCDD/PCDF a livello globale

Fonte: Dioxin and furan inventories. National and regional emissions of PCDD/PCDF UNEP, 1999

nibili sono per il momento troppo lacunosi e non ancora definitivi. L'unica eccezione riguarda le emissioni dagli inceneritori di rifiuti, per le quali il Protocollo UNECE fissa valori limite per PCDD/PCDF, in I-TEQ/Nm³. Inoltre, le Parti hanno la possibilità di mettere in atto strategie diverse per ridurre le emissioni per ognuna delle sostanze elencate.

Il primo passo per la riduzione delle emissioni di POPs non intenzionali consiste nella individuazione e quantificazione delle fonti e dei processi che portano alla loro formazione. Gli inventari delle emissioni sono strumenti fondamentali per l'acquisizione di queste informazioni. Sebbene restino ancora numerose incertezze, dagli inventari nazionali e sovranazionali che man mano diventano disponibili²⁴⁻²⁹, appare evidente che la maggior parte delle emissioni in atmosfera di PCDD/PCDF sono riconducibili essenzialmente a due settori principali: combustioni (incenerimento di rifiuti, combustione per la produzione di energia termica ed elettrica, impianti operanti ad alte temperature, combustioni domestiche, combustioni non controllate ecc.) e processi di fusione e affinazione di metalli ferrosi e non ferrosi (sinterizzazione, produzione di acciaio con la tecnologia del forno elettrico, produzione di metalli non ferrosi da rottame ecc.). L'intervento prioritario su questi processi e l'applicazione di appropriate tecniche e tecnologie a queste fonti può contribuire sensibilmente alla riduzione delle emissioni di queste sostanze nell'ambiente. Nei termini del Protocollo UNECE e della Convenzione UNEP, viene data priorità allo sviluppo e all'adozione di materiali, prodotti e processi che permettano di prevenire la formazione e il rilascio di U-POPs e viene sottolineata la necessità dello sviluppo e dell'applicazione delle "migliori tecniche disponibili" (BAT, Best Available Techniques) alle sorgenti di emissione. Il concetto di BAT non include solo la tecnologia usata ma anche altri aspetti tecnici, quali la sua installazione, l'operatività, la manu-

tenzione e lo smantellamento finale dell'impianto oltre a fattori, quali la disponibilità e applicabilità pratica della tecnica, i costi e i benefici della misura e le considerazioni di precauzione e prevenzione.

Attività ENEA per la riduzione delle emissioni di POPs non prodotti intenzionalmente

Nell'ambito dell'Accordo di Programma sottoscritto tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ed ENEA, era stata individuata la necessità di acquisire strumenti conoscitivi al fine di valutare la fattibilità di riduzione delle emissioni in atmosfera di POPs non prodotti intenzionalmente e derivanti da processi industriali, secondo quanto richiesto dal Protocollo UNECE e dalla Convenzione UNEP.

Le informazioni disponibili a livello internazionale individuano nell'industria metallurgica ferrosa e non ferrosa una fonte importante di emissione in atmosfera di PCDD/PCDF. In alcuni casi, l'emissione di PCDD/PCDF da questo settore rappresenta una importante frazione dell'intero inventario di emissione. I punti di maggiore criticità sembrano essere gli impianti di sinterizzazione, le acciaierie con forno ad arco elettrico e gli impianti di produzione di rame secondario.

L'Italia si colloca al secondo posto tra i produttori europei di acciaio e al decimo posto tra i produttori mondiali. In Italia, circa il 60% dell'acciaio viene prodotto con la tecnologia del forno ad arco elettrico. L'Italia è anche un importante paese produttore di metalli non ferrosi da fonti secondarie, ad esempio è il secondo produttore europeo di alluminio secondario e un importante produttore di piombo da materiali di recupero. Per queste attività produttive, le informazioni riportate in letteratura sulle emissioni di PCDD/PCDF sono carenti e talvolta contraddittorie. Inoltre, una delle principali attività sviluppata in Italia è rappresentata dalla produzione di leghe di rame (ottone e

bronzo) da materiali di recupero e per queste produzioni non esistono in letteratura fattori di emissione.

La scarsa conoscenza a livello nazionale aveva richiesto la realizzazione di una attività sperimentale per la quantificazione delle emissioni da impianti rappresentativi della realtà produttiva italiana e assunti come impianti di riferimento, con l'obiettivo di stimare fattori di emissione dall'industria metallurgica secondaria più aderenti alla realtà nazionale. Le attività, condotte in stretta collaborazione con l'Associazione Industriale Bresciana (AIB), hanno portato alla stima di fattori di emissione di PCDD, PCDF, PCB, HCB e IPA in atmosfera e nei residui (polveri di impianti di abbattimento fumi) dai settori delle acciaierie con forno elettrico ad arco, alluminio secondario, leghe di rame secondarie e piombo secondario. Il progetto³⁰ si poneva inoltre l'obiettivo di formulare ipotesi sui principali parametri responsabili della formazione di U-POPs mediante confronto tra le diverse situazioni operative degli impianti studiati e di valutare le possibili tecniche di riduzione delle emissioni di U-POPs dall'industria metallurgica secondaria.

Considerazioni conclusive

Le concentrazioni ambientali degli inquinanti organici persistenti, a differenza di molti altri contaminanti, non diminuiscono rapidamente al cessare delle loro emissioni. Queste sostanze persistono nell'ambiente e non rispettano i confini internazionali, potendo migrare su lunghe distanze. Inoltre, una volta dispersi nell'ambiente, non subiscono un processo di diluizione ma nel lungo termine tendono ad accumularsi nei livelli trofici più elevati, e in particolare nell'uomo. Il primo forte impulso ad affrontare il problema dei POPs si ebbe nel 1962 con la pubblicazione del libro "Silent Spring"³¹ in cui Rachel Carson, biologa del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, esprimeva la sua preoccupazione per una primavera silenziosa, senza uccelli a causa dell'uso

indiscriminato dei pesticidi clorurati.

La completa eliminazione dei POPs è un problema complicato e difficile. Coinvolge non solo conoscenze scientifiche e tecnologiche, ma richiede un impegno politico ed economico e può essere affrontato e risolto solo in cooperazione. Gli strumenti per proteggere l'ambiente e la salute dai POPs sono oggi disponibili. La storia dei POPs, iniziata all'inizio del ventesimo secolo, potrebbe vedere la sua fine nel ventunesimo secolo.

Bibliografia

1. JONES K.C., DE VOOGT P. (1999). *Persistent organic pollutants (POPs): state of the science*. Environ. Poll. 100: 209 – 221.
2. TANABE S., IWATA H., TATSUKAWA R. (1994). *Global contamination by persistent organochlorines and their ecotoxicological impact on marine mammals*. Sci. Total Environ., 154: 163-177.
3. BARRIE L.A., GREGOR D., HARGRAVE B., LAKE R., MUIR D., SHEARER R., TRACEY B., BIDLEMAN T.F. (1992). *Arctic contaminants: sources, occurrence and pathways*. Sci. Tot. Environ., 122: 1-74.
4. MUIR D.C.G., WAGEMANN R., HARGRAVE B.T., THOMAS D.J., PEAKALL D.B., NORSTROM R.J. (1992). *Arctic Ecosystem contamination*. Sci. Tot. Environ., 122: 75-134.
5. UNEP (1999): *Dioxin and furan inventories*. National and regional emissions of PCDD/PCDF. UNEP, Geneva, Switzerland.
6. ATSDR (2003): *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*. ATSDR, Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services (www.atsdr.cdc.gov).
7. IARC (1997). *Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans*. Summary of Data Reported and Evaluation. IARC Monographs, Vol. 69. IARC Press, Lyon.
8. SAFE S. (1990). *Polychlorinated-biphenyls (PCBs), dibenzo-para-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs) and related-compounds – Environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors (TEFs)*. Crit. Rev. Toxicol., 21: 51-88.
9. NATO/CCMS (1988): *International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF). Method of Risk Assessment for Complex Mixtures of Dioxins and Related Compounds*. Report Number 176, August 1988, North Atlantic Treaty Organization, Committee on Challenges of Modern Society, Brussels, Belgium.
10. VAN DEN BERG M., BIRNBAUM L., BOSVELD B.T.C., BRUNSTRÖM B., COOK P., FEELEY M., GIESY J.P., HANBERG A., HASEGAWA R., KENNEDY S. W., KUBIAK T., LARSEN J.C., VAN LEEUWEN F.X.R., LIEM A.K.D., NOLT C., PETERSON R.E., POELLINGER L., SAFE S., SCHRENK D., TILLITT D., TYSKLIIND M., YOUNES M., WAERN F., ZACHAREWSKI T. (1998): *Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs*,

- PCDDs, PCDFs for humans and wildlife*. Environmental Health Perspective, 106: 775-792.
11. WANIA F., MACKAY D. (1993): *Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions*. *Ambio*, 22: 10-18.
 12. WHO (1998). *Executive summary. Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI)*. WHO Consultation May 25-29 1998, Geneva, Switzerland. WHO European Centre for Environmental Health and International Programme on Chemical Safety. World Health Organization, Geneva.
 13. EUROPEAN COMMISSION (2000). *Opinion of the SCF on the risk assessment of dioxins and dioxin-like PCBs in food*. Scientific Committee on Food. SCF/CS/CNTM/DIOXIN/8 Final.
 14. US EPA (1994). *Health Assessment Document for 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and Related Compounds*. Office of Research and Development. US Environmental Protection Agency. Review Draft. Washington, D.C..
 15. RITTER L., SOLOMON, K.R.R., FORGET J. (1995). *Persistent Organic Pollutants – An assessment report on: DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Chordane, Heptachlor, Hexachlorobenzene, Mirex, Toxaphene, Polychlorinated Biphenyls, Dioxins and Furans*. IPCS/IOMC.
 16. FIEDLER H., HUTZINGER O. (1992). *Sources and sinks of dioxins: Germany*. *Chemosphere*, 25: 1487-1491.
 17. FIEDLER H. (1998). *Thermal Formation of PCDD/PCDF - A Survey*. *Environ. Eng. Sci.* 15: 49-58.
 18. TRAINA M.E., URBANI E., RESCIA M, MANTOVANI A (2001): *L'insetticida lindano: identificazione dei rischi possibili per la riproduzione umana*. ISS, Rapporti ISTISAN 01/3.
 19. HALLSALL C.J., LEE R. G.M., COLEMAN P.J., BURNETT V., HARDING-JONES P., JONES K.C. (1995): *PCBs in UK urban air*. *Environ. Sci. Technol.* 29: 2368 – 2376.
 20. UNECE (1998). *Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution on Persistent Organic Pollutants*. ECE/EB.AIR/60, United Nations Economic and Social Council, Economic Commission for Europe.
 21. UNEP (2001). *Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)*. United Nations Environment Programme.
 22. EC (2001). *Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo e al Comitato Economico e Sociale. Strategia comunitaria sulle diossine, i furani e i bifenili policlorurati*. COM (2001) 593, Bruxelles.
 23. STRATEGIA EUROPEA AMBIENTE E SALUTE. Sito web: www.environmentandhealth.org.
 24. LUA (1997). *Identification of relevant industrial sources of dioxins and furans in Europe (The European dioxin inventory) – Final Report*. Materialien N° 43. Essex, Landesumweltamt NRW.
 25. USEPA (1998). *The inventory of sources of dioxin in the United States*. Report EPA/600/P-98/002Aa (External review draft). U.S. Environmental Protection Agency, Exposure Analysis and Risk Characterization Group, Washington, D.C..
 26. UNEP (1999). *Dioxin and furan inventories. National and regional emissions of PCDD/PCDF*. UNEP, Geneva, Switzerland.
 27. De Lauretis R. (1999): *Dioxin and furans Italian national and local emission inventory*. *Organohalogen compounds*, 41: 487 - 489.
 28. CEPA/FPAC (1999): *Dioxins and Furans and Hexachlorobenzene Inventory of Releases*. Prepared by Environment Canada and the Federal/Provincial Task Force on Dioxins and Furans for the Federal Provincial Advisory Committee for the Canadian Environmental Protection Act.
 29. EC (2000): *The European Dioxin Emission Inventory. Stage II (3 volumi)*. European Commission, Directorate General for Environment (DG ENV).
 30. ENEA/AIB/MATT (2003). *Valutazione delle emissioni di inquinanti organici persistenti da parte dell'industria metallurgica secondaria*. Rapporto finale.
 31. Carson Rachel (1962). *Silent spring*. Boston, Houghton Mifflin.

L'efficienza energetica degli usi finali in Italia e in Europa

MILENA PRESUTTO
ENEA

Unità di Agenzia
per lo Sviluppo Sostenibile – Advisor



L'applicazione crescente nel corso degli ultimi anni di misure per migliorare l'efficienza energetica nelle nostre case ha ottenuto importanti risultati. La politica adottata si è basata sul coinvolgimento delle industrie del settore e sull'aumento di informazione per il cittadino utilizzatore

studi & ricerche

The **energy efficiency** of end uses in Italy and Europe

Abstract

Energy consumption information, officially set in Europe since 1992, via Directive 92/75/EEC, mandatory minimum efficiency requirements and voluntary agreements with industry are the three components that characterise the EU approach to raising the energy efficiency of end uses in homes. The mix has focused more sharply and matured over the years, and has produced a substantial transformation of the end-use market in Italy and the rest of Europe. The author describes improvements in the energy efficiency of major household appliances (refrigerators, freezers, washing machines and dishwashers) by tracking changes in the distribution of models in the seven energy-efficiency classes defined in the EU labelling system. Around 63% of washing machines, 47% of refrigerators and freezers, and 37% of dishwashers manufactured in 2002 qualify as class A. The article also describes the new Energy Star Programme for labelling office equipment, and the new proposals pending in the European Council and Parliament on policy in the area of sound energy use by end consumers

Le politiche comunitarie sull'efficienza energetica degli usi finali

L'approccio comunitario al miglioramento dell'efficienza energetica degli usi finali domestici si è basato nell'ultimo decennio su tre azioni principali: l'*etichettatura energetica*, i *requisiti minimi obbligatori di rendimento* e gli *Accordi Volontari con l'industria*.

Queste tre misure sono diversamente applicate, da sole o congiuntamente, per i diversi prodotti e formano un mix unico di azioni obbligatorie e volontarie fra loro complementari e correlate che si è consolidato ed affinato nel corso degli anni e ha prodotto una sostanziale trasformazione del mercato degli usi finali in Italia e in Europa.

L'etichettatura energetica degli elettrodomestici e delle apparecchiature per ufficio

L'etichettatura energetica è stata istituita dal 1992 con la direttiva quadro 92/75/CEE concernente l'indicazione obbligatoria del consumo di energia e di altre risorse mediante etichettatura ed informazioni minime sui prodotti. Nel 1994 è stata introdotta la prima direttiva applicativa (94/2/CE) sull'etichettatura energetica dei frigoriferi, congelatori e loro combinazioni, che è entrata in vigore nel gennaio 1995. Ad essa sono seguite le direttive^[1] sulle lavatrici, lavasciugatrici, asciugatrici, lavastoviglie, sorgenti luminose, forni elettrici e condizionatori d'aria fino a 12 kW di capacità refrigerante^[2] e infine nel 2003 la revisione dell'etichettatura per frigoriferi e congelatori in vigore dal luglio di quest'anno. L'etichettatura energetica è principalmente rivolta al settore domestico ma non solo, infatti l'art.1 della direttiva 92/75 CEE stabilisce che le informazioni minime debbano essere fornite per gli apparecchi domestici anche se venduti per uso non domestico.

Come è noto l'etichettatura si basa sulla classificazione degli apparecchi in una scala di sette classi di efficienza energetica (o di consumo energetico, a seconda del tipo

di apparecchio) identificate dalle lettere da A a G e da frecce di lunghezza diversa e colore che va dal verde al rosso. La classe "A" contraddistingue i modelli a maggiore efficienza o minore consumo ed è associata alla freccia più corta e al colore verde, mentre la classe "G" include i modelli a minore efficienza o maggiore consumo ed è identificata dalla freccia più lunga e dal colore rosso. Questa classificazione, sviluppata nel 1994 per i soli frigoriferi e congelatori, è stata in seguito utilizzata per tutti gli altri apparecchi sottoposti ad etichettatura. Più recentemente la direttiva 2003/66/CE ha modificato parzialmente lo schema, aggiungendo alle tradizionali sette classi A-G due nuove classi, chiamate "A+" ed "A++" (figura 1), per evidenziare i migliori modelli di frigoriferi e congelatori sul mercato.

Nel giugno 2001 la decisione del Consiglio 2001/469/CE ha introdotto il Programma comunitario "Energy Star" per l'etichettatura delle apparecchiature per ufficio, il cui ente di gestione è la Commissione Europea assistita da un Comitato – lo European Community Energy Star Board (ECESB) – formato dai rappresentanti degli Stati membri. Il programma di tipo volontario, è frutto di un accordo internazionale con l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti ed utilizza un logo (figura 1) per riconoscere i prodotti che presentano un uso efficiente dell'energia. Possono partecipare al programma i fabbricanti, i venditori o i rivenditori che decidono di aderirvi e di commercializzare prodotti rispondenti alle specifiche energetiche. Attualmente possono essere etichettati computer, monitor, stampanti, fax, affrancatrici, fotocopiatrici, scanner e dispositivi multifunzione. Sono in corso di definizione i nuovi criteri per i monitor e per le apparecchiature per la gestione delle immagini.

I requisiti minimi di rendimento energetico

Requisiti minimi obbligatori di rendimento sono stati definiti per alcune limitate tipolo-

gie di prodotto: per i frigoriferi & congelatori con la direttiva 96/57/CE e per gli alimentatori per lampade fluorescenti compatte con la direttiva 2000/55/CE^[3]. Per poter essere immessi sul mercato comunitario i prodotti coperti dalle due direttive devono superare una soglia minima (di esclusione) del rendimento.

Gli Accordi Volontari con l'industria

A partire dalla metà degli anni 90, parallelamente alle misure di tipo obbligatorio, sono stati negoziati dalle Associazioni europee dei produttori una serie Accordi Volontari per il miglioramento dell'efficienza energetica dei prodotti. Tali Accordi Volontari assumono la forma di un "impegno unilaterale" (*unilateral commitment*) dell'industria, che l'Autorità preposta - Commissione e Stati membri - accetta decidendo di astenersi dal legiferare sulla stessa materia per il periodo di validità dell'Accordo.

Cinque tipologie di apparecchi sono al momento oggetto di questo tipo di accordo: dal 1996 televisori e videoregistratori nel modo *stand-by* e lavatrici, dal 1999 lavastoviglie, dal 2000 scaldacqua elettrici e dal 2002 frigoriferi e congelatori^[4].

Tutti gli accordi volontari che coinvolgono gli elettrodomestici bianchi (si veda il box per i dettagli dell'accordo sui frigoriferi, congelatori, lavatrici e lavastoviglie) utilizzano l'etichetta energetica e la dichiarazione delle prestazioni e delle caratteristiche degli apparecchi etichettati come base tecnica e legale nella definizione dei criteri di miglioramento dell'efficienza dei prodotti. Si può quindi affermare che nel tempo l'etichettatura energetica è divenuta probabilmente la più importante politica energetica nell'UE.

Le politiche sull'efficienza energetica in Italia

Azioni in Italia relative all'efficienza energetica sono state implementate fino dal 1991, con l'emanazione della Legge n. 9/91, il cui articolo 31 istituiva il marchio "Risparmio

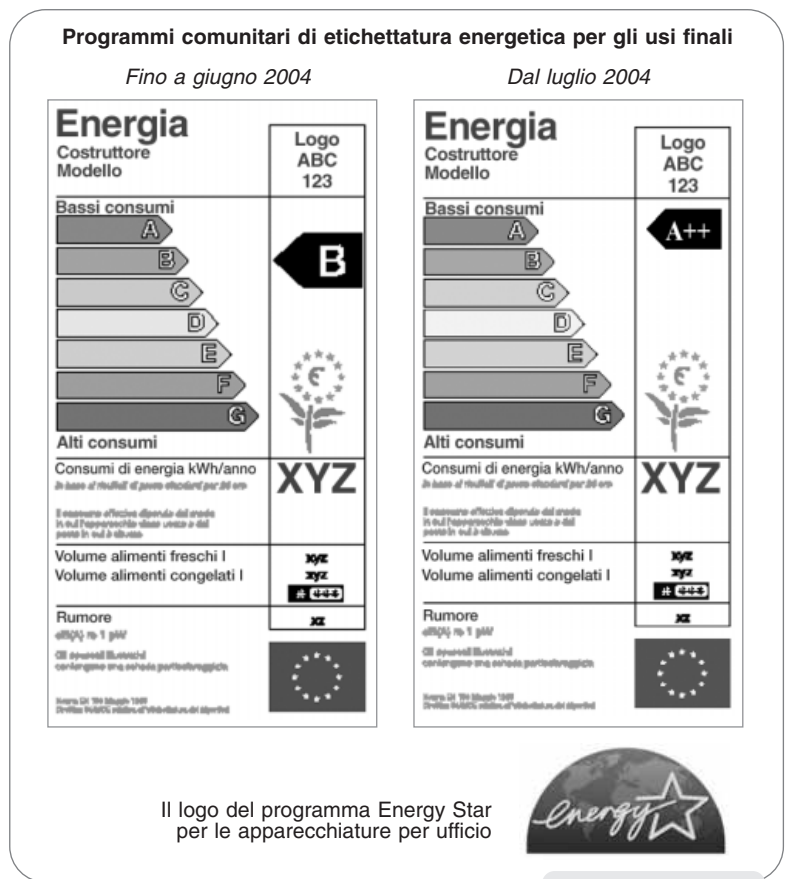


Figura 1
Programmi comunitari di etichettatura energetica per gli usi finali

Energetico", che avrebbe dovuto premiare i modelli a maggiore efficienza energetica con un "marchio di qualità" per favorirne la diffusione fra i consumatori. Lo studio tecnico è stato realizzato dall'ENEA, ma il marchio non è stato istituito per la contemporanea implementazione a livello comunitario della Direttiva quadro 92/75/CE e delle sue direttive applicative^[5].

Parallelamente, nel 2001 è stato emanato dal Ministero dell'Industria, Commercio ed Artigianato il decreto 24 aprile 2001 poi sostituito dal decreto 20 luglio 2004^[6] in cui sono individuati gli obiettivi quantitativi annui di riduzione di energia primaria per i distributori di elettricità e gas, dal 2005 al 2009, mediante interventi per migliorare l'efficienza energetica sia sulla rete sia a livello degli usi finali o attraverso le fonti rinnovabili. Gli oneri per la realizzazione dei progetti potranno trovare copertura sia sulle tariffe elettriche per gli utenti finali che sulle tariffe di acces-

Gli Accordi Volontari con l'industria europea per gli elettrodomestici bianchi

Lavatrici: in vigore dal 22.10.1997 al 31.12.2001, il primo accordo prevedeva l'eliminazione dall'1.1.1998 degli apparecchi appartenenti alle classi di efficienza energetica E, F e G (con esclusione dei modelli con una capacità di carico inferiore ai 3 kg e ad asse verticale) e dall'1.1.2000 degli apparecchi di classe D (con esclusione dei modelli con una capacità di carico inferiore ai 3 kg e velocità di centrifugazione minore di 600 giri/minuto). Contemporaneamente i costruttori si sono impegnati a raggiungere un consumo medio (media pesata) per gli apparecchi prodotti pari a 0,24 kWh/kg ciclo per l'anno 2000. Il secondo accordo, in vigore dall'1.1.2002 al 31.12.2010, ha come obiettivi l'eliminazione degli apparecchi appartenenti alla classe D entro il 31.12.2004 e la riduzione del consumo medio (sempre la media pesata) a 0,20 kWh per kg di bucato nel 2008 nei 25 Stati membri dell'UE.

Lavastoviglie: in vigore dal 31.12.1999 al 31.12.2006, include due fasi successive.

- **Fase I:** eliminazione dal 31.12.2000 degli apparecchi appartenenti alle classi di efficienza energetica E, F e G per modelli per 10 o più coperti e alle classi di efficienza energetica F e G per modelli per meno di 10 coperti.
- **Fase II:** eliminazione degli apparecchi appartenenti alla classe D per modelli per 10 o più coperti e alla classe E per modelli per meno di 10 coperti.

Contemporaneamente i costruttori si sono impegnati ad ottenere un risparmio energetico del 20% nel 2002 rispetto al consumo del 1996 utilizzato come anno di riferimento. L'entrata in vigore della seconda fase dell'accordo porterà ad un ulteriore risparmio energetico.

Frigoriferi e congelatori: l'accordo del 2002, in vigore fino al 31.12.2010, prevede di non produrre o importare apparecchi appartenenti alla classe di efficienza energetica C (classe D per i congelatori orizzontali) a partire dal 31.12.2004 e di raggiungere un Indice di Efficienza Energetica (IEE) medio (media pesata) pari a 55 nel 2006 per tutti gli apparecchi prodotti nei 25 Stati membri dell'UE. In altre parole, il consumo medio di tutti gli apparecchi prodotti nel 2006 sarà del 45% inferiore rispetto alla media dei modelli del 1994, anno di riferimento per questo tipo di elettrodomestico.

so alla rete. Il gestore del mercato elettrico emetterà a favore dei singoli distributori titoli annuali di efficienza energetica pari al valore della riduzione conseguita.

In particolare, il decreto prevede la promozione dell'utilizzo di prodotti, apparecchi e componenti di impianto in grado di ridurre i consumi di energia elettrica, fra cui motori elettrici, sistemi per l'illuminazione, apparecchiature elettroniche e per ufficio con basso consumo nel modo *stand-by* ed elettrodomestici ad elevata efficienza. Per questi ultimi la sostituzione dovrà essere effettuata con modelli appartenenti alla classe di efficienza energetica più elevata secondo lo schema di etichettatura energetica. Ancora una volta quindi l'etichettatura energetica viene utilizzata come supporto per una nuova politica energetica.

Effetti delle politiche e misure per gli usi finali in Europa e in Italia

L'impatto che l'etichettatura energetica e le altre politiche per l'efficienza energetica hanno avuto nel periodo 1994-2002 ha portato ad una profonda trasformazione del mercato europeo e nazionale dei principali usi finali.

Il miglioramento dell'efficienza energetica degli apparecchi domestici può essere descritto attraverso l'evoluzione della distribuzione dei modelli nelle classi di efficienza energetica definite nel relativo schema di etichettatura. Come illustrato nelle figure 2, 3 e 4, nel 2002 circa il 47% dei modelli di frigoriferi e congelatori di nuova produzione in Europa appartiene alla classe A (e di questi poco meno del 2% ha un indice di

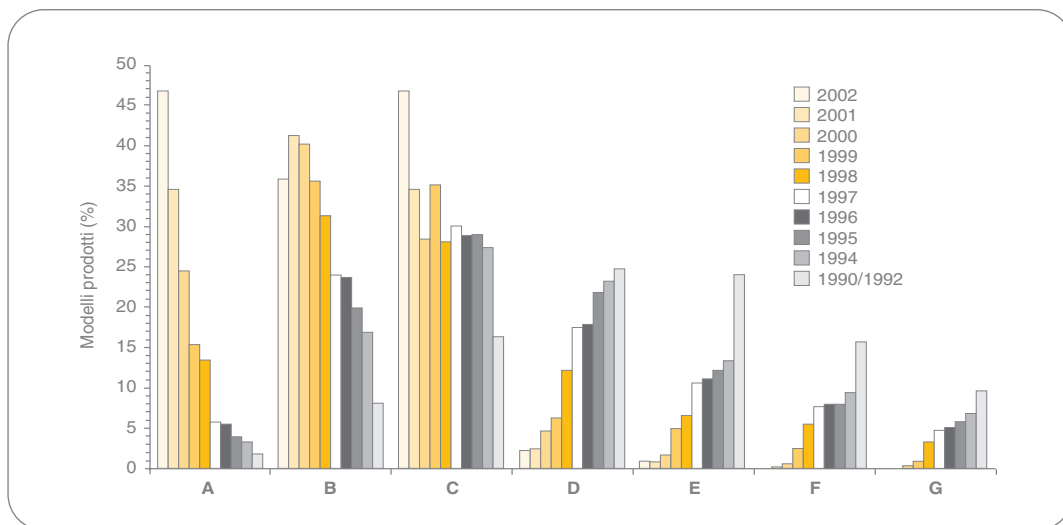


Figura 2
Effetto delle politiche energetiche comunitarie per frigoriferi & congelatori sull'efficienza energetica dei modelli di nuova produzione nel 1992-2002 in Europa

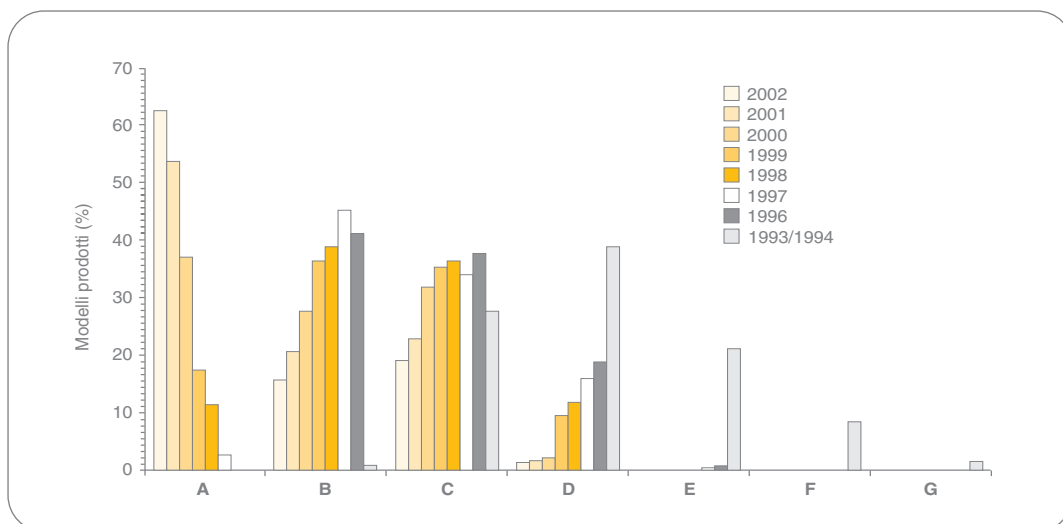


Figura 3
Effetto delle politiche energetiche comunitarie per le lavatrici sull'efficienza energetica dei modelli di nuova produzione nel 1994-2002 in Europa

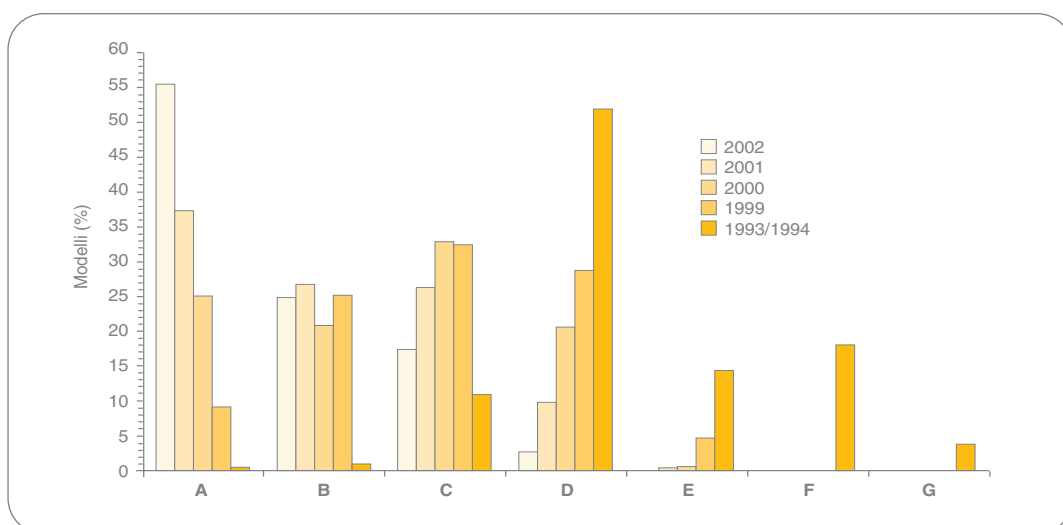


Figura 4
Effetto delle politiche energetiche comunitarie per le lavastoviglie sull'efficienza energetica dei modelli di nuova produzione nel 1994-2002 in Europa

Tipologia	Quantità	Prezzo	Valore
Frigoriferi	2,1	2,1	4,2
Congelatori	3,6	1,9	5,6
Lavatrici	2,9	-1,1	1,8
Lavastoviglie	-1,0	-0,9	-1,9
Totale comparto	2,3	0,6	3,0

Tabella 1

Il mercato italiano degli elettrodomestici bianchi, variazioni percentuali 2003/2002

efficienza energetica (IEE)^[7] ancora più elevato); per le lavatrici questa percentuale sale al 63%, mentre solo meno del 2% di modelli è ancora in classe D; gli apparecchi in classe A sono circa il 55% per le lavastoviglie, mentre quelli nella classe B raggiungono il 25%.

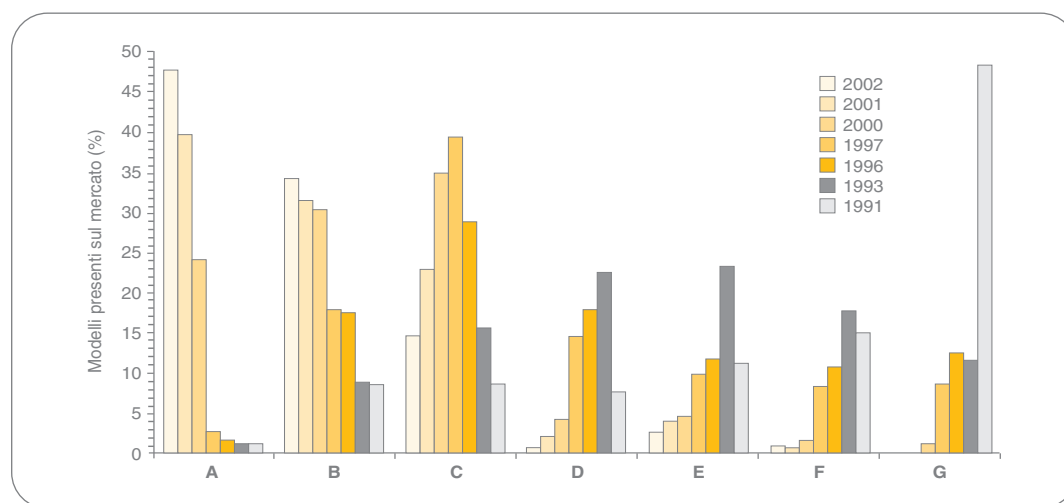
Va ricordato che per i frigoriferi e congelatori la direttiva 96/57/EC ha eliminato dal mercato, a partire dal 1999, gli apparecchi delle classi a più bassa efficienza: G, F, E, e quasi tutta la D per i frigoriferi e i congelatori verticali e le classi G, F e quasi tutta la E per i congelatori orizzontali; mentre l'accordo volontario con l'industria ha eliminato da quest'anno gli apparecchi di classe C (di classe D per i congelatori orizzontali). Per le lavatrici i modelli appartenenti alle classi E, F, G non sono più venduti sul mercato comunitario dal 2002 e quelli appartenenti alla classe D non lo saranno più dal dicembre 2004, come stabilito dai due accordi volontari con l'industria. Infine, le lavastoviglie (per più di 10 coperti) di classe D,

E, F, G sono state eliminate dalla fine del 2003 (una classe di meno per gli apparecchi inferiori ai 10 coperti) sempre come conseguenza dello specifico accordo volontario. I dati del mercato nazionale 2003 dei principali elettrodomestici bianchi (tabella 1) mostrano un settore in generale crescita.

In Italia, l'efficienza media dei frigoriferi & congelatori immessi sul mercato (figura 5) è passata in poco più di un decennio dalla classe G alla classe A-B, con circa il 48% dei modelli in classe A nel 2002, contro la stessa percentuale di apparecchi in classe G nel 1991^[8]. Entrando più nel dettaglio, i frigoriferi sono mediamente più efficienti dei congelatori: superando i primi il 50% di modelli in classe A nel 2002, contro meno del 40% per i secondi.

Globalmente gli elettrodomestici del freddo hanno mostrato nel 2003 una crescita del volume di vendita dei frigoriferi a poco più di 1,5 milioni di pezzi, con un innalzamento del prezzo medio dei prodotti dovuto alla preferenza dei consumatori per gli apparecchi delle classi a più elevata efficienza energetica A+ e A++^[9]. Chi sostituisce il vecchio apparecchio infatti è attratto dalla possibilità di un risparmio energetico, mentre chi acquista un apparecchio nuovo non sceglie quasi più modelli che abbiano una classe inferiore alla A. Anche i congelatori hanno registrato un aumento del volume di vendita, arrivando a circa

Figura 5
Effetto delle politiche energetiche comunitarie per frigoriferi & congelatori sull'efficienza energetica dei modelli presenti sul mercato italiano nel 1991-2002



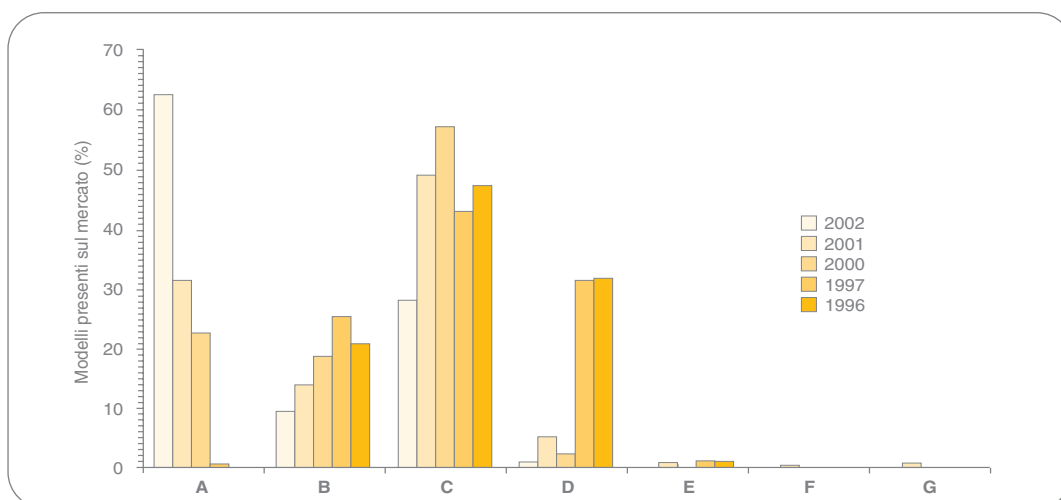


Figura 6
Effetto delle politiche energetiche comunitarie per le lavatrici sull'efficienza energetica dei modelli presenti sul mercato italiano nel 1996-2002

340.000 pezzi venduti, con una crescita dei prodotti a risparmio energetico che tocca il 28% del venduto.

Per le lavatrici la percentuale di apparecchi di classe A negli ultimi 5 anni è passata dallo 0,6% nel 1996 a circa il 60% nel 2002 (figura 6). Anche nel 2003 questi apparecchi si sono confermati, insieme ai frigoriferi, i prodotti più importanti del comparto degli elettrodomestici bianchi, con oltre 1,4 milioni di pezzi venduti. Possibilità di lavare una maggiore quantità di panni ed una elevata efficienza energetica sono le due caratteristiche dominanti del mercato.

Per le lavastoviglie (figura 7) nel 1996 il 50% dei modelli apparteneva alla classe D, mentre nel 2002 la stessa percentuale è in classe A, mentre gli apparecchi di classe E, F e

G si sono azzerati, come risultato dell'accordo volontario con l'industria europea. Nel 2004 anche gli apparecchi appartenenti alla classe D (3,5% nel 2002) sono scomparsi dal mercato per effetto dello stesso accordo. Le vendite nel 2003 sono state di poco meno di 550.000, con una riduzione in controtendenza rispetto alle altre tipologie di prodotto, ma gli apparecchi in classe A hanno superato il 60%, almeno per i modelli di libera installazione, i cosiddetti *free-standing*.

Il consumo energetico degli apparecchi domestici

Il consumo energetico medio dei nuovi frigoriferi offerti sul mercato nazionale è passato dai 526 kWh/anno (per 367 litri di volu-

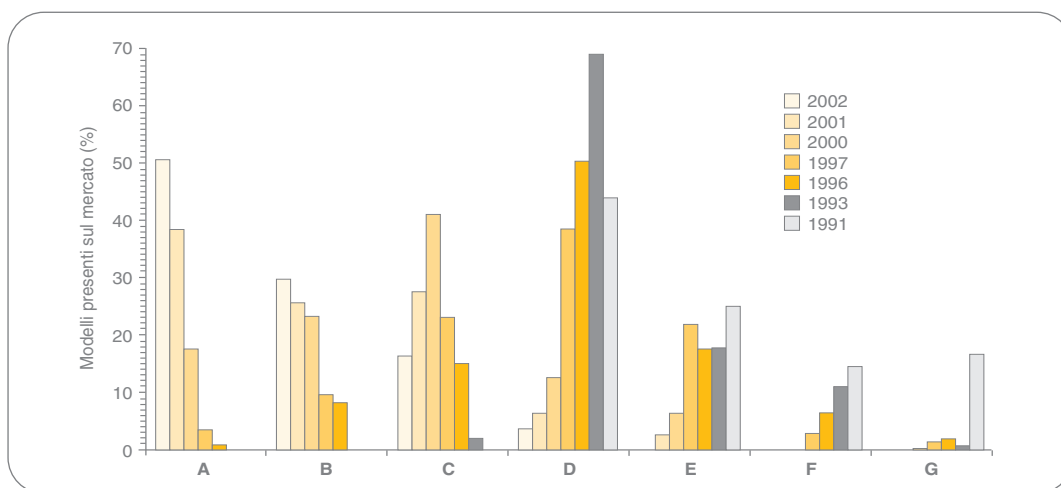


Figura 7
Effetto delle politiche energetiche comunitarie per le lavastoviglie sull'efficienza energetica dei modelli presenti sul mercato italiano nel 1991-2002

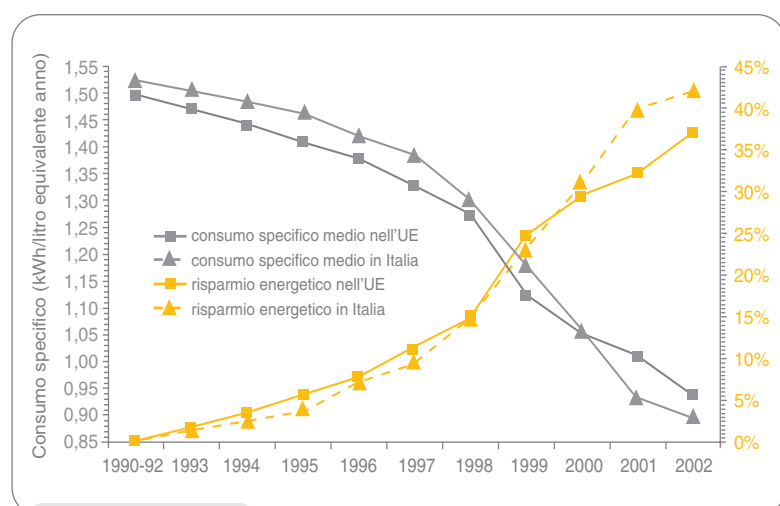
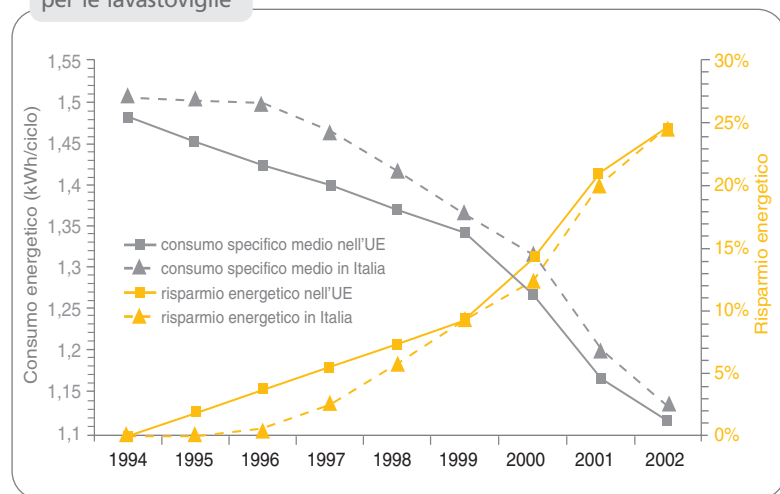


Figura 8
Consumo energetico specifico e risparmio energetico medio in Europa e in Italia nel 1992-2002 per frigoriferi & congelatori

me equivalente¹⁰) del 1991, a 390 kWh/anno (per 438 litri di volume equivalente) nel 2002. Per i congelatori dai 448 kWh/anno (per 237 litri di volume) nel 1991, a 318 kWh/anno (per 206 litri di volume) nel 2002. Per le lavatrici si è passati invece da circa 0,318 kWh/kg ciclo del 1991 a 0,237 kWh/kg del 2001, il consumo medio per apparecchio è invece passato da 2,4 kWh/ciclo nel 1991, a 1,14 kWh/ciclo nel 2001, a 1,05 kWh/ciclo nel 2002. Mentre le lavastoviglie consumavano 1,67 kWh/ciclo di lavaggio nel 1991 e 1,13 kWh/ciclo nel 2002.

In Europa il consumo dei frigoriferi è passato da 438 kWh/anno (per 328 litri di volume equivalente) nel 1994 a 390 kWh/anno (per 434 litri di volume equivalente) nel

Figura 9
Consumo energetico specifico e risparmio energetico medio in Europa e in Italia nel 1994-2002 per le lavastoviglie



2002, mentre per i congelatori il consumo energetico nello stesso periodo è passato da 474 kWh/anno (per 223 litri di volume) a 318 kWh/anno (per 206 litri di volume). Il consumo medio delle lavatrici mostra una costante diminuzione da circa 0,3 kWh/kg nel 1994 a 0,208 kWh/kg nel 2002 (pari a circa 1,5 kWh/ciclo nel 1994 e a 1,04 kWh/ciclo nel 2002), mentre per le lavastoviglie il consumo è diminuito da 1,48 kWh/ciclo nel 1994 a 1,118 kWh/ciclo nel 2002.

In termini di risparmio energetico medio, in Italia le tre tipologie di prodotti hanno fatto registrare nel 2002 rispettivamente una riduzione di circa il 42%, 26% e 25%, mentre nell'Unione Europea i frigoriferi e congelatori hanno raggiunto circa il 37%, le lavatrici circa il 31% e le lavastoviglie circa il 25%. Nel confrontare i dati di consumo e di risparmio energetico bisogna tenere conto che mentre i dati per l'Europa si riferiscono in generale alla produzione dei nuovi modelli, per l'Italia il riferimento è ai modelli presenti sul mercato.

Per i frigoriferi & congelatori (figura 8) in particolare i dati europei sono riferiti alle vendite per il periodo 1994-1999 e alla produzione per gli anni 2000-2002. Il consumo energetico in Italia è sempre superiore alla media europea fino al 2000, tuttavia proprio negli ultimi tre anni i valori sono poco confrontabili per le ragioni appena esposte. Per le lavatrici, l'efficienza media degli apparecchi prodotti in Europa è stata più elevata che in Italia a partire dal 1996, ma questa differenza sembra essersi azzerata nel 2002. Nella figura 9 i valori europei per le lavastoviglie per gli anni 1995-1998 sono stimati; anche per questi apparecchi la differenza con la media europea sembra essersi praticamente azzerata nel 2002.

In termini di consumo energetico, cosa significa oggi acquistare un elettrodomestico? Per rispondere a questa domanda sono stati calcolati i consumi di alcuni modelli rappresentativi dei principali apparecchi domestici coperti da etichettatura:

- un frigo-congelatore da 300 litri, di cui

Classe	Frigo-congelatore ¹		Lavatrice ²		Lavastoviglie ³		Condizionatore ⁴	
	kWh/anno	€/anno	kWh/anno	€/anno	kWh/anno	€/anno	kWh/anno	€/anno
A++	< 188	< 34,00						
A+	188 - 263	34,00 - 47,30	< 221	< 39,78				
A	263 - 344	47,30 - 61,90	247 - 221	44,50 - 39,78	< 232	< 41,80	< 891	> 160,30
B	344 - 468	61,90 - 84,20	247 - 299	44,50-53,80	232 - 276	41,80 - 49,70	891 - 950	160,30 - 171,00
C	468 - 563	84,20 - 101,30	299 - 351	53,80-63,30	276 - 319	49,80 - 57,40	950-1.018	171,00 - 183,20
D	563 - 625	101,30 - 112,50	351- 403	63,30-72,50	319 - 363	57,40 - 65,30	1.018-1.096	183,20 - 197,30
E	625 - 688	112,50 - 123,80	403 - 455	72,50-81,90	363 - 407	65,30 - 73,30	1.096-1.188	197,30 - 213,80
F	689 - 781	123,80 - 140,60	455 - 507	81,90-91,30	407 - 450	73,30 - 81,00	1.188-1.295	213,80 - 233,20
G	> 781	> 140,60	>507	> 91,30	> 450	> 81,00	> 1.295	> 233,20

1 per un frigo-congelatore da 300 litri, di cui 200 per cibi freschi e 100 per cibi congelati,
2 per un bucato di 5 kg di biancheria di cotone a 60°, per 5 lavaggi alla settimana
3 per una lavastoviglie di 12 coperti, per 220 lavaggi all'anno
4 per un modello medio di apparecchio split, con potere di raffreddamento di 5,7 kW, raffreddato ad aria, utilizzato per 500 ore all'anno in sola modalità di raffreddamento
5 per un modello medio di apparecchio split, con potere di raffreddamento di 5,7 kW, raffreddato ad aria, utilizzato per 500 ore all'anno in sola modalità di raffreddamento

Classe	Condizionatore ⁴		Forno elettrico ⁵	
	kWh/anno	€/anno	KWh/anno	€/anno
A++				
A+				
A	< 891	> 160,30	< 80	< 14,40
B	891 - 950	160,30 - 171,00	80 - 100	14,40 - 18,00
C	950-1.018	171,00 - 183,20	100 - 120	18,00 - 21,60
D	1.018-1.096	183,20 - 197,30	120 - 140	21,60 - 25,20
E	1.096-1.188	197,30 - 213,80	140 - 160	25,20 - 28,80
F	1.188-1.295	213,80 - 233,20	160 - 180	28,80 - 32,40
G	> 1.295	> 233,20	> 180	> 32,40

4 per un modello medio di apparecchio split, con potere di raffreddamento di 5,7 kW, raffreddato ad aria, utilizzato per 500 ore all'anno in sola modalità di raffreddamento
5 per 100 cicli di cottura all'anno, volume da 35 a 65 litri

Tabella 2

Consumo energetico e costo annuo dei principali apparecchi domestici a seconda della classe di efficienza energetica di appartenenza

200 per cibi freschi e 100 per cibi congelati,

- una lavatrice con capacità 5 kg, per un bucato di biancheria di cotone a 60 °C e per 5 lavaggi alla settimana,
- una lavastoviglie di 12 coperti, ipotizzando 220 lavaggi all'anno, pari a circa 4 lavaggi alla settimana,
- un modello medio di condizionatore d'aria di tipo split, con potere di raffreddamento di 5,7 kW, raffreddato ad aria, utilizzato per 500 ore all'anno nella sola modalità di raffreddamento,
- un forno elettrico di medio volume con un utilizzo di 100 cicli di cottura all'anno.

Il consumo annuo globale per i cinque principali apparecchi domestici a seconda della classe di efficienza energetica e della

dimensione del forno è riportato nella tabella 2. Gli apparecchi considerati sono nell'ordine: frigo-congelatore, lavatrice, lavastoviglie, condizionatore e forno elettrico. Non sono state prese in considerazione le lavasciugatrici e le asciugatrici in quanto poco diffuse in Italia e le apparecchiature per ufficio, per le quali non sono ancora sufficientemente indagati i consumi domestici. I valori indicati per i consumi energetici rappresentano il minimo e il massimo consumo di un apparecchio in ciascuna classe di efficienza energetica. Per evidenziare il risparmio energetico fin qui ottenuto, nella tabella 2 sono ancora indicati i consumi e i costi di esercizio di apparecchi a bassa efficienza non più presenti sul mercato per effetto delle politiche energetiche descritte.

Tabella 3

Consumo annuo globale per i cinque principali apparecchi domestici* a seconda della classe di efficienza energetica

Classe degli apparecchi	Consumo annuo globale	
	kWh/anno	€/anno
A++/A/A/A/A	< 1.612	< 290
A+/A/A/A/A	1.687÷1.612	304÷290
A/A/A/A/A	1.687÷1.794	304÷323
B/B/B/B/B	1.794÷2.093	323÷377
B/C/C/C/C	2.093÷2.276	377÷410
B/C/C/D/D	2.276÷2.374	410÷427
B/C/C/E/E	2.374÷2.486	427÷448
B/C/C/F/F	2.486÷2.613	448÷471
B/C/C/G/G	> 2.613	> 471

* Apparecchi considerati: frigo-congelatore, lavatrice, lavastoviglie, condizionatore, forno elettrico

Considerando invece gli apparecchi medi di ciascuna classe, il consumo globale delle cinque tipologie di prodotti è indicato nella tabella 3: a parità di caratteristiche tecniche degli apparecchi installati, utilizzando cinque modelli appartenenti alla classe di efficienza energetica più elevata attualmente disponibile il consumo annuo è di poco superiore ai 1.600 kWh/€, mentre utilizzando i modelli a minore efficienza il consumo si attesta a circa 2.600 kWh/€. I 1.000 kWh/anno di differenza dipendono per oltre due terzi dalla classe di efficienza energetica di condizionatori e forni elettrici.

Va sottolineato che nella tabella 3 il contributo al risparmio energetico degli apparecchi appartenenti alla classe di efficienza più elevata è sottostimato. Poiché tale classe non presenta un limite superiore, il consumo indicato si riferisce ad apparecchi che soddisfano i requisiti minimi della classe stessa e per i quali il consumo energetico è pertanto il massimo accettabile.

Prospettive per le politiche di efficienza energetica degli usi finali

Nel 2003 la Commissione Europea ha promosso l'emanazione di due nuove direttive, sui:

- requisiti di *eco-design* per i prodotti che consumano energia^[11],
- efficienza energetica degli usi finali e servizi energetici^[12].

La prima proposta di direttiva delinea un quadro legislativo per la definizione di specifiche per la progettazione eco-compatibile di un'ampia gamma di prodotti al fine di garantire la libera circolazione nel mercato interno, una maggior sicurezza dell'approvvigionamento energetico e un livello più elevato di prestazioni ambientali. Tali obiettivi sono considerati conseguibili con un'azione coordinata a livello comunitario invece che attraverso una serie di direttive tecniche su singoli prodotti nel quadro della procedura di codecisione. Si propone inoltre che le specifiche per la progettazione eco-compatibile siano fissate via specifiche misure di applicazione attraverso una procedura di Comitato, la consultazione delle parti interessate e la valutazione dell'impatto sui consumatori e le industrie produttrici. La proposta di direttiva prevede inoltre di privilegiare lo strumento degli accordi volontari rispetto alla legislazione cogente.

La seconda direttiva ha come scopo di migliorare l'efficienza energetica degli usi finali attraverso un migliore funzionamento del mercato dell'energia. La Commissione propone di definire due obiettivi obbligatori di miglioramento dell'efficienza (+1% nel settore privato e +1,5% nel settore pubblico rispetto alla quantità totale di energia distribuita e venduta nei cinque anni precedenti) che gli Stati membri dovranno ottenere nel periodo 2006-2012 oltre all'obbligo di promuovere l'offerta di servizi energetici

da parte dei distributori di energia. Ogni paese potrà decidere a quali settori e in quale misura applicare le misure, i programmi e i servizi per l'efficienza energetica ma azioni, programmi e servizi dovranno essere offerti in qualche forma a tutti i clienti eligibili del mercato energetico. Gli Stati membri dovranno inoltre dimostrare il raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico e il rispetto dell'obbligo dell'istituzione di servizi energetici.

Più recentemente è anche iniziata la discussione per una eventuale revisione della direttiva quadro 92/75/EEC sull'etichettatura energetica. In futuro quindi il mix delle possibili politiche energetiche potrebbe essere basato su una diversa combinazione di misure rispetto a quanto fin'ora accaduto.

Note

- [1] Direttive 95/12/CE & 96/89/CE (lavatrici), 96/60/CE (lavasciugatrici), 95/13/CE (asciugatrici), 97/17/CE & 99/19/CE (lavastoviglie), 98/11/CE (sorgenti luminose), 2001/40/CE (forni elettrici), 2002/31/CE (condizionatori d'aria) e 2003/66/CE (frigoriferi e congelatori).
- [2] L'applicazione pratica dell'etichettatura dei condizionatori ha subito un ritardo a causa della mancanza dello standard di misura per i consumi energetici, che è stato pubblicato a fine aprile 2004 sulla G.U.C.E.
- [3] Requisiti minimi di rendimento sono stati definiti anche per le caldaie con la direttiva 92/42/CEE, che non sono però prese in considerazione nell'analisi presentata in questo documento.
- [4] Sono inoltre in vigore un Codice di Condotta per gli alimentatori esterni degli apparecchi elettronici, uno per le apparecchiature audio e uno per la TV digitale.
- [5] La legislazione comunitaria è stata recepita in Italia dal 1998, con il DPR 9 marzo 1998 n. 107 e i successivi Decreti del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato 2 aprile 1998, 7 ottobre 1998, 10 novembre 1999 e con i Decreti del Ministero delle Attività Produttive 10 luglio 2001 e 2 gennaio 2003. È in corso di recepimento l'ultima direttiva approvata (2003/66/CE) che rivede lo schema di etichettatura per i frigoriferi & congelatori.
- [6] Decreto 24 aprile 2001, "Individuazione degli obiettivi quantitativi per l'incremento dell'efficienza energetica degli usi finali ai sensi dell'art. 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79"; Decreto 20 luglio 2004, Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali di energia ai sensi dell'art. 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79".
- [7] L'IEE è il rapporto fra il consumo dello specifico modello e suo consumo medio europeo nel 1994, anno di istituzione della prima direttiva di etichettatura energetica per questi prodotti.
- [8] Per permettere il confronto, agli apparecchi censiti da ENEA nel 1991 è stato applicato lo schema di etichettatura energetica, anche se non esistente in quella data.
- [9] Anche se le rispettive classi di efficienza energetica non erano ancora ufficialmente in vigore, gli apparecchi A+ e A++ venivano già pubblicizzati dai costruttori.
- [10] Il volume equivalente di un apparecchio è dato dalla somma dei volumi degli scomparti presenti, moltiplicato per fattori di correzione che tengono conto della differenza fra la temperatura di ciascun scomparto e quella dello scomparto di riferimento a +5 °C. Questo parametro permette di confrontare frigoriferi con caratteristiche funzionali e scomparti di tipo diverso, calcolando il volume di un ipotetico "frigorifero equivalente" con caratteristiche standardizzate.
- [11] Proposta di direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione eco-compatibile dei prodotti che consumano energia e recante modifica della direttiva 92/42/CEE del Consiglio, Bruxelles, 01.08.2003, COM(2003) 453 definitivo, 2003/0172 (COD).
- [12] Proposta di direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sull'efficienza energetica degli usi finali e sui servizi energetici, Bruxelles, 10.12.2003, COM(2003) 739 finale, 2003/0300 (COD).

Bibliografia

1. CECED, *Voluntary Commitment on Reducing Energy Consumption of Household Refrigerators, Freezers and their Combinations* (2002-2010), 31 October 2001.
2. CECED, *Voluntary Commitment on Reducing Energy Consumption of Domestic Washing Machines* (2002-2010), 31 October 2001.
3. ADEME, *Monitoring of the Energy Efficiency Trends for refrigerators, freezers, washing machines, washer dryers and household lamps sold in the EU*, contract n. XVII/4.1031/Z/99-216, settembre 2001.
4. CECED, *Banche dati frigoriferi e congelatori 1994-2001*.
5. ANIE, *L'industria degli Apparecchi Domestici nel 2001*, Prometeia, 2002.
6. M. PRESUTTO, *Effetti delle politiche e misure comunitarie per l'efficienza energetica sul mercato degli elettrodomestici in Europa e in Italia*, ENEA/RT/2002/JDA.
7. ENEA, *Banche dati frigoriferi e congelatori 1990-2002*.
8. ENEL, *Il contributo di ciascuna applicazione elettrodomestica al consumo di energia elettrica in Italia. Serie storiche dal 1963 al 1996*.
9. *Etichette Energetiche*, opuscolo n. 24 della collana Sviluppo Sostenibile, ENEA dicembre 2003.
10. OSSERVATORIO FINDOMESTIC, decima edizione, 2003.

Biosensori: le nuove tecnologie tra biologia molecolare e nanotecnologie

WALTER VASTARELLA
JAN MALY, AMEDEO MASCI
CHIARA DI MEO
VALENTINA PINTO
CARLO CREMISINI
ROBERTO PILLOTON

ENEA

UTS Protezione dell'Ambiente e del Territorio, Tecnologie Ambientali

La tecnologia dei biosensori negli ultimi decenni si è sempre avvalsa del progresso interdisciplinare della ricerca per integrare biomateriali con trasduttori elettronici. L'applicazione di nuove tecnologie, quali l'ingegneria molecolare, proteica e genetica apre oggi possibilità pressoché illimitate

studi & ricerche

Biosensors: new prospects from molecular biology and nanotechnology

Abstract

A cross-branch approach inspired the birth of COSMIC (Coupling Smart Molecules into Chips) at ENEA. The activities have been focused on several aspects of the biosensing science, ranging from new functions or activities due to engineered molecules or genetically modified microorganisms, their oriented and reversible immobilisation on electrodes, optical surfaces and nano-composite materials, electrochemical deposition and patterning of proteins or oligonucleotide monolayers, real analytical applications. The title "Coupling Smart Molecules into Chips" strictly represents the activities in these three years which were focused to handle model biological mediators onto model surfaces made of inorganic materials with a bottom-up approach. Interaction of bioactive proteins with these surfaces, oriented and patterned immobilisation of thin bilayers, diffusion properties of substrates and direct electron transfer were studied with model molecules, microorganisms and technological materials. The main result of this three year activity is the ability to handle, address and pattern such different model materials and biomaterials for biosensing purposes at the micro- and the nano-scale for further development of μ -array and μ -flow-devices

I biosensori

I biosensori sono sistemi biochimico-fisici costituiti da mediatori biologici, anche viventi, immobilizzati secondo particolari schemi operativi ed accoppiati a idonei trasduttori di segnale capaci di registrare, selettivamente e reversibilmente, la concentrazione o l'attività di analiti diversi presenti nel campione.

Lo schema di funzionamento di un biosensore, riportato nella figura 1, è relativamente semplice: il mediatore biologico immobilizzato sulla superficie del sensore prende parte ad uno o più processi che determinano un segnale chimico, fisico o chimico-fisico, il quale viene rivelato dal trasduttore, che lo converte in un segnale elettrico, a sua volta amplificato, elaborato e visualizzato.

Di solito i biosensori possono essere classificati in modo generico sia in base alla natura del mediatore biologico, responsabile della selettività, sia in base al tipo di trasduttore impiegato. In accordo con il primo criterio, i biosensori si differenziano in:

- biosensori biocatalitici o sensori enzimatici nei quali il mediatore biologico può essere un enzima purificato o un sistema più complesso con un certo numero di enzimi che lavorano in cascata, organelli subcellulari, cellule o batteri, tessuti interi contenenti una o più molecole proteiche specifiche, fattori di protezione ecc.;
- biosensori chemorecettoriali o sensori a recettore che impiegano, invece, anticorpi monoclonali, recettori endogeni o di membrana o ancora enzimi;
- biosensori immunologici o immunosensori, ossia biosensori basati sulle interazioni antigene-anticorpo.

In base al tipo di trasduzione del segnale si può operare invece la distinzione tra:

- biosensori elettrochimici o bioelettrodi;
- biosensori ottici o bio-optrodi;
- biosensori calorimetrici o biotermistori;
- biosensori acustici.

Nei biosensori di prima generazione, i prodotti o i reagenti di una reazione diffondono fino al trasduttore originando il segnale,

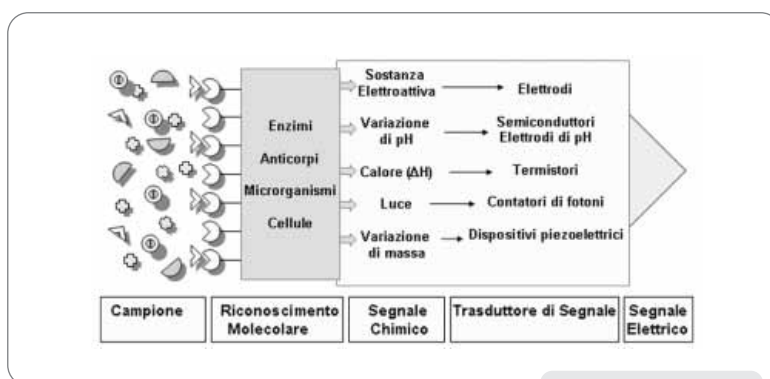
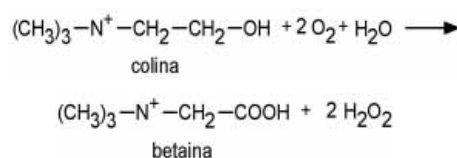


Figura 1
Rappresentazione schematica di un biosensore in cui è visibile il riconoscimento selettivo della biomolecola verso un analita fra le tante specie presenti nel campione

mentre in quelli di seconda generazione vengono impiegati mediatori specifici tra la reazione biologica e il trasduttore per aumentare la resa della reazione ed ottenere una migliore sensibilità analitica; infine, in quelli di terza generazione, si osserva il trasferimento elettronico diretto (DET) tra il sito enzimatico ed il trasduttore. Ad esempio, l'enzima colina ossidasi (ChOx) è una ossidasi flavinica che possiede come gruppo prostetico, saldamente legato, il Flavin Adenin Dinucleotide (FAD), da cui deriva il colore giallo dei preparati enzimatici, che viene sostanzialmente ridotto a FADH₂ e successivamente riossidato dall'ossigeno disciolto in soluzione, con formazione di acqua ossigenata. Nel contempo la colina viene ossidata a betaina, secondo la reazione qui di seguito riportata:



Il coenzima, al termine di ogni ciclo reattivo, viene così rigenerato a spese dell'ossigeno disciolto in soluzione. I biosensori di prima generazione erano realizzati con sensori elettrochimici sensibili a O₂ o H₂O₂. La pressione parziale dell'ossigeno nella soluzione (pO₂) costituiva però un limite per campioni ad elevata concentrazione di analita. La soluzione a questo problema è venuta con i biosensori di seconda generazione che impiegavano la coppia red-ox ferroce-ne/ferricinio come mediatore, al posto del-

la coppia O_2/H_2O_2 . La bassa solubilità del ferrocene o dei suoi derivati consentì di intrappolare il mediatore all'interno dei materiali costituenti il trasduttore (grafite) o di lasciarlo adsorbire sulla loro superficie (es. *glassy carbon*) mentre, l'elevata solubilità dello ione ferricinio (forma ossidata) permetteva di impiegare questi biosensori su campioni non diluiti. Questi biosensori avevano però il limite di esaurirsi presto, per il progressivo rilascio della forma ossidata del mediatore. Oggi i biosensori di terza generazione utilizzano il DET attraverso l'immobilizzazione orientata degli enzimi e/o polimeri conduttori immobilizzati sulla superficie del sensore. Con il DET la risposta di un sensore non dipende più dalla lenta diffusione di reagenti, prodotti, o mediatori attraverso membrane fino a raggiungere la superficie del sensore. Gli elettroni fluiscono dal sito red-ox dell'enzima o dei gruppi prostetici, direttamente all'elettrodo o attraversando cavi elettrici "molecolari", come vedremo più avanti.

I biosensori e l'ingegneria genetica

La tecnologia dei biosensori negli ultimi decenni si è avvalsa del progresso interdisciplinare della ricerca che riguarda l'integrazione di biomateriali con i trasduttori elettronici. La strategia consiste, da un lato nell'applicazione di tecnologie avanzate nel campo della microelettronica, dell'elettrochimica, dell'ottica, dell'acustica, della meccanica, dall'altro nell'utilizzo di tecniche di sintesi chimica e di nuove importanti tecnologie quali l'ingegneria molecolare, proteica e genetica per l'ottenimento di "biosensing materials" con molteplici proprietà e applicazioni.

La sensibilità e la selettività di un biosensore dipendono in larga misura dalle caratteristiche strutturali e funzionali della biomolecola utilizzata; altrettanta importanza rivestono l'immobilizzazione sulla superficie del sensore, la corretta orientazione e l'omo-

geneità del deposito¹³: la superficie del sensore deve presentarsi uniforme in modo che lo strato del materiale biologico risulti compatto e ordinato; la tecnica di immobilizzazione deve inoltre permettere di poter orientare la biomolecola per interagire con l'analita. A tal proposito sono state individuate ed elaborate molteplici tecniche d'immobilizzazione su svariati materiali che si basano sostanzialmente sull'utilizzo di composti bifunzionali, quali glutaraldeide (GA), lisina, carbodiimmide in grado di reagire specificamente sia con la superficie elettrodica opportunamente attivata, sia con un gruppo funzionale della biomolecola.

Negli ultimi anni l'ingegneria molecolare e quella proteica hanno dato un notevole impulso al miglioramento e all'ampliamento del "material design", all'introduzione di siti di legame o funzioni caratteristiche di trasduzione del segnale. Attraverso sintesi chimica o funzionalizzazione con tioli, ad esempio possono essere inseriti gruppi prostetici all'interno della proteina; o ancora, ottenere l'accoppiamento con sistemi fluorofori come la green fluorescent protein (GFP), approccio utilizzato con successo nella realizzazione di sensori ottici.

Con la manipolazione del gene si aprono possibilità pressoché illimitate nel creare "biosensing materials" con caratteristiche intrinseche migliorate e/o dotati di proprietà completamente aggiunte. I traguardi che si possono raggiungere con l'introduzione di tecniche d'ingegneria genetica nella ricerca nel campo dei biosensori sono molteplici:

- la creazione di proteine con specificità nuove per la determinazione di particolari analiti o classi di analiti, tra cui molecole inquinanti di notevole importanza in campo ambientale, come pesticidi, o sostanze di interesse clinico e diagnostico;
- la funzionalizzazione di proteine per consentirne la purificazione o l'immobilizzazione;
- la sintesi di proteine con proprietà elettroniche per la trasduzione di segnali elettrochimici;

- l'ottenimento di proteine resistenti a diverse condizioni ambientali e ad agenti denaturanti.

Un esempio piuttosto complesso riguarda la selezione di *biosensing molecules* da librerie disponibili di anticorpi che possono essere espressi su fago attraverso la tecnica del *biopanning*. Il fago è un microrganismo spesso impiegato come vettore: sulla sua superficie vengono espresse sia la proteina sia una sua specifica funzione (ad esempio un anticorpo), mentre al suo interno è presente il materiale genetico che la codifica. In questo modo il fago può essere selezionato da una libreria, proprio in base alla funzione espressa sulla sua superficie (ad esempio l'affinità di legame per un antigene specifico) e successivamente impiegato per infettare microrganismi (del tipo *escherichia coli*) che produrranno l'anticorpo ricombinante (cioè geneticamente modificato) su vasta scala.

Tra le metodiche più recenti d'immobilizzazione e confinamento delle molecole biologiche si devono citare la produzione di films monomolecolari di proteine (Langmuir films, di cui è riportata una breve descrizione nel riquadro 1) e la creazione di immunoliposomi, ossia di strutture fosfolipidiche sferiche sulla cui superficie sono immobilizzati anticorpi o frammenti di anticorpi. Per immobilizzare proteine sui trasduttori di segnale, ad esempio, sono state inserite geneticamente delle code di cisteina sfruttando l'interazione dell'oro con i gruppi tiolici. A questo proposito la Prot A, componente della parete cellulare dello *Staphylococcus aureus*, è stata modificata inserendo geneticamente una cisteina all'estremità C-terminale del peptide. In questo modo, la proteina risultante può ancorarsi in modo orientato su una superficie d'oro grazie all'ossidazione dei gruppi -SH della cisteina e alla formazione di un legame covalente S-Au. L'affinità della Prot A per le immunoglobuline G (IgG) consente di ancorare successivamente gli anticorpi sulla superficie senza interferire sul riconoscimento dell'antigene da parte di

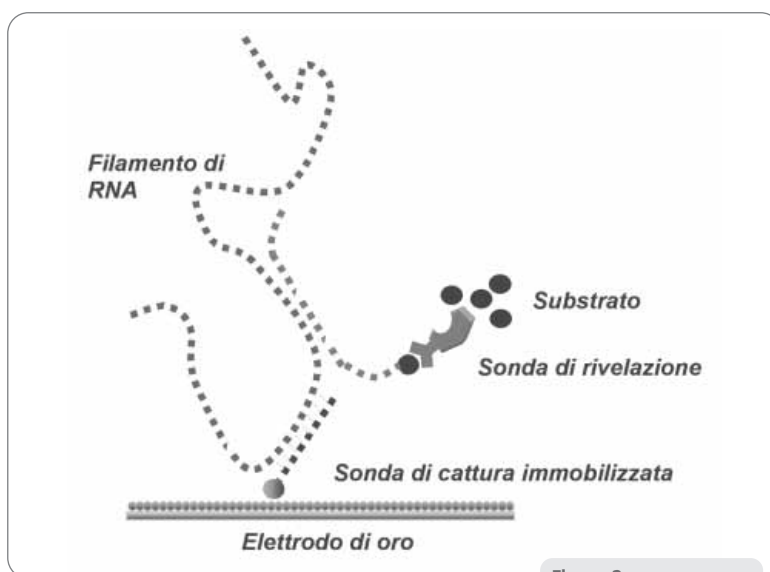


Figura 2

Un esempio di genosensore e dell'interazione specifica fra la sonda di riconoscimento e uno specifico substrato. Sono schematizzati anche il filamento di RNA ed una sonda di cattura immobilizzata sull'elettrodo

questi ultimi. In un secondo passaggio, dunque, si può ottenere la deposizione di un monostrato ordinato (denominato Self Assembled Monolayer, SAM) di IgG *specifiche verso un particolare antigene(su un monostrato di Prot A precedentemente immobilizzata su oro, arrivando alla realizzazione finale di un immunosensore¹.

Per fare un altro esempio, le molecole di anticorpi possono essere immobilizzate su supporti insolubili, quali le superfici lipidiche di liposomi o i film di Langmuir-Blodgett (LB), la cui descrizione sommaria è riportata nella prima parte del riquadro 1. Nel recente passato si procedeva con la sintesi chimica legando i gruppi acilici dei lipidi a gruppi solfidrilici opportunamente esposti sulla superficie proteica. Questo però comportava una notevole varietà di punti d'attacco e quindi di prodotti con conseguente disordine della struttura formata. Inoltre, con tale trattamento l'anticorpo spesso perdeva o peggiorava la capacità di binding verso l'antigene. Oggi attraverso tecniche di DNA ricombinante sono state ottenute una serie di proteine modificate con una coda lipidica in un sito specifico per la costituzione di immunoliposomi stabili e funzionali.

Le tecniche d'ingegneria genetica sono applicate anche agli enzimi al fine di migliorare o modificare l'interazione con i substrati

Riquadro 1

● L'auto assemblaggio e i fili molecolari; i primi mattoni di un sistema *bottom-up* ●

La possibilità di depositare monostrati molecolari su substrato solido data ormai quasi un secolo. Si basa sulle proprietà anfifiliche di molte molecole organiche; tipici, e storicamente i più studiati, sono gli acidi grassi, che da questo punto di vista possono essere descritti come dei bastoncini con una testa polare (il gruppo COOH), quindi idrofila, e una coda alchilica idrofobica. Prendendo in esame una soluzione acquosa, una sorta di compromesso stabile fra due diverse polarità viene raggiunto con una espansione di questi sistemi micellari lungo la superficie del liquido all'interfaccia aria-acqua, fino a formare un monostrato (di Langmuir), che può a sua volta essere compresso mediante barriere.

Fu una collaboratrice di Irving Langmuir, Katharine Blodgett, che negli anni 30 ebbe l'idea di immergere una lastrina di vetro in una vasca di acqua sulla cui superficie galleggiava un monostrato di Langmuir, le cui molecole erano state opportunamente compresse fino ad avere un film densamente impacchettato, quasi-solido.

Il fatto straordinario, e ancora non interpretato teoricamente in modo quantitativo, fu che il monostrato si trasferiva mantenendo inalterata la morfologia che aveva all'interfaccia aria-acqua. La tecnica restò per molti decenni quasi una curiosità, fino a quando, negli anni 70 se ne riconobbe il grande potenziale applicativo alla nascente scienza delle nanostrutture. La tecnica di Langmuir-Blodgett (LB) è infatti fondamentale per la preparazione di strati e multistrati molecolari, di alta qualità strutturale, controllati su scala molecolare.

Oggi si possono depositare strati di una grande varietà di molecole, sempre più complesse: dai semplici acidi grassi degli inizi, si è arrivati ai polimeri e alle biomolecole. Risulta dunque una tecnica versatile, relativamente poco costosa, che permette la costruzione di architetture molecolari controllate su scala nanoscopica.

Un processo per la deposizione di strati monomolecolari consiste nell'autoassemblaggio. La differenza fondamentale è che la deposizione LB coinvolge una situazione di non equilibrio: le molecole sono costrette ad assumere una configurazione di "quasi solido" dalla compressione delle barriere sulla vasca; solo così possono poi collettivamente trasferirsi sul substrato, mantenendo la configurazione che avevano all'interfaccia aria-acqua.

Nel caso di deposizione mediante l'autoassemblaggio si sfrutta invece, in una situazione d'equilibrio, la capacità di specifici gruppi molecolari (almeno finora dei tioli; ma anche dei silani e dei clorosilani su altri substrati) di attaccarsi a substrati di oro secondo un legame chimico forte. In questo caso, immergendo il substrato su cui è stato evaporato un film di oro in una soluzione contenente le molecole, queste si legano attraverso il gruppo tiolico alla superficie, formando una

strato monomolecolare ordinato.

La ricerca in questo campo ha già permesso di ottenere tutta una serie di dispositivi di dimensioni molecolari capaci di imitare le funzioni compiute dai componenti delle apparecchiature elettroniche e fotoniche macroscopiche: fili capaci di condurre elettroni o energia, interruttori capaci di permettere o proibire il passaggio di questi flussi, sistemi presa/spina e prolunga, rettificatori di corrente, antenne per la raccolta dell'energia luminosa, elementi di memoria, porte logiche ecc. Ma le prospettive più affascinanti della nanoelettronica molecolare si hanno quando si considerano le singole molecole la parte attiva dei dispositivi, in configurazioni ibride (cioè elettrodi e circuiti metallici strutturati con le attuali tecniche litografiche) o, più in prospettiva, in configurazioni interamente molecolari utilizzando come elettrodi i polimeri conduttori, come circuiti i fili molecolari. In questo contesto più futuribile, la prospettiva sarebbe di cambiare radicalmente l'attuale approccio tecnologico nella creazione di nanostrutture sfruttando a pieno le potenzialità delle molecole all'uopo ingegnerizzate o delle biomolecole di autoorganizzarsi in strutture funzionalmente ordinate. In questo campo sono già stati ottenuti alcuni risultati importanti grazie alla chimica supramolecolare del carbonio, che ha prodotto il fullerene (Kroto, 1985) e i suoi derivati, il famoso C⁶⁰ a forma di pallone da calcio, ma anche strutture di dimensioni maggiori a forma di tubo allungato (nanotubi) e a multi-strato (strutture "a cipolla"). Nanotubi e nanofibre, con opportuni accorgimenti, possono essere prodotti in quantità relativamente elevate e di buona purezza, con un *aspect ratio* (il rapporto fra la lunghezza e il diametro della struttura) particolarmente elevato. Questi potenzialmente potrebbero essere i fili, di dimensioni tipiche 1 micron di lunghezza e 5 nm diametro, in grado di connettere le varie componenti molecolari di un chip.

Anche le molecole di C⁶⁰ possono, in determinate condizioni, dar luogo a strutture planari in seguito a polimerizzazione. Tali strutture sono resistenti all'ossidazione fornendo quindi, potenzialmente, la possibilità di realizzare strati protettivi per strutture elettroniche costituite da fullereni o nanotubi drogati, altrimenti estremamente sensibili all'ossigeno.

Tra i materiali che principalmente hanno attirato gli interessi dei ricercatori come fili molecolari possiamo citare il politiofene, la polianilina, il polipirrolo, il polifenilene, il poliacetilene e i loro derivati. Per le ricerche svolte su tali polimeri conduttori, agli scienziati H. Shirakawa, A. G. McDiarmid e A. J. Heeger è stato conferito nel 2000 il premio Nobel per la Chimica. I polimeri conduttori sono materiali innovativi per le loro funzioni e trovano impiego come elettroliti nelle batterie ricaricabili, nei sensori chimici e come potenziali biomateriali. Essi uniscono le proprietà tecnologicamente importanti delle mate-

rie plastiche, per esempio la bassa densità, ed alcune proprietà dei metalli come la conducibilità elettrica.

Sintesi elettrochimica di PAN: meccanismo di crescita del monomero. L'elettrodeposizione di film di polipirrolo da mezzi organici ha aperto la strada ad un'intensa ricerca nei polimeri conduttori polieteroiciclici e poliaromatici a partire da molecole quali il tiofene, il furano, l'anilina, l'azulene. L'ossidazione elettrochimica di queste molecole aromatiche è diventato uno dei principali metodi di sintesi dei polimeri conduttori.

La deposizione *in situ* del polimero sulla superficie dell'elettrodo permette il controllo dello spessore e della morfologia attraverso la quantità di carica, esso viene simultaneamente ossidato nella sua forma conduttrice durante la crescita della catena. Uno dei polimeri più studiati è la polianilina, il cui interesse è essenzialmente legato alla sua alta conduttività elettrica, alla buona stabilità all'aria, la facilità di sintesi, al peculiare cambiamento del colore del film con il potenziale applicato e al basso costo del monomero.

È stato stabilito che la sua struttura è composta da più di 1000 anelli aromatici che si ripetono, dando vita alla struttura della base emeraldina (non conduttrice) riassumibile nella seguente formula:

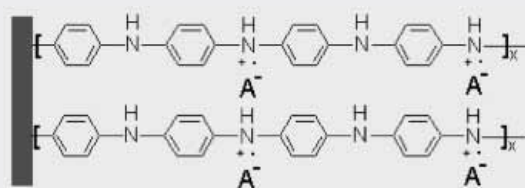


La sua particolarità discende dal fatto che le unità con cui si ripete contengono due entità diverse per peso e stato d'ossidazione: per $y = 1$ viene detta leucoemeraldina, e rappresenta lo stato ossidato, per $y = 0$ è detta pernigranilina, la forma ridotta. Lo stato intermedio, nel quale il grado di ox e rid sono uguali, $y = 0,5$ corrisponde allo stato conosciuto come base emeraldina. Lo stato conduttivo è rappresentato nella forma di sale di emeraldina.

e quindi la loro attività catalitica. I microrganismi sono una fonte insostituibile di enzimi, cofattori enzimatici e sistemi multienzimatici. L'utilizzo di cellule intere e complete al posto di proteine purificate offre numerosi vantaggi: in primo luogo evita i processi d'estrazione e purificazione, che sono spesso lunghi e costosi; in secondo luogo il sistema in vivo, complesso e completo com'è, può offrire attività migliori e più elevate delle stesse proteine. Per questo motivo i microrganismi nella forma nativa (*wild-*

type) o ingegnerizzati sono spesso usati come *biosensing materials*. Ad esempio, il microrganismo *Pseudomonas putida* contiene al suo interno un plasmide che reca i geni specifici per la degradazione di composti benzen-derivati. Il gene della luciferasi è stato introdotto in questo plasmide dando vita ad un microrganismo ricombinante capace di emettere luce nel momento in cui si trova a metabolizzare composti aromatici come il m-xilene¹.

Un cenno va fatto ad una particolare classe



Struttura della polianilina conduttrice: l'emeraldina sale (dicazione diradiale)

I film vengono preparati attraverso una ossidazione chimica e/o elettrochimica di anilina sotto condizioni acide. Mentre dalla ossidazione chimica si ottiene PAN in forma di polvere, con la procedura elettrochimica (galvanostatica, potenziostatica, potenziodinamica) si produce un film aderente alla superficie dell'elettrodo.

Applicazioni ai biosensori. I polimeri conduttori rappresentano una plausibile matrice per l'intrappolamento di enzimi (Trojanowicz, 1995). La tecnica d'incorporazione delle biomolecole nel film di polimero elettrodepositato permette la localizzazione di molecole biologicamente attive su elettrodi di ogni dimensione e geometria ed è appropriata per la costruzione di biosensori microamperometrici per il monitoraggio di più analiti. Al contrario, la maggioranza dei metodi convenzionali per l'immobilizzazione di biomolecole, come il cross-linking (reticolazione), il legame covalente, l'intrappolamento in gel o membrane comporta una bassa riproducibilità e un limitato controllo spaziale della deposizione.

I polimeri conduttori hanno l'abilità di trasferire in modo efficiente la carica elettrica prodotta da reazioni biochimiche alla superficie metallica o di carbone del circuito elettrico. Essi possono essere depositati su aree definite dell'elettrodo. Ramanathan et al. da un lato hanno immobilizzato la glucosio ossidasi su diverse matrici conduttrici quali polipirrolo, polianilina, acido poliamino benzoico; hanno inoltre studiato l'immobilizzazione ed il comportamento di diversi enzimi sul solo film di polianilina.

di biosensori che utilizza materiale genico per il riconoscimento di oligomeri di DNA o RNA. Le sonde, costituite da singoli filamenti di acidi nucleici (oligonucleotidi complementari alla sequenza che si desidera determinare), sono sintetizzate e poi amplificate tramite tecnica PCR, e quindi accoppiate con diversi trasduttori quali sistemi elettrochimici, piezoelettrici⁹ o ottici. Un esempio di genosensore è costituito da uno strumento di fluorescenza a fibre ottiche sulle quali sono immobilizzate con svariate tecniche le sonde oligonucleotidiche; il sistema è atto a rivelare *target* di oligonucleotidi a singola catena in seguito al riconoscimento e accoppiamento con la sonda (ibridazione) e alla conseguente reazione di fluorescenza dovuta alla presenza di marcatori o a fluorofori intercalanti. Sistemi simili possono essere realizzati anche utilizzando trasduttori elettrochimici (figura 2) o piezoelettrici¹⁶.

Le nanotecnologie

I materiali nanostrutturati sono da più di un decennio la nuova tendenza dello sviluppo tecnologico e della ricerca, perché trovano interessanti applicazioni in diverse branche della scienza. Questo fenomeno è spiegabile soprattutto con le particolari proprietà dei nanomateriali che non si ritrovano su scala macroscopica. Molti studi hanno confermato che esiste una graduale transizione quando si scende da regimi dimensionali di un solido metallico o un semiconduttore cosiddetto di *bulk* fino a quelle molecolari (dimensioni medie dei nanometri appunto); in questo intervallo di transizione mutano drasticamente diverse proprietà chimico-fisiche, ad esempio quelle ottiche, optoelettroniche, meccaniche, fotocatalitiche o di trasporto^{2,24}. Scendendo in regimi dimensionali dell'ordine dei nanometri si è in grado di controllare e variare molte di tali proprietà, secondo le particolari esigenze. La modulazione della maggior parte delle proprietà chimiche e fisiche avviene tramite il

controllo ed una misura efficace delle dimensioni nanostrutturate ed è peraltro effettuata senza alterarne la loro composizione chimica intrinseca²⁷.

Le peculiari caratteristiche dei nanomateriali dipendono essenzialmente da due principali effetti: il fenomeno di confinamento quantico (*quantum size effect*); l'effetto geometrico, legato all'elevato rapporto area-volume del materiale. Sarebbe opportuno soffermarsi sul secondo aspetto, senza entrare eccessivamente nel dettaglio dello studio teorico dei materiali nanostrutturati, compito che esula da quest'ambito, e soprattutto nel fenomeno del confinamento quantico, la cui interpretazione chimico-fisica richiede concetti avanzati di meccanica quantistica, per giustificare il comportamento degli elettroni negli stati occupati dei sistemi solidi, metalli isolanti o semiconduttori.

Per semplificare si può dire che esistono, a seconda dei materiali ottenuti, nanostrutture in 3D (quando questo fenomeno di confinamento si verifica nelle tre dimensioni), oppure 2D (su un piano x/y), oppure di *quantum wires* 1D (solo una dimensione nanostrutturata) fino ad arrivare ai cosiddetti punti quantici (*quantum dots*) a struttura zerodimensionale³.

D'altro canto la caratteristica davvero importante delle nanostrutture, per le applicazioni di cui parleremo, è quella di avere un elevato rapporto tra area superficiale e volume del materiale stesso. In altri termini il numero d'atomi superficiali delle nanoparticelle è dello stesso ordine di grandezza degli atomi all'interno del cristallo. Questo fenomeno è estremamente utile nei settori applicativi ove giocano un ruolo fondamentale le superfici e le interazioni che entrano in gioco fra il primo strato superficiale e le biomolecole, ovvero fra i supporti ed i materiali organici/inorganici e le molecole immobilizzate.

Esistono due differenti approcci sperimentali per la costituzione di oggetti, dispositivi, materiali di dimensioni nanometriche. Il primo approccio, a partire dall'alto (*top-*

down approach), consiste nella miniaturizzazione di strutture estremamente complesse per la costruzione di congegni micro-elettromeccanici e/o per la microelettronica (ad esempio usando fotolitografia, tecniche plasmochimiche, doping controllato o LASER), arrivando a strutturare i materiali attivi dei dispositivi fino sotto i 250 nm. Sono numerosi gli esempi, nella vita di tutti i giorni, non solo di produzioni su vasta scala (chips a larghissima scala di integrazione, dispositivi superminiaturizzati), ma anche di nuove strumentazioni disponibili nei migliori laboratori di ricerca (si pensi a titolo di esempio all'avvento della microscopia a scansione a effetto tunnel e a forza atomica) basati su tale approccio.

Il secondo approccio, quello dal basso (*bottom-up approach*), è quello preferito dai chimici, perché si basa essenzialmente nella costruzione, mattone dopo mattone, della nanostruttura desiderata, a partire dagli atomi e dalle molecole stesse, e che ha dato forte impulso alle nuove frontiere della cosiddetta chimica supramolecolare⁴. Le principali ragioni alla base di questa preferenza sono dettate dal fatto che i ricercatori stanno sempre più imitando la natura, in modo quasi inevitabile, nella capacità di creare nuove strutture altrettanto fondamentali a partire dalle più piccole unità: la maggior parte dei processi chimici che si eseguono nei laboratori ha d'altronde a che fare con molecole, più o meno piccole, dotate di loro forme specifiche e di proprietà modificabili a piacimento, in grado di auto-assemblarsi o unirsi, arrotolarsi o trasformarsi, interagire col sistema o l'ambiente, e quindi di dare origine a nuove forme biochimiche.

L'approccio dal basso risulta ancora più valido ed efficace quando si è in grado di interpretare gli aspetti meccanicistici e molecolari dei complicati sistemi/congegni edificati dalle particelle fondamentali che sono responsabili delle funzioni biologiche. Particolarmente importanti a questo riguardo sono stati i contributi dati dalla sintesi organica, che ha prodotto una grande di

varietà di sistemi utilizzabili come "mattoni" per costruire strutture più complesse, dalla fotochimica, per lo studio di particolari complessi proteici, e dall'ingegneria genetica stessa, cui si è fatto ampio cenno sopra. Con le nanotecnologie finora è stato possibile ottenere strutture ordinate di molecole, secondo dei nanostrati molecolari, seguirne il processo di autoassemblamento, utilizzarne altre per incidere, depositare, scrivere, per formare strutture secondo un disegno preordinato, per formare altri nanostrati ordinati sempre delle dimensioni dei nanometri, o ancora disporre di sistemi nanosagomati che servono da stampo per immobilizzare⁵ o creare nuove strutture all'interno dei loro pori²⁵, o studiare reazioni a livello di molecole singole (nel riquadro 1 vi sono ulteriori dettagli a riguardo).

L'ingegneria molecolare e la chimica organica pura hanno accompagnato il progresso nanotecnologico nella progettazione di nuove sintesi e modificazione di molecole o di polimeri (si pensi a polimeri elettroluminescenti o quelli conduttori utili per applicazioni in optoelettronica o elettrochimica) che rispondono a determinati prerequisiti, o nella creazione di sistemi che rechino delle funzionalità desiderate, per agganciare in seguito altre molecole sul sito terminale reattivo.

Per quanto concerne i campi applicativi più vicini ai nostri scopi, i biosensori e la bioelettronica, sono notevoli gli esempi in letteratura di tecniche d'immobilizzazione di biomateriali (ad esempio proteine, DNA, frammenti, antigeni, anticorpi, specie biomimiche) su sistemi conduttivi o semiconduttori nanostrutturati e di traduzione della funzione associata con l'elemento biologico stesso^{8,15,38}. A tale proposito sono state sviluppate interfacce bioattive a base di sistemi a singolo enzima o multienzimatici, con strutture combinate secondo diversi criteri d'immobilizzazione su matrici nanostrutturate²¹; ancora notevole sviluppo ha avuto negli ultimi decenni la creazione di frammenti (ad esempio di oligomeri) di

DNA o di singole fibre che fungono come elemento attivo per il riconoscimento di certi fenomeni¹², accoppiati o intrappolati fra due nanoelettrodi o immobilizzati su nanosistemi di traduzione, con elevata capacità di riconoscimento a livello biologico; si ricordino ad esempio i semiconduttori fluorescenti¹⁴ o i biorecettori usati per il *labeling* biologico³⁷. Il campo di ricerca è anche qui veramente vasto e multidisciplinare e richiede sempre più una forte interrelazione di competenze tecnico-scientifiche che non sono appannaggio del solo fisico, o del chimico-fisico o dell'ingegnere, o del biologo molecolare.

La ricerca all'ENEA

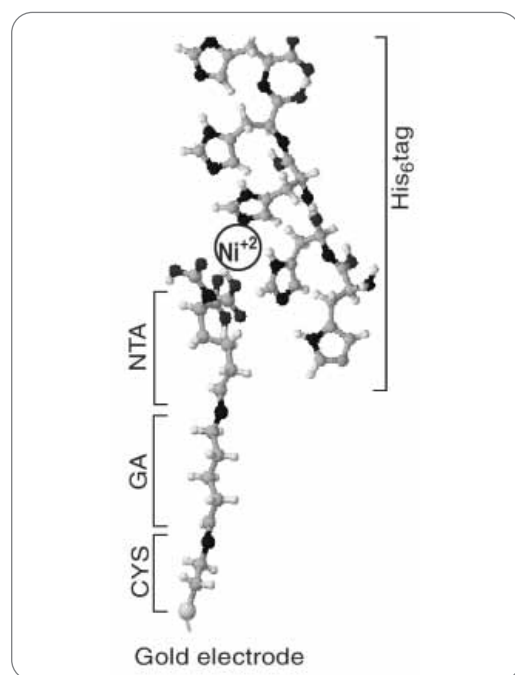
Negli ultimi 3 anni all'ENEA, in collaborazione con gruppi italiani e stranieri e nel quadro della linea di ricerca CoSMiC (Coupling Smart Molecules into Chips), accanto alle applicazioni dei biosensori per la caratterizzazione dell'ambiente, è stata sviluppata una nuova procedura per l'immobilizzazione orientata e reversibile di biomolecole ingegnerizzate su materiali elettrodici nanocompositi (Au, grafite/Au, grafite/Pt) e il loro indirizzamento specifici-

co in una matrice di biosensori in un μ -chip²³. A tale scopo sono state impiegate diverse biomolecole modello.

Punto di partenza di tale ipotesi è stata l'osservazione che molte proteine naturali possono essere ingegnerizzate per migliorare le loro funzioni a fini biotecnologici. Molte delle proteine ricombinanti prodotte oggi sono dotate di una coda di 6 istidine (His_{6x}-tag) introdotta geneticamente al fine di semplificarne il processo di purificazione. Infatti questa coda è in grado di legarsi a ioni metallici complessi, a loro volta intrappolati in matrici funzionalizzate con acido nitrilotriacetico (NTA) (figura 3). L'acido nitrilotriacetico è un chelante tetradentato ed è in grado di complessare gli ioni Ni(II) occupando 4 dei 6 legami di coordinazione dello ione. Gli altri due legami di coordinazione sono normalmente occupati dai lone pair di 2 molecole d'acqua, e sono disponibili a formare 2 legami di coordinazione con i doppietti sull'azoto della coda di istidina. Quest'ultima, si comporta da chelante bidentato per lo ione Ni(II) in virtù dei sei residui presenti sulla proteina modificata che permettono un notevole aumento della probabilità d'interazione con il Ni-NTA. Le matrici funzionalizzate con il complesso Ni-NTA sono normalmente impiegate per separare cromatograficamente le proteine His-tag. L'eluizione di queste proteine dalla colonna si ottiene con molecole complessanti come EDTA o imidazolo in elevata concentrazione (0,2 M). Questa tecnica è stata vantaggiosamente trasferita nell'immobilizzazione di biomolecole ingegnerizzate su superfici elettrodiche o ottiche ottenute con diverse tecniche (serigrafia, sputtering, deposizione galvanica) attraverso la formazione di SAMs di tioli o silani e la successiva introduzione di un Ni-NTA terminale.

I vantaggi sono molteplici: anzitutto la fusione genetica delle code d'istidina sulla proteina può essere compiuta in diverse posizioni, consentendo di ottenere per l'orientamento ottimale della biomolecola per la rivelazione elettrochimica, la rapida diffusione

Figura 3
Schema del Ni-NTA ancorato ad un elettrodo d'oro e complessato dalla coda istidinica di una proteina. Si può osservare che lo ione Ni(II), complessato dai ligandi dell'acido nitrilotriacetico, NTA, assume l'importante ruolo di cerniera tra gli EDM sull'elettrodo e la His-tag della molecola ingegnerizzata



di substrati e prodotti e l'esposizione di siti red-ox della proteina alla stessa superficie elettrodica; la molecola si trova legata stabilmente al supporto, ma è persino possibile rimuoverla impiegando molecole complessanti come l'EDTA o l'imidazolo in alta concentrazione (0,2 M).

Quest'ultimo aspetto è particolarmente importante in quanto le molecole biologiche si denaturano velocemente, perdendo la loro attività. Con questa procedura è possibile allontanare la molecola eventualmente denaturata per rinnovare la superficie del biosensore, in pochi minuti (quindici) e operando in flusso continuo senza dover smontare il biosensore dal dispositivo o dal μ -sistema in cui è inserito. Dopo la rimozione della molecola His-tag si possono inoltre immobilizzare altre molecole dotate di diversa attività e quindi realizzare biosensori per la determinazione di altri analiti.

Le superfici sulle quali sono state immobilizzate le molecole ingegnerizzate con il metodo di immobilizzazione proposto sono i comuni supporti (oro, grafite, vetro, quarzo) impiegati per la realizzazione di biosensori ottici o elettrochimici, depositati con svariate tecniche, come la serigrafia, lo *sputtering*, la deposizione galvanica¹⁰.

Sulle superfici di grafite sono stati impiegati i silani che reagiscono con i leganti polimerici contenuti negli inchiostri per le stampe (in particolare con i gruppi -OH) convertendo la funzionalità esterna da gruppo ossidriliaco in gruppo amminico primario. Sulle superfici d'oro è stata impiegata la CYS che, legandosi con il gruppo sulfidrilico alla superficie, mantiene libero un gruppo amminico per le successive reazioni. La CYS è stata depositata sia come SAM con un trattamento chimico, che come EDM, un termine coniato per definire l'autoassemblaggio elettrochimico (si veda più avanti). Dopo questo primo trattamento è possibile introdurre spaziatori di GA o GA/lisina/GA che con il loro gruppo aldeidico terminale permettono l'inserimento del NTA per reazione con Na-Na-bis(carbossimetil)-L-lisina e

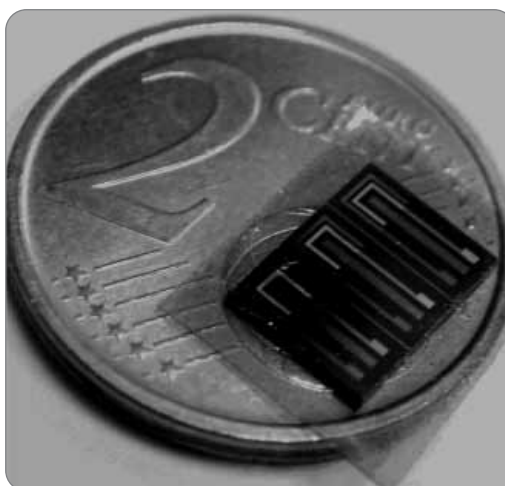


Figura 4
Elettrodi di oro depositati su wafer di silicio forniti da ITC-IRST, Trento

infine del Ni(II) con una soluzione di NiSO_4 . L'impiego di un'altra tipologia di proteine, la Prot A, non trattato qui per brevità, si discosta leggermente dalla tecnica d'immobilizzazione con Ni-NTA, ma si mostra molto potente per la specificità ottenibile utilizzando anticorpi per parti specifiche delle biomolecole che si vogliono immobilizzare. L'efficacia di tale immobilizzazione è stata verificata nei nostri laboratori con un anticorpo specifico per la proteina D1 del PSII (Photosystem II, vedi riquadro 2). L'attività del PSII immobilizzato con questa procedura e la sua sensibilità agli erbicidi è stata verificata con successo.

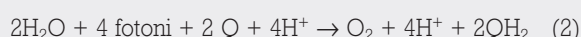
Sono state utilizzate alcune molecole modello disponibili nel nostro laboratorio grazie alla collaborazione multidisciplinare con gruppi nazionali e internazionali: un frammento scFv dell'anticorpo contro il virus del mosaico del cetriolo ingegnerizzato con una His_{6x}-tag oppure con un'attività alcalinofosfatase (AP), d'ora in poi indicato con His_{6x}-AP-scFv (dr. R.Franconi, ENEA), un PSII da *Thermosynechococcus elongatus* geneticamente modificato con His_{6x}-tag (dr. M. Sugiura, CEA-Parigi, Francia e Osaka University, Giappone), d'ora in poi indicato con His_{6x}-PSII e un anticorpo policlonale Anti-D1 (una proteina costituente il PSII) cortesemente concesso dal Dr. J.Komenda, MBU AVCR Trebon, Repubblica Ceca.

Impiegando come confronto un prodotto

Riquadro 2

Il PSII da *Thermosynechococcus elongatus*

Il PSII è una proteina transmembrana di oltre 600 kD che si trova all'interno dei tilacoidi di alghe e piante superiori produttrici di ossigeno. È l'unico tra i sistemi fotosintetici a produrre un elevato potenziale redox tale da ossidare l'acqua: il PSII è infatti responsabile del trasferimento, indotto dalla luce, degli elettroni dall'acqua al plastoquinone, indicato con la sigla Q, secondo la reazione globale:



Il plastoquinone, l'accettore d'elettroni naturalmente presente, passa dalla forma ossidata Q alla forma ridotta QH_2 (plastoquinolo), che ha elettroni ad un potenziale superiore a quello dell'acqua, in maniera ciclica attraverso una forma intermedia di riduzione ad un elettrone, l'anione semichinoido Q^- .

Il PSII è costituito da tre complessi fondamentali: un complesso antenna per la cattura della luce, uno con un centro di reazione e un complesso che libera ossigeno. L'antenna principale del sistema è la LHC-II (*light harvesting complex*): la sua subunità principale di 26 kD è la proteina più abbondante dei cloroplasti e contiene sette molecole di clorofilla *a*, sei di clorofilla *b* e due carotenoidi. L'LHC-II è adibita al trasferimento dell'energia dalla clorofilla *b* alla clorofilla *a* e al suo incanalamento verso il centro di reazione. L'unità funzionale minima del PSII capace della produzione di ossigeno, costituita da circa 10 subunità di proteine di membrana e da tre proteine estrinseche, è chiamata *PSII core complex*.

Le proteine di membrana del *PSII core complex* sono costituite da una coppia di proteine D1 e D2, subunità di 32 kD inserite nella membrana tilacoide che contengono globalmente: il centro di reazione e la catena per il trasferimento elettronico, una coppia di proteine antenna interne CP47 e CP43 che contengono clorofilla, una emoproteina (citocromo *b-559*) e

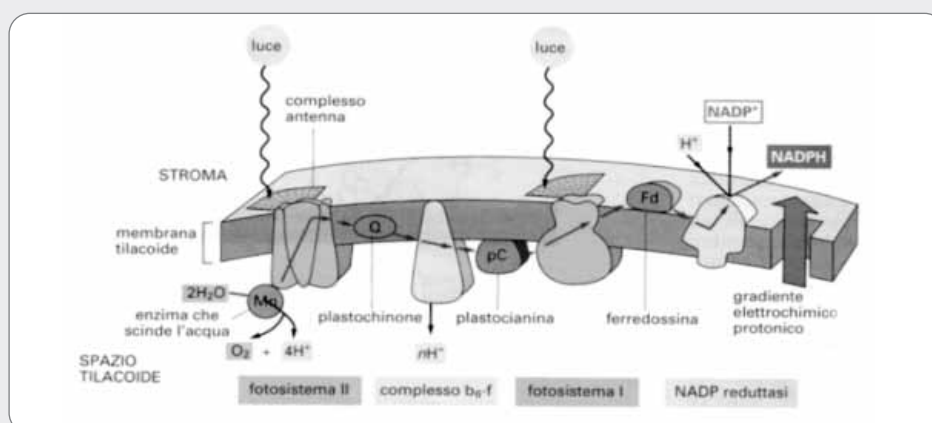
diverse altre proteine a basso peso molecolare 33 kD, 17 kD (citocromo *c-550*) e 12 kD associate al centro manganese, il complesso adibito alla generazione di ossigeno.

La luce catturata dalla clorofilla delle antenne CP43 e CP47 è incanalata verso la clorofilla P680 del centro di reazione, pigmento che presenta il massimo d'eccitazione alla lunghezza d'onda di 680 nm. Dallo stato eccitato P680^* in un tempo dell'ordine dei picosecondi un elettrone è trasferito alla feofitina (Ph), molecola porfirinica uguale alla clorofilla *a* ma priva di magnesio, lasciando un radicale cationico P680^+ .

Nel sito QA della subunità D2 è legato in maniera permanente un plastoquinone che accetta l'elettrone dalla feofitina e lo trasferisce ad un plastoquinone che occupa temporaneamente il sito QB di D1 generando il radicale Q^- . Acquisendo un secondo elettrone da Q_A , la specie ridotta QH_2 lascia il sito Q_B conservando nel suo potere riducente l'energia di due fotoni.

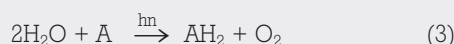
Contemporaneamente nel *core complex* del PSII avviene l'ossidazione dell'acqua: il radicale P680^+ ha un forte potere ossidante e toglie elettroni all'acqua generando O_2 , riportando così il centro di reazione nello stato non eccitato. Questa ossidoriduzione coinvolge quattro elettroni ed è catalizzata da un complesso di quattro ioni manganese che passa attraverso cinque stati di ossidazione, da S_0 a S_4 , liberando per ogni ciclo una molecola di O_2 da due molecole di acqua; questo sistema di controllo fa in modo che non si formino durante la reazione intermedi di parziale riduzione potenzialmente dannosi. Il ciclo fotosintetico prosegue poi con il trasferimento degli elettroni dal QH_2 del PSII al PSI attraverso il complesso del citocromo *bf* (o citocromo *b₆f*) che sfrutta la riduzione dello ione Cu^{2+} coordinato nella plastocianina (PC).

L'importanza del PSII per scopi analitici¹⁷⁻¹⁹ è dovuta al fatto che molte sostanze usate come erbicidi inibiscono la fotosintesi bloccando proprio siti specifici nei cloroplasti, dunque la stessa reazione di inibizione può essere sfruttata per deter-



Schema del processo fotosintetico globale

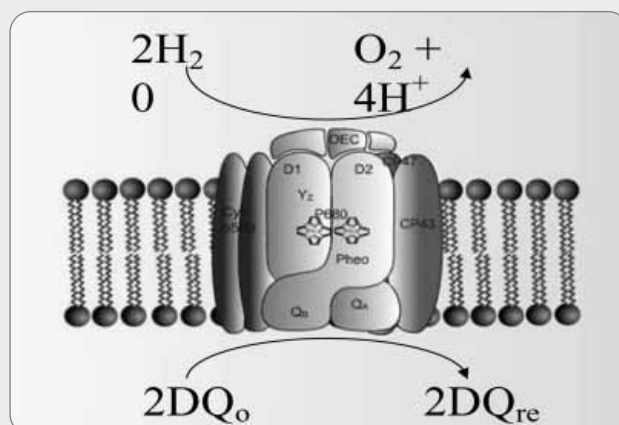
minare l'eventuale presenza di erbicidi residui nelle acque. Sono inibitori della fotosintesi le triazine, le feniluree, gli uracili, i benzotriazoloni, i nitrili, i carbammati e gli acidi carbossilici; in particolare i derivati della triazina (es: atrazina) e dell'urea (es: diuron) si legano al sito plastochinonico QB della subunità D1 del *PSII core complex* e impediscono l'accesso alla molecola accettrice di elettroni (A = chinone) bloccando dunque la reazione di Hill di evoluzione di ossigeno, qui di seguito riportata:



Il PSII accoppiato ad un opportuno sistema di trasduzione può essere quindi utilizzato per la rivelazione della concentrazione residua di erbicida in campioni ambientali tramite una semplice misura di ossigeno o della forma ridotta del chinone. Nelle misure sperimentali si preferisce usare il durochinone (DQ) in soluzione che agisce da accettore artificiale di elettroni al posto del chinone naturale.

Il *PSII core complex* è un sistema che riveste una notevole importanza per le potenziali applicazioni in molteplici studi sulla struttura e funzione del complesso di catalisi dell'ossidazione dell'acqua, e ne possono essere isolati diversi tipi da piante, alghe verdi o cianobatteri con la solubilizzazione dei tilacoidi in vari detergenti seguita da ultrafiltrazione e cromatografia a scambio ionico o su gel.

La metodologia (His)_{6x}-tag è stata impiegata nella preparazione di *PSII core complex* da *Chlamydomonas*^{34,35} e da *Synechocystis* raggiungendo notevoli miglioramenti del livello di purezza e omogeneità della proteina rispetto a quelle ottenute con procedure tradizionali. Ma l'attività di produzione d'ossigeno da parte di questi PSII ricombinanti si è rive-



lata troppo instabile per poter effettuare studi sul sistema di ossidazione dell'acqua. Il PSII-(His)_{6x} ottenuto da *S. elongatus* termofilo è risultato estremamente stabile in termini strutturali e funzionali, non ha mostrato cambiamenti nell'attività ossidante durante incubazione a 20 °C per otto e più giorni (diminuzione dell'attività inferiore al 10%) ed è stato per giunta utilizzato in molteplici studi biochimici e spettroscopici. Inoltre, il genoma di questo microorganismo è conosciuto²⁶ e la struttura della proteina cristallizzata è stata analizzata con una risoluzione di 3.5 Å^{11,39}). Molteplici altri studi sono stati effettuati sulla proteina, da misure di termoluminescenza a spettroscopia EPR, a cristallizzazione, confermando il successo raggiunto con l'applicazione della metodologia (His)_{6x}-tag al cianobatterio termofilo *S. elongatus* per la purificazione di un *PSII core complex* ricombinante estremamente stabile ed efficiente per studi sull'ossidazione dell'acqua per l'evoluzione fotosintetica di ossigeno³⁴.

commerciale per la purificazione di molecole His-tag, sono stati verificati:

- l'immobilizzazione delle proteine su Ni-NTA tramite la misura dell'attività della AP (per via spettrofotometrica ed elettrochimica) e la misura dell'attività del PSII (per via spettrofotometrica, elettrochimica e fluorimetrica);
- l'adsorbimento aspecifico delle proteine e cioè la frazione delle biomolecole che aderisce aspecificamente al supporto senza essere legata al Ni-NTA;
- l'effetto di uno spaziatore di GA/lisina/GA;
- la possibilità di ottenere al contempo sia l'immobilizzazione che la purificazione/pre-concentrazione on-chip delle due proteine a partire da estratti batterici crudi;

- a possibilità di rimuovere la proteina con imidazolo 200 mM.

Il miglioramento nella sensibilità e nella velocità di risposta in presenza dell'inibitore è quello che ci si aspetta dai film sottili e dai monolayers di proteine, proprietà queste, non incontrate di solito nelle proteine reticolate in matrici (ad es. immobilizzazione con BSA-GA, figura 5a, confrontata col nuovo metodo, figura 5b). Con il PSII (si veda il riquadro 2) immobilizzato tramite i residui istidinici si osserva una rapida cinetica di inibizione all'aggiunta dell'erbicida. Questo comportamento è dovuto all'esposizione diretta dei centri attivi del PSII alla soluzione, contrariamente a quanto accade con il PSII reticolato con BSA-GA. Infatti con que-

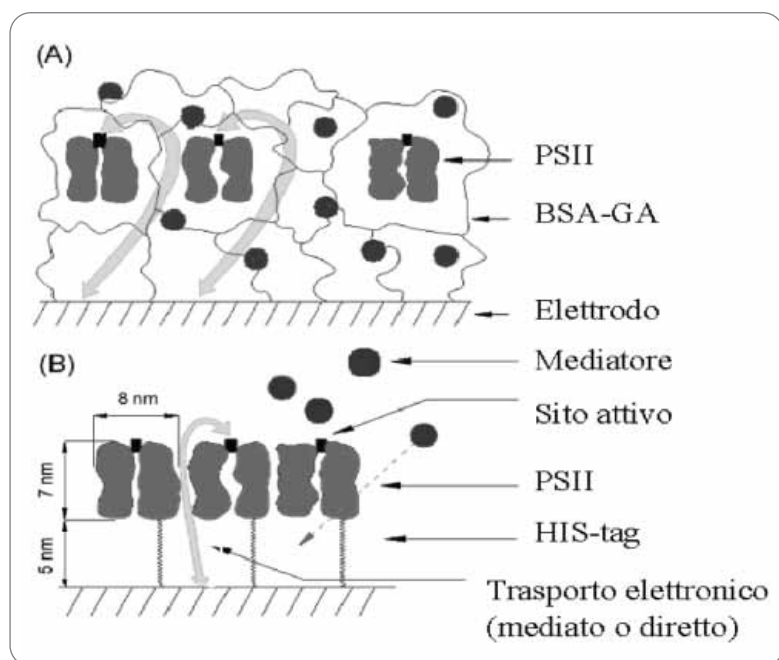


Figura 5

Schema di diversi tipi d'immobilizzazione del PSII su elettrodo d'oro. A) Metodo tradizionale basato sulla reticolazione del PSII con BSA-GA. Si tratta di una struttura spessa con molti strati reticolati disordinatamente dall'agente bifunzionale GA. Questi strati costituiscono una barriera alla diffusione di molecole. B) Metodo proposto attraverso la formazione di monostrati di CYS-GA-Ni-NTA su Au. La diffusione del mediatore (DQ) è facilitata nel caso B. Vedremo più avanti che con polimeri conduttori (PAN) è possibile ottenere il trasferimento elettronico dal sito red-ox della proteina all'elettrodo senza l'impiego del mediatore

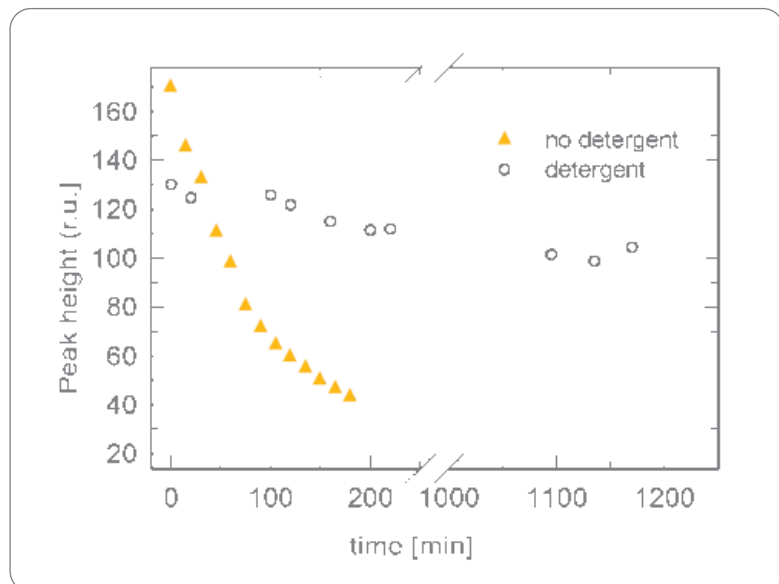


Figura 6

Tempo di vita degli elettrodi modificati con PSII-NTA-EDM, il cui valore può essere prolungato in modo significativo dall'aggiunta del detergente, il dodecilmaltoside, nel buffer di misura. Di fatto, questo valore diventa confrontabile con quello determinato per il PSII reticolato con BSA-GA

st'ultimo si ottiene un segnale di inibizione dopo ben 15 min di esposizione all'erbicida. Questo tempo è necessario affinché l'erbicida raggiunga l'equilibrio dinamico tra il gel di BSA-GA-PSII e la soluzione tampone circostante. La diffusione dell'erbicida nel gel è un processo lento a paragone di quello che avviene con il PSII immobilizzato con il complesso Ni-NTA e questo influenza pesantemente la sensibilità ed il limite di rivelabilità (LOD).

Un altro dei fattori determinanti nell'uso dei biosensori è il tempo di vita. Nel caso del PSII-GA-BSA, il valore di emi-vita è di circa 24 ore ed è ciò che lo rende adeguato ad un uso pratico. Nel caso dell'elettrodo su cui viene effettuata la procedura con cisteamina, Ni-NTA e PSII (Au-CYS-NTA-PSII) è necessaria la presenza del detergente DM (figura 6) nel tampone di misura, per ottenere un tempo di vita paragonabile. Infatti il PSII libero in soluzione necessita normalmente di un detergente, il dodecil maltoside (DM), come agente protettivo, per impedire la denaturazione causata dall'ambiente idrofilico. In assenza di detergente, l'attività del Au-CYS-NTA-PSII decresce rapidamente (*half-time* = 1 ora) rispetto alle stesse condizioni in presenza di esso. Al contrario, il PSII reticolato con BSA-GA non richiede il detergente perché è meno esposto all'ambiente idrofilico denaturante. Questo risultato è una prova indiretta del tipo d'immobilizzazione che si ottiene con il complesso Ni-NTA e la coda di HIS: una biomolecola stabilmente legata al supporto il cui comportamento è molto simile a quello della molecola libera in soluzione.

La sintesi chimica del complesso Ni-NTA su diversi materiali elettrodi o ottici, frutto di un recente studio compiuto nel nostro laboratorio²², è stata ultimamente migliorata con uno stadio elettrochimico che consente di immobilizzare sequenzialmente diverse biomolecole su un μ -array di sensori come vedremo più avanti.

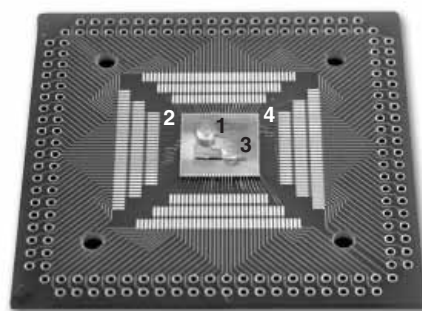
La tecnica di deposizione elettrochimica è stata, in seguito, applicata con successo

all'immobilizzazione di biomolecole su μ -chip. Il μ -chip, ottenuto litograficamente, ci è stato fornito dal CNR-IFN di Roma (Dr. V. Foglietti e dr. M. Ilie) ed è costituito da una matrice di 49 elettrodi di oro disposti in 7 righe e 7 colonne. Il chip è stato coperto da un coperchio di vetro scavato litograficamente per ottenere una cella a flusso del volume di 60 μ L. Gli esperimenti hanno consentito di indirizzare elettrochimicamente l'immobilizzazione della biomolecola ingegnerizzata con la coda di HIS su un solo elettrodo d'oro nel μ -array. Nella figura 7, insieme alla cella fluidica (a), sono riportati i segnali elettrochimici (b) ottenuti alimentando il μ -chip in flusso con una soluzione di ascorbato 2-fosfato, substrato dell'enzima immobilizzato.

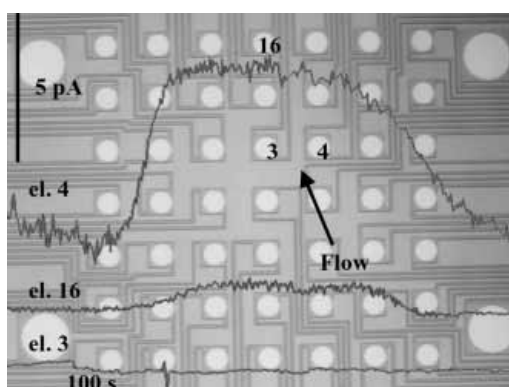
Sull'elettrodo ove era stata indirizzata la sintesi del complesso Ni-NTA si osserva un segnale di circa 0,5 pA, mentre su un elettrodo vicinale non si osserva alcun segnale (elettrodo n. 3). Sull'elettrodo n.16 a valle e nella direzione del flusso (la freccia in figura 7b) si osserva un piccolo segnale, dovuto alla produzione di acido ascorbico da parte dell'enzima sull'elettrodo 4.

La densità superficiale del Ni-NTA è stata ottenuta con metodi polarografici (AdCSV) valutando la concentrazione dello ione Ni^{+2} per unità di superficie, e poi confrontando i valori con l'attività enzimatica immobilizzata. Ulteriori considerazioni, riguardo le dimensioni della molecola modello (His-tag-PSII) e la carica elettrica necessaria per la deposizione della CYS, hanno permesso di stabilire che le teste del complesso Ni-NTA disponibili per l'immobilizzazione sono ridondanti con un rapporto calcolato PSII:Ni-NTA di 1:40000. Una densità superficiale di Ni-NTA così elevata rispetto al fotosistema II non influisce in alcun modo sulla possibilità di incrementare la concentrazione della biomolecola sulla superficie elettrodica e costituisce semmai una barriera diffusiva indesiderabile.

Questo risultato può essere sfruttato vantaggiosamente attraverso la sostituzione dei



a) Dettaglio dei componenti del μ -chip a flusso progettato dal CNR: **1.** coperchio di vetro per realizzare la micro-cella a flusso; **2.** e **3.** capillari di alimentazione; **4.** contatti in alluminio



b) Segnali di corrente dovuti ad ascorbato 2P 1mM, il substrato di AP, generati dagli elettrodi n. 4 (con AP depositata elettrochimicamente), n. 3 (elettrodo non ricoperto), e n. 16 (elettrodo nudo situato a valle dell'elettrodo n. 4). Nello sfondo della figura sono mostrate le posizioni relative degli elettrodi e la direzione del flusso

Figura 7
 μ -chip a flusso realizzato con l'Istituto di Nanotecnologie e Fotonica del CNR

gruppi funzionali ridondanti di Ni-NTA con molecole utili a migliorare le caratteristiche del biosensore: polimeri conduttori (vedi riquadro 1), o molecole dotate di catene idrofobiche sulla superficie elettrodica. La deposizione di strati misti di CYS e OCT, ad esempio, ha consentito il miglioramento delle caratteristiche analitiche del biosensore fotosintetico (figura 8). Il confronto su 3 differenti tipi d'immobilizzazione è stato eseguito misurando, come parametro fondamentale, la concentrazione d'erbicida (nel nostro caso l'atrazina) che inibisce il 50% dell'attività (I_{50}) (figura 8). Il biosensore realizzato con un monostrato di PSII tramite la sintesi del complesso Ni-NTA ha mostrato un leggero miglioramento ($I_{50} = 2 \times 10^{-8}$ mol/L, circa 5 volte più basso) rispetto al biosensore realizzato tramite il metodo d'immobilizzazione tradizionale, consistente nella reticolazione del PSII con BSA-GA ($I_{50} = 9 \times 10^{-8}$ mol/L). A paragone dei primi due, il terzo elettrodo su cui è stato depositato elettro-

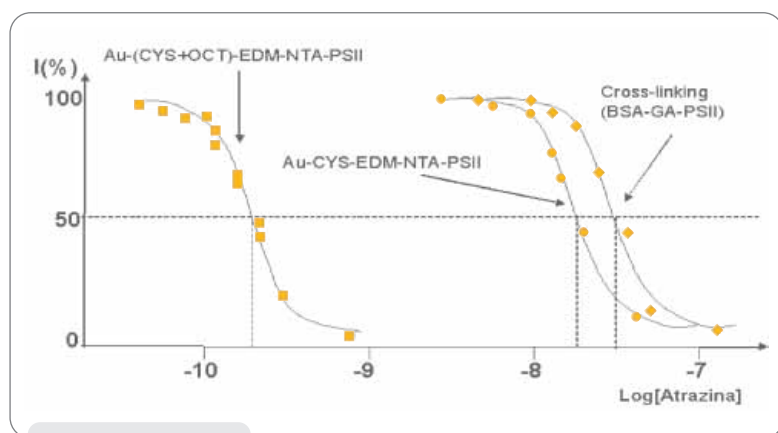


Figura 8

Curve di calibrazione e I_{50} di biosensori a PSII per l'atrazina, ottenuti con il metodo tradizionale di immobilizzazione (cross-linking BSA-GA) con EDM di CYS e con EDM misti di CYS+OCT

chimicamente uno strato misto (CYS + OCT) dalle accentuate proprietà idrofobiche, ha evidenziato un valore del tutto differente ($I_{50} = 2 \times 10^{-10}$ mol/L) ben 450 volte più basso (figura 8). Questo effetto sembra essere dovuto a una locale pre-concentrazione dell'erbicida all'interfaccia tra l'ambiente idrofilico-idrofobico in prossimità della superficie dell'elettrodo.

Un'altra possibilità per ridurre la ridondanza del Ni-NTA è quella del *molecular wiring*. Il Ni-NTA viene sostituito parzialmente da film conduttori di PAN (si veda il riquadro 1) che possono essere facilmente sintetizzati, secondo procedure descritte in letteratura^{6,7}, sull'elettrodo nudo o su eventuali EDM di NTA già depositati sull'elettrodo, utilizzando tecniche di voltammetria ciclica (CV). Sono stati impiegati anche elettrodi di carbone drogati con oro o platino per ridurre la densità superficiale dei gruppi Ni-NTA. Gli elettrodi stampati serigraficamente con inchiostri a base di polveri di grafite/Au, preparate nei laboratori dell'ENEA (M. De Francesco), o con una polvere analoga di grafite/Pt commerciale, sono stati impiegati per la deposizione elettrochimica della CYS.

L'ossidazione del gruppo tiolico di CYS avviene già a 700 mV su elettrodi d'oro, per la conseguente formazione di un legame covalente Au-S; nella figura 9b si può osservare che lo stesso comportamento si verifica su elettrodi di grafite drogati con nanoparticelle di Au, mentre sulla sola grafite

l'ossidazione avviene a ben 900 mV. Poiché il potenziale di deposizione della CYS sulla sola grafite risulta spostato di circa 200 mV rispetto alla grafite drogata con particelle di Au, si può calcolare che la deposizione di CYS sui materiali nano-compositi Au-grafite e Pt-grafite, operata a 850 mV, avviene per circa l'80% sulle particelle metalliche e per il 20% sulla superficie di grafite, lasciandola in gran parte libera per la deposizione di altre molecole utili, come ad esempio i già citati polimeri conduttori di PAN.

Nella figura 9a è riportato il tipico voltammogramma ottenuto nei nostri laboratori con un elettrodo stampato di Au commerciale (BDV). Come si evince dalla figura si ottiene un tipico voltammogramma partendo da una soluzione di 50 mM di anilina disciolta in acido diluito acquoso (0,5 M H_2SO_4) applicando ciclicamente un potenziale da -0,2 V a +0,9 V vs. Ag/AgCl (60 mV/s velocità di scansione, 10 mV *potential step*, tipicamente 15 scansioni). Un graduale incremento dei picchi di ossidazione/riduzione durante la scansione sta ad indicare una crescita progressiva delle fibre di PAN. La stessa procedura è stata applicata ad elettrodi stampati di grafite/Au e grafite/Pt (figura 9b) preparati nei laboratori dell'ENEA, ottenendo la deposizione di film conduttore di PAN.

Con questa tipologia di cavi molecolari e il PSII immobilizzato attraverso Ni-NTA (Au-(PAN)CYS-GA-NiNTA-PSII) si sono osservati due picchi che risultano assenti nel bianco costituito dallo stesso supporto, ugualmente trattato ma senza il PSII (Au-(PAN)CYS-GA-Ni-NTA). Si è ipotizzato allora che il sito red-ox di un componente fondamentale del PSII (Cyt b_{559}), orientato opportunamente attraverso la coda istidinica, ed esposto verso la superficie elettrodica alla distanza di pochi nanometri, ceda l'elettrone alla catena del polimero conduttore che lo trasferisce a sua volta alla superficie elettrodica.

La tecnica d'immobilizzazione reversibile e

orientata, basata sull'impiego di tioli per la sintesi chimica o elettrochimica del complesso Ni-NTA si è dimostrata molto versatile. Infatti con essa è possibile:

- introdurre spaziatori di lisina-GA per modulare la distanza della biomolecola dal WE,
- inserire molecole aggiuntive per aumentare l'idrofobicità dell'ambiente immediatamente intorno al WE e alla proteina, modificando così la diffusione di reagenti e prodotti,
- inserire polimeri conduttori per ottenere il trasferimento elettronico da biomolecole red-ox alla superficie del WE.

Il confronto del comportamento del PSII immobilizzato su oro, attraverso la coda di His₆ con Ni-NTA, con quello del PSII reticolato secondo metodologie tradizionali, ha messo in evidenza notevoli miglioramenti dovuti alla diffusione dei substrati, dei prodotti e degli inibitori. Il comportamento dipendente dalla presenza del detergente DM ha messo in evidenza il fatto che il PSII immobilizzato impiegando il Ni-NTA si tro-

va in una situazione molto simile a quella del PSII libero in soluzione, a differenza del PSII reticolato con BSA-GA. Nel caso della reticolazione una maggiore quantità di PSII è intrappolata sulla superficie dell'elettrodo di Au. Questo, a fronte di un valore molto più elevato d'intensità di corrente, corrisponde ad una maggiore lentezza della risposta al segnale luminoso e all'inibizione per la presenza di erbicidi, proprio a causa del più elevato spessore del film diffusivo che la forma ridotta del DQ deve attraversare per raggiungere la superficie dell'elettrodo e per riossidarsi. Negli altri casi, il PSII, in quantità minore, rimane libero in soluzione seppur saldamente legato alla superficie dell'elettrodo attraverso le catene di HIS e quindi più esposto e raggiungibile dal mediatore, dai substrati e dagli inibitori.

La constatazione della ridondanza del Ni(II) complessato sulla superficie elettrodica rispetto alla biomolecola (PSII) immobilizzata sugli elettrodi d'oro, ci ha spinto a verificare le possibilità: 1) di impiegare diversi materiali (grafite drogata con oro o platino);

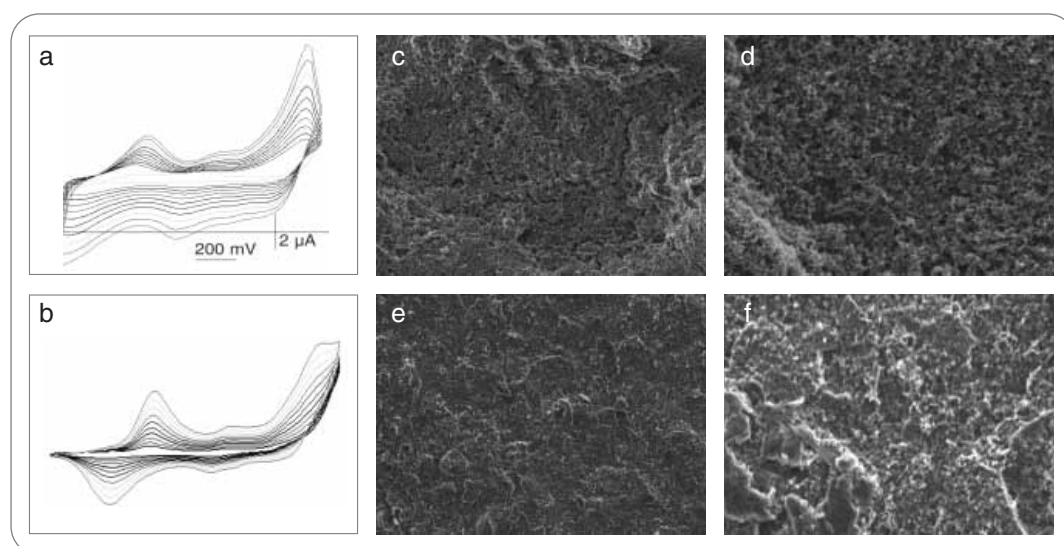


Figura 9

a. CV della deposizione elettrochimica (-0,2/+0,9V vs Ag/AgCl) di film di PAN su oro con acido acquoso diluito (H₂SO₄). Si evidenzia la presenza di due picchi ben risolti. I picchi di debole intensità, denominati "centrali", appartengono ai prodotti di degradazione della PAN. **b.** Elettrodeposizione di PAN su grafite (-0,2/+0,9V vs Ag/AgCl) con acido acquoso diluito in presenza del suo sale (0,5 M HCl + 1 M NaCl). Si osservano picchi analoghi al caso dell'oro; **c.** e **d.** Elettrodo di grafite/Au (è ben visibile la porosità della matrice di carbone). **e.** ed **f.** Elettrodo di grafite/Au ricoperto da un film sottile di PAN. Si osserva la ricopertura dell'elettrodo con evidente scomparsa della porosità della grafite

2) di depositare altre molecole con specifiche funzioni come l'OCT, per migliorare la diffusione di substrati, prodotti e mediatori nei pressi del WE, o come la PAN per fungere da cavo molecolare trasportatore di elettroni. Con la deposizione di film misti di CYS e OCT su elettrodi di oro, abbiamo ottenuto come risultato il miglioramento del LOD del biosensore fotosintetico di un fattore 450.

È nostra opinione che la deposizione elettrochimica di CYS dia luogo a film strutturalmente differenti rispetto ai SAM, per la velocità (pochi secondi rispetto a 20 ore della deposizione chimica) con cui ha luogo la deposizione. Per questo motivo abbiamo coniato il termine di multistrati depositati elettrochimicamente, EDM. In attesa di completare la caratterizzazione delle superfici ottenute con AFM (Atomic Force Microscopy), la nostra ipotesi è che i film di CYS depositati elettrochimicamente siano più disordinati e spessi (non *monolayers*) e più rigidi dei corrispondenti SAM ottenuti per via chimica. Nonostante questo, l'immobilizzazione elettrochimica si mostra molto conveniente per indirizzare l'immobilizzazione di biomolecole su singoli elettrodi specifici di un μ -chip. Anche tale possibilità è stata verificata direttamente su un μ -chip (CNR-IFN) con successo.

I risultati ottenuti per la deposizione elettrochimica di CYS su elettrodi d'oro sono stati poi trasferiti agli elettrodi stampati di carbone. Le paste serigrafiche di carbone sono state miscelate con grafite composta di particelle nano-disperse di Au o Pt. Su questo nano-materiale composito la deposizione della CYS avviene allo stesso potenziale sperimentato con gli elettrodi di solo oro, cioè a 0,85 V vs Ag/AgCl. Poiché il potenziale di deposizione della CYS sulla grafite risulta più elevato, si può ipotizzare che la deposizione di CYS sui materiali compositi Au-grafite e Pt-grafite avvenga solo sulle particelle metalliche. Questo consentirebbe di ottenere film misti formati da CYS, depositata sulle particelle metalliche di Au o Pt, e da PAN

conduttrice, depositata sulla restante superficie carboniosa del WE.

Tutti i risultati conseguiti costituiscono un punto di partenza molto promettente per la realizzazione del *patterning* spaziale di biomolecole a livello microscopico e la costruzione di *biosensor arrays* con migliori *performance* sia in termini di diffusione attraverso la matrice sia di trasferimento elettronico diretto tra proteine red-ox ed elettrodi.

Bibliografia

1. AIZAWA M., YANAGIDA Y., HARUYAMA T., KOBATAKE E., *Genetically engineered molecular networks for biosensing systems*, Sensors and Actuators B 52 (1998) 204-211.
2. ALIVISATOS A.P., *Nanocrystals: building blocks for modern materials design*, Endeavour, vol. 21 (2), 1997, 56-60.
3. BANIN U., LEE J.C., GUZELIAN A.A., KADAVANICH A.V., Alivisatos A.P., *Exchange interaction in InAs nanocrystal quantum dots*, Superlattices and Microstructures, vol. 22 (4), 1997, 559-568.
4. BONHOTE P., GOGNIAT E., CAMPUS F., WALDER L., GRAETZEL M., *Nanocrystalline electrochromic displays*, Displays, 20, 1999, 137-144.
5. CHENG G.S., ZHANG L.D., ZHU X.G., CHEN S.H., LI Y., ZHU Y., FEI G.T., *Synthesis of Orderly Nanostructure of Crystalline GaN Nanoparticles on Anodic Porous Alumina Membrane*, Nanostructured Materials, vol. 11 (3), 1999, 421-426.
6. COSNIER S., *Biomolecule immobilization on electrode surfaces by entrapment or attachment to electrochemically polymerized films*. A review, Biosensor & Bioelectronics 14 (1999) 443-456.
7. CRUZ C.M.G.S., TICIANELLI E.A., *Electrochemical and ellipsometric studies of polyaniline films grown under cycling conditions*, Journal of Electroanalytical Chemistry 428 (1997) 185-192.
8. D'Souza L., Bera P., Sampath S., *Silver-Palladium Nanodispersions in Silicate Matrices: Highly Uniform, Stable, Bimetallic Structures*, Journal of Colloid and Interface Science, vol. 246, 2002, 92-99.
9. DENG L., LEI H., ZHOU Y., MO X., *Microbalance-DNA probe method for the detection of specific bacteria in water*, Enzyme and Microbial Technology 30 (2002) 583-589.
10. DI MEIO C., DELLA SETA L., DE FRANCESCO M., MASCI A., PINTO V., VOLPE A., PILLOTON R. *Reversible immobilisation of engineered molecules by Ni-NTA chelators*; Sensors and μ -Systems C. Di Natale & A. D'Amico Ed. - World Scientific, Singapore - New Jersey - London - Hong Kong; 2004.
11. FERREIRA K.N., IVERSON T.M., MAGHLAOU K., BARBER J., IWATA S.; *Architecture of the Photosynthetic Oxygen-Evolving Center*; Science (2004) Vol 303, Issue 5665, 1831-1838, 19 March 2004.
12. FINOTA E., BOURILLOTA E., MEUNIER-PRESTB R., LACROUTEA Y., LEGAYA G., CHERKAOUI-MALKIC M., LATRUFFEC N., SIRID O., BRAUNSTEIND P., DEREUXA A., *Performance*

- of interdigitated nanoelectrodes forelectrochemical DNA biosensor, *Ultramicroscopy*, vol. 97, 2003, 441–449.
13. HOCK B., SEIFERT M., KRAMER K., *Engineering receptors and antibodies for biosensors*, *Biosensors & Bioelectronics* 17 (2002) 239–249.
 14. HOSHINO A., HANAKI K., SUZUKI K., YAMAMOTO K., *Applications of T-lymphoma labeled with fluorescent quantum dots to cell tracing markers in mouse body*, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, vol. 314, 2004, 46–53.
 15. HSIN-YUN HSU, YI-YOU HUANG, *RCA Combined Nanoparticle-based Optical Detection Technique for Protein Microarray: a Novel Approach*, *Biosensors and Bioelectronics* vol. 20, 2004, 123–126.
 16. KLEINJUNG F., BIER F.F., WARSINKE A., SCHELLER F.W., *Fibre optic genosensor for specific determination of femtomolar DNA oligomers*, *Analytica Chimica Acta* 350 (1997) 51–58.
 17. KOBLIZEK M., KOMENDA J., MASOJIDEK J., KUCERA T., MATTOO A.R., GIARDI M.T., PILLOTON R.; *Two photosystem II based biosensors for detection of photosynthetic herbicides*; *Proceedings of The 2nd Workshop on Chemical Sensors and Biosensors 1999 March 18th-19th - F.Mazzei & R.Pilloton Eds.- (2000) ISBN 88-8286-072-8.*
 18. KOBLIZEK M., MALY J., MASOJIDEK J., KOMENDA J., KUCERA T., GIARDI M.T., MATTOO A.K., PILLOTON R.; *A biosensor for the detection of triazine and phenyl urea herbicides designed using photosystem II coupled to a screen printed electrode*; *Biotech.Bioeng.*, 78, No. 1, April 5, 2002.
 19. KOBLIZEK M., MASOJIDEK J., KOMENDA J., KUCERA T., PILLOTON R., MATTOO A.K., GIARDI M.T.; *A sensitive photosystem II based biosensor for detection of a class of herbicides*; *Biotech. Bioeng.* 60, No. 6, December 20, 1998.
 20. KROTO H.W., HEATH J.R., O'BRIEN S.C., CURL R.F., SMALLEY R.E.; *C60: Buckminsterfullerene*, *Nature*, 318 (No.6042), 162–163, (1985).
 21. LIU S., DAI Z., CHEN H., JU H., *Immobilization of Hemoglobin on Zirconium Dioxide Nanoparticles for Preparation of a Novel Hydrogen Peroxide Biosensor*, *Biosensors and Bioelectronics*, vol. 19, 2004, 963–969.
 22. MALY J., DI MEIO C., DE FRANCESCO M., MASCI A., MASOJIDEK J., SUGIURA M., VOLPE A., PILLOTON R.; *Reversible immobilisation of engineered molecules by Ni-NTA chelators*; *Bioelectrochemistry* (2004) 63, 1-2, 271–275.
 23. MALY J., ILLIANO, E., SABATO, M., DE FRANCESCO, M., PINTO, V., MASCI, A., MASCI D., MASOJIDEK, FRANCONI J.R., PILLOTON R; *Immobilisation of engineered molecules on electrodes and optical surfaces*; *Materials Science and Engineering: C Volume: 22, Issue: 2, December 1, 2002, pp. 257–261.*
 24. MANNA L., SCHER E.C., ALIVISATOS A.P., *Shape Control of Colloidal Semiconductor Nanocrystals*, *Journal of Cluster Science*, vol. 13 (4), 2002, 521–532.
 25. MARTIN C.R., *Nanomaterials: A Membrane Based Synthetic Approach*, *Science*, vol. 266, Dec. 1994, 1961–1966.
 26. NAKAMURA Y., KANEKO T., SATO S., IKEUCHI M., KATOH H., SASAMOTO S., WATANABE A., IRIGUCHI M., KAWASHIMA K., KIMURA T., KISHIDA Y., KIYOKAWA C., KOHARA M., MATSUMOTO M., MATSUNO A., NAKAZAKI N., SHIMPO S., SUGIMOTO M., TAKEUCHI C., YAMADA M., TABATA S.; *Complete Genome Structure of the Thermophilic Cyanobacterium *Thermosynechococcus elongatus* BP-1*; *DNA Res.*; (2002) 9, 123–130.
 27. PUNTESA V.F., KRISHNANB K., ALIVISATOS A.P., *Synthesis of colloidal cobalt nanoparticles with controlled size and shapes*, *Topics in Catalysis*, vol. 19 (2), 2002, 145.
 28. RAMANATHAN K., MEHROTRA R., JAYARAM B., MURTHY A.S.N., MALHOTRA B.D., 1996a. *Simulation of electrochemical process for glucose oxidase immobilized conducting polymer*. *Anal. Lett.* 29, 1477–1484.
 29. RAMANATHAN K., PANDEY S.S., KUMAR R., GULATI A., MURTHY A.S.N., MALHOTRA B.D., 2000. *Covalent immobilization of glucose oxidase to poly(o-aminobenzoic acid) for application to glucose biosensor*. *J. Appl. Polym. Sci.* 78, 662–667.
 30. RAMANATHAN K., RAM M.K., MALHOTRA, B.D., MURTHY A.S.N., 1995b. *Application of polyaniline-Langmuir-Blodgett films as a glucose biosensor*. *Mater. Sci. Engg. C* 3, 159–163.
 31. RAMANATHAN K., RAM M.K., VERGHESE M.M., MALHOTRA B.D., 1996b. *Dielectric spectroscopic studies on polypyrrole glucose oxidase films*. *J. Appl. Polym. Sci.* 60, 2309–2316.
 32. RAMANATHAN K., SUNDARESAN N.S., MALHOTRA B.D., 1995c. *Ion exchanged polypyrrole-based glucose biosensor: enhanced loading and response*. *Electroanalysis* 7, 579–582.
 33. SHINOHARA H., KUSAKA T., YOKOTA E., MONDEN R., SISIDO M., *Electron transfer between redox enzymes and electrodes through the artificial redox proteins and its application for biosensors*, *Sensors and Actuators B* 65 (2000) 144–146.
 34. SUGIURA M., INOUE Y., *Highly Purified Thermo-Stable Oxygen-Evolving Photosystem II Core Complex from the Thermophilic Cyanobacterium *Synechococcus elongatus* Having His-Tagged CP43*, *Plant Cell Physiol.* 40(12) (1999) 1219–1231.
 35. SUGIURA M., INOUE Y., MINAGAWA J., *Rapid and discrete isolation of oxygen-evolving His-tagged photosystem II core complex from *Chlamydomonas reinhardtii* by Ni²⁺ affinity column chromatography*, *FEBS Letters* 426(1998)140–144.
 36. TROJANOWICZ M., GESCHKE O., KRAWCZYK T.K., CAMMANN K., *Biosensors based on oxidases immobilized in various conducting polymers*, *Sensor and Actuators B* 28 (1995), 191–199.
 37. Vo-Dinh T., Griffin G.D., Alarie J.P., Cullum B., Sumpter B., Noid D., *Development of nanosensors and bioprobes*, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 2, 2000, 17–27.
 38. WENG Y.C., RICK J.F., CHOU T.C., *A Sputtered Thin Film of Nanostructured Ni/Pt/Ti on Al₂O₃ Substrate for Ethanol Sensing*, *Biosensors and Bioelectronics*, vol. 20, 2004, 41–51.
 39. ZOUNI A., WITT H. T., KERN J., FROMME P., KRAUSS N., SAENGER W., ORTH P. *Crystal Structure of Photosystem II from *Synechococcus elongatus* at 3.8 Å Resolution* (2001) *Nature* 409, 739–74.

Per un posto a corte

A cura di
FAUSTO BORRELLI



scienza, tecnica,
storia & società

Richiesta di Leonardo da Vinci per un posto alla corte di Ludovico il Moro e per un incarico nella costruzione del Duomo di Milano (1482).

L'invenzione del sommergibile

Seeking a *job* at *court*

Leonardo da Vinci applies for a job at the court of Ludovico il Moro, ruler of Milan, and for a commission in the construction of the city's cathedral (1482).

Invention of the submarine

Ho modi de ponti leggerissimi e forti...

Avendo, Signor mio Illustrissimo, visto e considerato oramai ad sufficienza le prove di tutti quelli che si reputano maestri e compositori de instrumenti bellici, e che le invenzioni e operazioni di dicti instrumenti non son niente aliene dal comune uso, mi exforzerò, non derogando a nessuno altro, farmi intender da vostra eccellenza, aprendo a quella li secreti miei, e appresso offerendoli ad ogni suo piacimento, in tempi opportuni operare con effecto circa tutte quelle cose, che sub brevità in parte saranno qui disotto notate (*e ancora in molte più, secondo le occurrenze de' diversi casi...*).

1. Ho modi de ponti leggerissimi e forti, e atti a portare facilissimamente, e con quelli seguire, e alcuna volta fuggire li inimici, e altri securi e inoffensibili da foco e battaglia, facili e commodi da levare e ponere. E modi de ardere e disfare quelli de l'inimico.

2. So in la obsidione de una terra togliere via l'acqua dai fossi, e fare infiniti ponti, gatti, scale e altri instrumenti pertinenti ad dicta expeditione.

3. Item, se, per altezza de argine, o per fortezza di loco e di sito, non si potesse in la obsidione de una terra usare l'officio de le bombarde, ho modi di ruinare omni rocca o altra fortezza, se già non fusse fondata in su el saxo.

4. Ho ancora modi di bombarde comodissime e facile a portare, e con quelle buttare minuta tempesta; e con el fumo di quelle dando grande spavento all'inimico, con grave suo danno e confusione.

5. Item, ho modi per cave e vie secrete e distorte, facte senza alcuno strepito per venire e disegnato [...], ancora che bisognasse passare sotto fossi o alcuno fiume.

6. Item, farò carri coperti, securi e inoffensibili; e quali intrando intra li inimici con sua artiglieria, non è sì grande multitudine

di gente d'arme che non rompessino. E dietro a questi potranno seguire fanterie assai illese e senza alcuno impedimento.

7. Item, occurrendo di bisogno, farò bombarde, mortari e passavoltanti di bellissime e utili forme, fora del comune uso.

8. Dove mancassi la operazione de le bombarde, componerò bricolle, mangani, trabucchi, e altri instrumenti di mirabile efficacia, e fora dell'usato; e in somma, secondo le varietà dei casi, componerò varie e infinite cose da offender o di [fendere].

9. E quando accadesse essere in mare, ho modi de molti instrumenti actissimi ad offender e defender, e navili che faranno resistenza al trarre de omni grossissima bombarda, e polvere e funi.

10. In tempo di pace credo soddisfare benissimo a paragone de omni altro in architettura, in composizione di edifici e pubblici e privati, e in conducer acqua de uno loco ad un altro.

Item, conducerò in scultura di marmore, di bronzo e di terra, similiter in pictura, ciò che si possa fare a paragone de omni altro, e sia chi vole.

Ancora si potrà dare opera al cavallo di bronzo, che sarà gloria immortale e eterno onore de la felice memoria del Signor vostro patre e de la inclita casa Sforzesca.

E se alcuna che le sopra dicte cose a alcuno paresse impossibile e infactibile, me offero paratissimo e farne experimento in el parco vostro, o in qual loco piacerà a vostr'Excellentia, a la quale, umilmente quanto più posso, me recomando.

[LEONARDO DA VINCI, *Codice Atlantico*, fol. 391]

Le medicine essendo ben adoperate

Voi sapete le medicine, essendo ben adoperate, rendon sanità ai malati, e quello che ben le conosce, ben l'adoprerà, quando ancora lui conoscerà che cosa è omo, che cosa è vita e complessione, che cosa è

"Nave da usare a
affondare navili"
(c. 1487-1490)
(Codice B di Parigi,
f. 11)



sanità; conoscendo queste bene, conoscerà i suoi contrari; essendo così più vicino sarà al riparo ch'alcun altro.

Questo medesimo bisogna al malato domo, cioè un medico architetto, che 'ntenda bene che cosa è edificio e da che regole il retto edificare deriva, e donde dette regole son tratte, e in quante parte sieno divise, e quale siano le cagione, che tengano lo edificio insieme, e che lo fanno permanente, e in che modo si debbono contessere e collegare insieme, e, congiunte, che effetto partoriscono. Chi di queste sopra dette cose arà vera cognizione, vi lascerà di sua rason e opera sadisfatto.

Onde per questo io m'ingegnerò non ditraendo, non infamando alcuno, di saddisfare in parte con ragioni e in parte coll'opere, alcuna volta dimostrando li effetti per le cagioni, alcuna volta affermando le ragioni colle sperienze, e 'nsieme con queste accomodando alcuna alturità de li architetti antichi, le prouve de li edificii fatti, e quali sieno le cagioni di lor ruina e di lor per-

manenza, eccetera.

E con quelle dimostrare qual è *la cagione* prima del carico, e quale e quante sieno le cagioni che danno ruina a li edificii, e qual è il modo della loro stabilità e permanenza. Ma per non essere prolisso a vostre eccellenze dirò prima la invenzione de 'l primo architetto del domo, e chiaramente vi dimostrerò qual fussi sua intenzione, affermando quella collo principiato edificio, e, facendovi questo intendere, chiaramente potrete conoscere il modello da me fatto avere in sé quella simmetria, quella corrispondenza, quella conformità, quale s'appartiene al principiato edificio.

Che cosa è edificio, e donde le regole del retto edificare àno dirivazione, quante e quale sieno le parte appartenente a quelle. O io, o altri che lo dimostri me' di me, pigliatelo, mettete da canto ogni passione.

[LEONARDO DA VINCI, *Codice Atlantico*, fol. 270]

E questo non pubblico o divulgo

"E questo non pubblico o divulgo per le male nature delle omini, li quali userebbero le assassinamenti nel fondo dei mari col rompere i navili in fondo e sommergeli insieme colli omini che vi son dentro". (c. 1506-1508).

(Codice Hammer, oggi di proprietà di Bill Gates]

Principio di precauzione "ante litteram" applicato da Leonardo alla sua stessa invenzione del sommergibile.

Bibliografia

ZÖLLERN FRANK, *Leonardo da Vinci 1452-1519. The Complete Paintings and Drawings*, Taschen 2003.

KLEMM FRIEDRICH, *Storia della tecnica*, Feltrinelli 1959.

PEDRETTI CARLO, *Leonardo, le macchine*, Giunti 2000.

LEONARDO DA VINCI, *Scritti letterari*, a cura di Augusto Marinoni, Rizzoli 1974.

Per mancanza di spazio,
in questo numero le Note Tecniche non vengono pubblicate

dal **MONDO****Bioinformatica e
malattie ereditarie****Allarme per la savana****Navicella gonfiabile
per lo spazio****BIOINFORMATICA E
MALATTIE EREDITARIE**

Il primo server internazionale che consente agli utenti di analizzare diversità genetiche su larga scala è stato sviluppato presso l'Università di Barcellona: la variabilità genetica dà preziose informazioni nello studio dei disturbi di origine genetica.

Per mezzo di alcuni programmi, messi a punto in quella Università, i biologi di tutto il mondo potranno cercare piccole variazioni nei genomi di diversi individui e di differenti specie usando i dati immagazzinati nelle grandi banche dati pubbliche di tutto il mondo.

Oltre a facilitare la ricerca sulle basi genetiche delle malattie ere-

ditarie queste variazioni sono importanti per comprendere la grande diversità negli esseri viventi sulla Terra, oltre a quella che esiste fra gli individui di una stessa specie. Nel caso dell'uomo le differenze determinano non solo i tratti somatici, ma anche la sua predisposizione a determinate malattie.

Un problema che nessuno, però, ha ancora affrontato è quello della liceità di rendere disponibili le informazioni sul genoma di singoli individui, e nessuno ha ancora verificato se è possibile identificare un paziente "anonimo" dai suoi dati.

Esistono alcuni soggetti, come le compagnie assicurative o i datori di lavoro, in particolare, che sarebbero molto interessati a conoscere se una persona è a rischio di una determinata malattia.

ALLARME PER LA SAVANA

Ogni anno, in Brasile, 20 mila chilometri quadrati di savana vengono distrutti perché considerati terreno molto adatto all'agricoltura, in particolare per coltivare cotone, soia e grano. Secondo l'organizzazione ambientalista Conservation International, la savana in Brasile sta scomparendo ad un ritmo più rapido delle sue foreste pluviali, per le quali c'è molta più mobilitazione e informazione.

La savana, che è formata da enormi praterie con alberi sparsi e piccole foreste, per scarsa informazione non viene considerata una risorsa preziosa; invece ospita una ricca biodiversità biologica, composta dal 5 per cento di tutte le specie di animali e di piante del mondo.

A fine luglio vari gruppi ambientalisti e esperti del settore si sono

incontrati ad Alto Paraiso, vicino la capitale Brasilia, per lanciare l'allarme sulla biodiversità in pericolo a causa della mancanza di un'appropriate pianificazione, e per proporre strategie che limitino lo sviluppo di colture agricole solo alle aree attorno ai collegamenti di trasporto già esistenti e favoriscano l'uso più efficiente delle attuali aree agricole.

**NAVICELLA GONFIABILE
PER LO SPAZIO**

La Return and Rescue Space Systems (RRSS) di Brema, in Germania, ha costruito un prototipo di capsula spaziale gonfiabile per riportare sulla Terra i carichi dalla Stazione Spaziale Internazionale (ISS).

La ISS avrà presto bisogno di una nuova capsula da carico per riportare a terra campioni scientifici ed equipaggiamento da riparare.

Infatti, la capsula russa Raduga, attualmente in uso, è quasi alla fine della propria vita e può trasportare soltanto 150 kg per volta. I veicoli gonfiabili potrebbero portare invece fino a 200 kg. La capsula gonfiabile potrebbe anche servire da scialuppa di salvataggio per gli astronauti all'esterno della stazione spaziale, o per portare robot sulla superficie di Marte.

Si ipotizza infatti che la navicella potrebbe essere utilizzata dall'Agenzia Spaziale Europea già nella missione ExoMars, programmata per il 2009; l'uso di scafi gonfiabili potrebbe dimezzare la massa del veicolo di discesa, consentendo un maggior carico.

Le navicelle della RRSS, sono costate finora 2 milioni di dollari e sono già state sperimentate nel 2000 e nel 2002.

cronache



ENERGIA E TRASPORTI PER UNO SVILUPPO SOSTENIBILE

La Quarta Conferenza ministeriale su Ambiente, salute e infanzia, organizzata a Budapest in giugno dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, ha messo in risalto come energia e trasporti siano le sfide principali che attendono la nuova Europa nei prossimi anni, i settori che globalmente possono incidere di più sullo sviluppo sostenibile ed equilibrato sia dell'Europa fisica che politica.

Per questi due settori dalle forti ricadute ambientali e sanitarie, alla UE si presenta una buona opportunità di operare scelte integrate e condivise, puntando su un'effettiva e omogenea riduzio-

ne delle emissioni inquinanti e imparando un po' dall'Est e un po' dall'Ovest. È questo un punto particolarmente a cuore alle associazioni ambientaliste (una per tutte Legambiente) che rilevano un'Europa a 25 chiaramente suddivisa in due blocchi distinti: i vecchi 15 e i nuovi 10 paesi entrati a maggio scorso, per i quali la mobilità e il sistema energetico, per produzioni e consumi, seguono un andamento diametralmente opposto.

Le priorità che allora vengono individuate per rendere più sostenibile lo sviluppo sono una forte innovazione nei prodotti e nei processi produttivi, lo sviluppo delle fonti rinnovabili, la conversione ambientale del parco termoelettrico tradizionale, la conversione del sistema della mobilità, l'incremento degli ecosistemi naturali in grado di trattenere la CO₂ e la gestione dei "meccanismi flessibili". Tutti obiettivi alla portata dell'Europa, che possono portare benefici innegabili.

FORUM PER LE AZIENDE INNOVATIVE

Dal 5 al 7 dicembre si svolgerà a Stoccarda e a Karlsruhe (Germania) il Quarto Forum europeo per le aziende innovative.

L'evento, organizzato dalla Commissione Europea, consentirà di analizzare le ultime tendenze nella creazione e sviluppo delle aziende di *start-up* innovative e i nuovi concetti per la politica dell'innovazione.

Nel corso del Forum saranno affrontati i temi riguardanti: *start-up* internazionali; innovazione e contesto normativo; elementi chiave per ridefinire la politica dell'innovazione; possibilità delle aree urbane di generare eccellenza nell'innovazione; poli e cluster

dell'innovazione; percorso delle nuove attività imprenditoriali.

Per ulteriori dettagli: <http://www.fourthforum.org>

SCIENZA E TECNOLOGIA IN CROAZIA

Nel quadro delle sue attività per una politica di cooperazione scientifica internazionale, la Commissione ha pubblicato un nuovo documento che fornisce una visione panoramica delle attività e delle politiche di S&T (Scienza e tecnologia) in Croazia, dopo che il suo status di paese candidato all'UE era stato confermato in giugno.

Secondo il documento sono necessari cambi radicali alla base scientifica del paese per adottare un sistema di S&T in linea con il modello dell'UE: si deve invertire il declino degli investimenti per la scienza, particolarmente sentito in Croazia negli anni 90; le strutture devono essere ulteriormente ammodernate; e si deve intervenire anche per ovviare al numero di studenti e scienziati in declino.

In termini più positivi, il documento sottolinea che per quanto riguarda la cooperazione internazionale gli indicatori di S&T mostrano che la comunità accademica croata ha le capacità per una maggiore partecipazione nei programmi internazionali.

Ma se vuole profittare delle sue capacità potenziali e integrarsi pienamente nello spazio europeo della ricerca, la Croazia deve investire i suoi fondi per la ricerca in modo di gran lunga più efficiente. Nel 2003, ad esempio, solo il 15% del bilancio totale del Ministero è stato speso per finanziare progetti di ricerca mentre la maggior parte dei fondi è stata usata per pagare gli stipendi.

dall'ITALIA

La riforma del sistema energetico

LA RIFORMA DEL SISTEMA ENERGETICO

Con la pubblicazione sulla G.U. n. 215 del 13 settembre, il decreto "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" è diventata legge. Sono state necessarie due doppie letture, da parte del Parlamento e la presentazione da parte del Governo di un maxi-emendamento, sul quale è stata posta la fiducia, per concludere l'iter del provvedimento che è entrato in vigore il 28 settembre scorso. La legge così approvata si compone di un solo articolo e di 121 commi. Analizzando gli aspetti salienti della riforma si evidenzia che: i primi dieci commi disciplinano gli aspetti amministrativi, quali i rapporti tra lo Stato e le Regioni, e i principi gui-

da ispiratori, quali la garanzia della sicurezza negli approvvigionamenti, la promozione del funzionamento unitario dei mercati dell'energia, lo sviluppo del sistema o il miglioramento della sostenibilità ambientale dell'energia; il rispetto degli impegni assunti per ridurre i gas ad effetto serra, la promozione dell'uso delle energie rinnovabili nonché la promozione della ricerca e l'innovazione tecnologica in campo energetico.

A seguire, la legge disciplina i nuovi compiti e il ruolo dell'Autorità per l'Energia elettrica ed il Gas e prevede incentivi per i soggetti che investono nella realizzazione di nuove infrastrutture internazionali di interconnessione, sia europee che extraeuropee, per l'importazione di gas naturale. Tali soggetti hanno diritto ad una quota pari all'80% della nuova capacità realizzata per un periodo di esclusiva di venti anni, con limitazioni nel caso di impedimento agli operatori di svolgere gli obblighi di servizio pubblico. È compito dell'Autorità disciplinare l'accesso al restante 20% di capacità.

Sono anche previste misure sblocca-reti, al fine di garantire la sicurezza del sistema energetico e la concorrenza nel settore ed è stata inserita una clausola che in caso di operazioni di concentrazione di imprese con partecipazione di società estere appartenenti a Paesi UE, quando non sussistano garanzie di reciprocità, abilita il Presidente del Consiglio a definire condizioni e vincoli a salvaguardia della sicurezza energetica nazionale.

Altre norme fondamentali sono inserite per la completa liberalizzazione del mercato elettrico a partire dal 1° luglio 2007: da quella data infatti sarà cliente idoneo ogni utente singolo finale, quindi anche domestico.

Il comma 36 fissa gli indennizzi previsti per le Regioni da parte dei proprietari di nuovi impianti di produzione con potenza non inferiore a 300 MW: la Regione percepisce 0,20 euro per ogni MWh di ener-

gia elettrica prodotta, e ridistribuirà tali risorse ai Comuni e alla Provincia interessata.

Il comma 42 prevede che: "i produttori nazionali di energia elettrica possono, eventualmente in compartecipazione con imprese di altri paesi, svolgere attività di realizzazione e di esercizio di impianti localizzati all'estero, anche al fine di importarne l'energia prodotta". Ulteriori norme sono finalizzate alla promozione e allo sviluppo delle fonti rinnovabili. Sono possibili accordi di programma tra il Ministero delle Attività Produttive, gli operatori, gli istituti di ricerca e le Regioni interessate, per la ricerca e l'utilizzo di tecnologie avanzate, ambientalmente sostenibili, per la produzione di energia elettrica. Il comma 76 prevede un accordo di programma tra il Ministero delle Attività Produttive e l'ENEA per la diffusione delle fonti rinnovabili e dell'efficienza negli usi finali dell'energia. Inoltre il comma 71 prevede l'emissione di certificati verdi per l'energia elettrica prodotta con l'utilizzo di idrogeno, ovvero con celle a combustibile.

I commi dal numero 99 al 106 disciplinano il ruolo della SOGIN alla quale è demandata la messa in sicurezza e lo stoccaggio provvisorio dei rifiuti radioattivi di III categoria secondo le modalità previste per quelli di I e II dal decreto n. 314 del 2003. Vengono ampliate le competenze della stessa SOGIN, che d'ora in poi potrà svolgere attività di ricerca, consulenza, assistenza e servizio in tutti i settori attinenti all'oggetto sociale, con particolare attenzione al campo energetico, nucleare, ambientale anche svolte all'estero. Sono previste sanzioni e ammende per l'omesso conferimento da parte del produttore o detentore dei rifiuti radioattivi.

L'ultimo comma delega il Governo ad adottare, entro due anni, uno o più decreti legislativi per il riassetto delle disposizioni vigenti nel settore dell'energia, in aderenza alla normativa comunitaria, promozione della concorrenza e innovazione tecnologica. **Marco Franza**

cronache



dall'ENEA

Graduatorie
di concorsi ENEA

ne di progetti complessi nel settore dei materiali polimerici e dei materiali compositi a matrice polimerica

- | | |
|------------------------|-------|
| 1. Schwarz Massimo | 51,00 |
| 2. Dautzenberg Geertje | 44,35 |
| 3. Fratoddi Ilaria | 42,00 |
| 4. D'Amato Rosaria | 41,65 |

Posizione P03

n. 1 laureato in chimica e tecnologie farmaceutiche o laureato in farmacia con esperienza post-lauream di almeno sei anni nelle tecnologie e nei processi di estrazione e purificazione di biomolecole di origine vegetale

- | | |
|----------------------|-------|
| 1. Maccioni Oliviero | 45,58 |
|----------------------|-------|

Posizione P04

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno sei anni sulle problematiche della interazione fra gas e materia, con particolare riguardo all'idrogeno, anche mediante lo sviluppo e la messa a punto delle relative metodologie sperimentali

- | | |
|---------------------|-------|
| 1. Serra Emanuele | 46,20 |
| 2. Binetti Marcello | 33,25 |

Posizione P05

n. 1 laureato in architettura con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dello sviluppo e integrazione dei sistemi fotovoltaici in edilizia

- | | |
|-----------------------------|-------|
| 1. Scogliamiglio Alessandra | 45,30 |
| 2. Ferro Patricia Cristina | 38,30 |
| 3. Romano Paolo | 32,50 |
| 4. Parlavecchio Maria Luisa | 32,30 |
| 5. Vecchio Emanuela | 30,40 |

Posizione P06

n. 1 laureato in architettura con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della applicazione di controlli non distruttivi per la diagnosi dello stato di conservazione strutture civili e studio di soluzioni innovative per l'adeguamento sismico

- | | |
|-------------------------|-------|
| 1. Clemente Rocco Luigi | 46,70 |
| 2. Niglio Mariella | 45,50 |
| 3. Volpe Rossella | 41,30 |
| 4. Passarello Vincenzo | 40,35 |
| 5. Bardelli Maria Elena | 36,70 |

Posizione P07

n. 1 laureato in architettura con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di sistemi informativi territoriali rivolti, in particolare alle problematiche relative alla vulnerabilità sismica e studio di soluzioni innovative per l'adeguamento sismico

- | | |
|-----------------------|-------|
| 1. Tundo Antonella | 49,30 |
| 2. Malerba Alessandro | 30,20 |

Posizione P08

n. 1 laureato in chimica con esperien-

za post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di materiali e componenti per celle a combustibile e/o batterie e nell'impiego di tecniche elettroanalitiche per la loro caratterizzazione

- | | |
|---------------------------------|-------|
| 1. Appetecchi Giovanni Battista | 52,50 |
|---------------------------------|-------|

Posizione P09

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di processi sol-gel per coating e/o sintesi di polveri ceramiche anche nanometriche e relativa caratterizzazione chimico-fisico strutturale

- | | |
|-----------------------|-------|
| 1. Mingazzini Claudio | 51,75 |
| 2. Licheri Roberta | 44,85 |
| 3. Loffredo Fausta | 41,55 |
| 4. Antinucci Simona | 41,35 |
| 5. Vecchi Tiziano | 29,50 |

Posizione P10

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle analisi di elementi in traccia in matrici ambientali con tecniche ICP/MS, ICP/OES e voltammetriche

- | | |
|--------------------------|-------|
| 1. Vastarella Walter | 41,28 |
| 2. Nardi Elisa | 39,27 |
| 3. Montereali Maria Rita | 36,72 |
| 4. Ielpo Pierina | 35,35 |
| 5. Frazzoli Chiara | 34,23 |

Posizione P11

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di metodologie analitiche, chimiche e radiometriche per la caratterizzazione di rifiuti radioattivi

- | | |
|-----------------------|-------|
| 1. Bilancia Gianmarco | 45,16 |
|-----------------------|-------|

Posizione P12

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo e utilizzo dei codici Montecarlo applicati al trasporto di particelle; sono richieste preferibilmente conoscenze nel campo della fisica del reattore e della fisica medica

- | | |
|-----------------------|-------|
| 1. Santagata Alfonso | 44,90 |
| 2. Ottaviano Giuseppe | 40,80 |
| 3. Monastra Stefano | 36,20 |

Posizione P13

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle disposizioni di film sottili e relativa caratterizzazione preferibilmente con riferimento al campo della superconduttività

- | | |
|------------------------|-------|
| 1. Rufoloni Alessandro | 46,30 |
| 2. Pomozi Andrea | 38,00 |

Posizione P14

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo ed utilizzo di codici di cal-

GRADUATORIE DI CONCORSI ENEA

Graduatoria di merito della selezione per il reclutamento di n. 70 unità di personale laureato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 26 settembre 2003 - 4ª serie speciale "concorsi ed esami" n. 75)

*(in sessantesimi)***Posizione P01**

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno sei anni nel campo delle tecnologie e dei processi del settore agro-alimentare, con specifico riferimento alla gestione di impianti sperimentali

- | | |
|------------------------|-------|
| 1. Nobili Sergio Maria | 46,20 |
|------------------------|-------|

Posizione P02

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno sei anni in attività di ricerca sviluppo e gestio-

colo per lo studio di configurazioni di plasmii a confinamento magnetico

1. Ramogida Giuseppe 44,50

Posizione P15

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dei sistemi di supervisione nel campo della robotica

1. Dell'Erba Ramiro 46,75

Posizione P16

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dell'elettronica o robotica o scienze dell'informazione finalizzata allo sviluppo e realizzazione di sistemi e servizi innovativi per i disabili

1. Zanela Andrea 48,00

Posizione P17

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo ed analisi di modelli numerici per lo studio della circolazione marina e la dinamica dell'atmosfera

1. Di Rocco Domenico 46,40

Posizione P18

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello studio ed impiego di sistemi operativi di osservazione ed analisi di dati oceanografici

1. Reseghetti Franco 41,48

Posizione P19

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione e produzione di trattamenti ottici per laser

1. Menchini Francesca 43,95

Posizione P20

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle diagnostiche laser di tipo spettroscopico e metrologico; sono richieste preferibilmente conoscenze nello sviluppo e applicazione di spettroscopia laser IR e laser non lineari (PS, CARDS e DFWM)

1. De Dominicis Luigi 53,15
2. D'Amore Franco 41,75

Posizione P21

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle diagnostiche laser di tipo spettroscopico su gas e plasmii; sono richieste preferibilmente conoscenze sulle tecniche LIF e LIBS per utilizzo locale e semiremoto

1. Lazic Violeta 49,15

Posizione P22

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel

campo della metrologia ottica con particolare riferimento alle tecniche laser applicate alla visione artificiale e ricostruzione di immagini 3D

1. Ricci Roberto 50,75

Posizione P23

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione di impianti per l'accelerazione di particelle cariche e delle relative misure dosimetriche

1. Orlandi Gian Luca 44,50
2. Mazzuca Roberta 43,15

Posizione P24

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione, realizzazione e caratterizzazione di componenti ottici

1. Krassil Nicova Anna 54,45
2. Grilli Maria Luisa 45,80
3. Piantanida Giovanna 36,55

Posizione P25

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nella caratterizzazione di materiali sottoposti ad irraggiamento con radiazioni ionizzanti

1. Cecilia Angelica 49,25
2. Pucella Gianluca 41,70
3. Oliva Cecilia 32,55

Posizione P26

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nella caratterizzazione di materiali mediante diagnostiche basate su interazioni con radiazioni elettromagnetiche (laser, raggi X)

1. Fabbri Fabio 49,60
2. Arcari Andrea 37,50
3. Clemente Francesca 36,25
4. Angiolini Massimo Emilio 33,80

Posizione P27

n. 1 laureato in fisica o laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione neutronica del nocciolo con codici Montecarlo e deterministici per sistemi sottocritici pilotati da acceleratore (ADS)

1. Sarotto Massimo 48,70
2. Nava Elisabetta 46,00
3. Mercatali Luigi 43,80

Posizione P28

n. 1 laureato in fisica o laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni in attività finalizzate allo smantellamento di impianti nucleari del ciclo del combustibile ed alla costruzione ed esercizio

di impianti di solidificazione dei rifiuti radioattivi

1. De Simone Maria Angela 50,40

Posizione P29

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione impiantistica, ingegnerizzazione e sviluppo tecnologico di processi innovativi a membrana applicati al trattamento di reflui urbani e/o industriali

1. Ferraris Marco 38,15

Posizione P30

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione, realizzazione di impianti innovativi per il trattamento di sedimenti contaminati da reflui: tessili; sono richieste preferibilmente conoscenze in metodiche respirometriche per la valutazione della biodegradabilità e della tossicità

1. Giordano Andrea 47,93

Posizione P31

n. 2 laureati in ingegneria per l'ambiente e il territorio o laureati in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della ricerca per lo sviluppo di banche dati per LCA con conoscenza dei software SimaPro, Team, Wizard

1. Rinaldi Caterina 47,30

Posizione P32

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio o laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo del trattamento e depurazione di reflui

1. Petta Luigi 45,30
2. Crisci David 43,70
3. Giannini Luca 42,10
4. Ciccia Salvatore 38,90

Posizione P33

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio o laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di metodologie per l'individuazione delle aree sensibili alla desertificazione anche mediante l'elaborazione e gestione di dati telerilevati da satellite

1. Giordano Ludovica 44,70
2. Trotta Claudia 37,85
3. Urbano Ferdinando 37,55
4. La Mantia Claudio 33,04
5. Saibene Daniele 30,42

Posizione P34

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio o laureato in scienze

ze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della modellistica numerica per la valutazione del rischio idrogeologico e progettazione di sistemi di monitoraggio

1. Agostini Guia 49,70
2. Zuccaro Giorgio 46,27
3. Spizzichino Daniele 40,73
4. Giosa Luciana 34,94
5. Ioiò Caterina 32,94
6. Coviello Maria Teresa 29,96

Posizione P35

n. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione e gestione di impianti chimici per la produzione di idrogeno e definizione e sviluppo dei relativi sistemi di controllo e sicurezza

1. Monteleone Giulia 48,10

Posizione P36

n. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo di processi e tecnologie di recupero energetico da rifiuti e riutilizzo dei residui

1. Cafiero Lorenzo Maria 45,75
2. Vivarelli Silvia 41,03
3. Di Costanzo Sibilla Adele 28,75

Posizione P37

n. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della qualificazione e caratterizzazione di materiali e processi di condizionamento di rifiuti radioattivi

1. Carpentiero Rita 46,05

Posizione P38

n. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dei processi termochimici avanzati

Mancanza di candidati idonei

Posizione P39

n. 1 laureato in ingegneria chimica o laureato in chimica o laureato in chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della cinetica chimica inorganica e delle tecniche di misura connesse ai processi termochimici

1. Liberatore Raffaele 42,90
2. Bellucci Alessandra 41,20
3. Dell'Era Alessandro 31,10

Posizione P40

n. 1 laureato in ingegneria civile o laureato in ingegneria edile con esperienza post-lauream di almeno due anni nella progettazione, direzione lavori e collaudi di edifici preferibilmente con destinazione d'uso "uffici-laboratori", della relativa impiantistica

1. Cignarella Andrea 47,70
2. Di Falco Innocenzo 45,70
3. Farinelli Romana 44,70
4. Dall'Aglio Fabio 43,40
5. Mancuso Pietro 42,80
6. Fogliano Cristiano 39,90
7. Pecora Luigi Maurizio 39,40
8. Menditti Giovanni 36,70
9. Gaglione Luigi 35,60
10. Montevago Gaetano 35,30
11. Trapanese Francesco 33,45
12. Carboni Daniela 32,80
13. Panzacchi Luca 32,00
14. Sofia Antonio 29,60

Posizione P41

n. 1 laureato in ingegneria edile o laureato in ingegneria per l'ambiente ed il territorio con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della valutazione delle problematiche energetiche e/o ambientali di immobili adibiti ad uso civile

1. Spinello Andrea 49,60
2. Fontana Lucia 40,40
3. Parrino Enza Anna 38,75
4. Millesimi Fabio 32,95
5. Gambino Antonino 30,50

Posizione P42

n. 1 laureato in ingegneria elettrica o laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione di sistemi di supervisione e controllo di impianti solari termodinamici

1. Gaggioli Walter 40,55

Posizione P43

n. 1 laureato in ingegneria elettrica o laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno due anni nella progettazione e sperimentazione di sistemi fotovoltaici

1. Graditi Giorgio 46,00

Posizione P44

n. 1 laureato in ingegneria elettrica o laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della caratterizzazione in camera anecoica della compatibilità elettromagnetica di prototipi e prodotti commerciali; sono richieste preferibilmente conoscenze di modellazione della emissione e propagazione di campi elettromagnetici

1. Moro Alberto 44,00
2. Serra Enrico 40,30

Posizione P45

n. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dell'elaborazione di immagini con i principali linguaggi di programmazione e nel-

la messa a punto di procedure e schede di controllo per la riproduzione delle immagini

1. Alonge Giuseppe 47,80
2. Longobardi Salvatore 37,50
3. Silvestre Giuseppe 36,25
4. Marrazzo Massimo 33,70

Posizione P46

n. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della messa a punto ed applicazione di tecniche diagnostiche di controllo non distruttivo di componenti complessi

1. Lazzaroni Federico 46,90

Posizione P47

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione di componenti per impianti solari termodinamici

1. Nicolini Daniele 46,50

Posizione P48

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dello sviluppo di prototipi elettromeccanici automatizzati

1. Fiorenza Giuseppe 46,15
2. Canneto Giuseppe 42,85
3. Stecconi Guido 41,50
4. Balsamo Daniele 39,70
5. Pastore Giuseppe 38,43
6. Silvestrin Gian Domenico 37,70
7. Sebastianelli Alessandro 31,70

Posizione P49

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle attività di trasferimento tecnologico preferibilmente nel campo della Prototipazione Rapida e del Reverse Engineering

1. Petronilli Sergio 48,20
2. Vighi Alessandro 45,35
3. Vigolo Marco 43,80

Posizione P50

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle attività relative alle tematiche di Efficienza Energetica e Compatibilità Ambientale di Impianti Industriali

1. Ferrero Ennio 43,33
2. Di Santo Dario 41,40
3. Brunelli Ulderico 34,50

Posizione P51

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo ed ingegnerizzazione di processi termici di

pirolisi, gassificazione e termodistruzione di rifiuti-reflui

1. Cardiello Domenico 43,90
2. Di Lernia Gianni 41,00

Posizione P52

n. 1 laureato in ingegneria meccanica o laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione e realizzazione di apparati di manutenzione remotizzata con particolare riferimento alle problematiche delle macchine Tokamak

Mancanza di candidati idonei

Posizione P53

n. 1 laureato in ingegneria meccanica o laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della ricerca sperimentale termofluidodinamica in condizioni non convenzionali (microscala e/o assenza di gravità)

1. Zummo Giuseppe 53,30
2. Russo Valeria 38,30
3. Gervasi Marco 37,60

Posizione P54

n. 1 laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione e sviluppo di combustibili mirati alla chiusura del ciclo nucleare e nelle analisi termomeccaniche della barretta di combustibile

1. Calabrese Rolando 49,75
2. Corleoni Francesco 40,65

Posizione P55

n. 1 laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della sicurezza e dell'analisi di transitori operativi e sequenze incidentali di reattore e nello sviluppo e validazione di codici di dinamica di impianto

1. Forgione Nicola 50,10
2. Mattioda Fulvio 49,40

Posizione P56

n. 1 laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nella conduzione e messa a punto di tecniche analitiche strumentali per la caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi

Mancanza di candidati idonei.

Posizione P57

n. 1 laureato in ingegneria nucleare o laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel trattamento e condizionamento dei rifiuti radioattivi, analisi di sicurezza nucleare e convenzionale e calcoli di criticità e di schermaggio

Mancanza di candidati idonei.

Posizione P58

n. 1 laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo ed analisi di dati territoriali ambientali in relazione alle interazioni fra variazioni della linea di costa e dinamiche dei bacini imbriferi

1. De Bonis Piero 44,90
2. Parrella Luisa 33,82

Posizione P59

n. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nell'analisi e nello studio dei processi biogeochimici in ambiente marino mediante l'uso di traccianti

1. Tangherlini Michele 43,80
2. Targa Cristina 41,25

Posizione P60

n. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della caratterizzazione di consorzi microbici e analisi biochimiche

1. Alisi Chiara 53,90
2. Segre Lia 51,34
3. Tasso Flavia 41,45
4. Di Bartolo Ilaria 40,96
5. Giliberti Gabriele 39,74
6. Fiore Alessia 36,71

Posizione P61

n. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo del trattamento di sedimenti contaminati da processi anaerobici di trattamento di reflui agroindustriali e zootecnici; sono richieste preferibilmente conoscenze di metodiche analitiche strumentali per la caratterizzazione delle acque di scarico

1. Grilli Selene 43,01
2. Peretto Fiorella 37,35

Posizione P62

n. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nell'analisi e sviluppo di indicatori di impatto degli inquinanti atmosferici sugli ecosistemi e loro mappatura

1. De Marco Alessandra 50,30
2. Macchiaroli Claudia 44,20
3. Reale Lucia 42,30
4. Bianco Maria 37,90
5. Pelosi Danilo 33,60
6. Alessio Giorgio Arturo 29,25

Posizione P63

n. 1 laureato in scienze biologiche o laureato in scienze agrarie con esperienza post-lauream di almeno due anni nell'utilizzo di tecniche di biologia cellulare e molecolare per studi di genomica

1. Morgues Fabienne Claude 47,80
2. Moliterni Vita M. Cristiana 44,68
3. Di Masso Ettore 43,30
4. Santovito Alfredo 42,74
5. Monaci Linda 40,42
6. Giliberto Leonardo 40,07
7. Siragusa Mirko 35,01
8. Arbia Stefania 34,78
9. De Vivo Alessandro 34,36
10. Bellini Alessandro 33,43
11. Chiancone Benedetta 33,26
12. Migliaro Angelo 31,71

Posizione P64

n. 1 laureato in scienze biologiche o laureato in biotecnologie o laureato in scienze agrarie o laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di metodologie molecolari ed "in silico" per la genomica funzionale e/o la proteomica

1. Pasquo Alessandra 50,00
2. Arcangeli Caterina 47,80
3. Testa Antonino 45,96
4. Caserta Enrico 43,11
5. Capodicasa Cristina 42,67
6. Altobelli Gioia 40,08
7. Vari Rosaria 32,66
8. Di Benedetto Roberta 31,76

Posizione P65

n. 1 laureato in scienze naturali con esperienza post-lauream di almeno due anni nella gestione di progetti sull'uso sostenibile delle componenti biotiche relative alle tematiche di carattere globale (biodiversità, desertificazione, ecc.) in ecosistemi fragili dell'area mediterranea

1. Massini Giulia 48,58
2. Scalercio Stefano 45,05
3. Di Dio Vincenzo 43,65
4. Monello Felice 40,12
5. De Pisi Ermanno 39,35
6. Gomei Marina 35,48
7. Martucci Oriana 33,82
8. Rossato Claudia 31,60

Posizione P66

n. 1 laureato in scienze politiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle attività di politica di ricerca internazionale e dell'Unione europea, maturata preferibilmente presso Enti pubblici di ricerca

1. Vullo Loredana 47,00
2. Diana Valentina 39,10
3. Damiani Fabrizio 38,40
4. Gargiulo Silvana 37,30
5. Circelli Raffaella 33,47

Posizione P67

n. 1 laureato in scienze dell'Informazione con esperienza post-lauream di almeno due anni nella progettazione e sviluppo di sistemi informativi per la gestione e lo studio dell'ambiente marino e costiero

1. Pecci Leda 42,55
2. Pannicelli Alessandro 39,00

Posizione P68

n. 2 laureati in sociologia o laureati in economia e commercio con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della valutazione di processi di innovazione tecnologica nei sistemi economici e nell'analisi della crescita economica e del commercio internazionale

1. Coletta Gaetano
nato il 30.1.1971 48,80
Zini Alessandro
nato l'8.11.1965 48,80
3. Aguglia Laura 43,70
4. Piacentino Davide 42,07
5. Vernesi Fabrizio 41,05
6. Antimiani Alessandro 40,50

Graduatoria definitiva della selezione per il reclutamento di n. 70 unità di personale laureato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 26 settembre 2003 - 4ª serie speciale "concorsi ed esami" n. 75)

Posizione P01

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno sei anni nel campo delle tecnologie e dei processi del settore agro-alimentare, con specifico riferimento alla gestione di impianti sperimentali

1. Nobili Sergio Maria

Posizione P02

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno sei anni in attività di ricerca sviluppo e gestione di progetti complessi nel settore dei materiali polimerici e dei materiali compositi a matrice polimerica

1. Schwarz Massimo
2. Dautzenberg Geertje
3. Fratoddi Ilaria
4. D'amato Rosaria

Posizione P03

n. 1 laureato in chimica e tecnologie farmaceutiche o laureato in farmacia con esperienza post-lauream di almeno sei anni nelle tecnologie e nei processi di estrazione e purificazione di biomolecole di origine vegetale

1. Maccioni Oliviero

Posizione P04

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno sei anni sulle problematiche della interazione fra gas e materia, con particolare riguardo all'idrogeno, anche mediante lo sviluppo e la messa a punto delle relative metodologie sperimentali

1. Serra Emanuele
2. Binetti Marcello

Posizione P05

n. 1 laureato in architettura con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dello sviluppo e integrazione dei sistemi fotovoltaici in edilizia

1. Scogliamiglio Alessandra
2. Ferro Patricia Cristina
3. Romano Paolo
4. Parlavecchio Maria Luisa
5. Vecchio Emanuela

Posizione P06

n. 1 laureato in architettura con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della applicazione di controlli non distruttivi per la diagnosi dello stato di conservazione strutture civili e studio di soluzioni innovative per l'adeguamento sismico

1. Clemente Rocco Luigi
2. Niglio Mariella
3. Volpe Rossella
4. Passarello Vincenzo
5. Bardelli Maria Elena

Posizione P07

n. 1 laureato in architettura con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di sistemi informativi territoriali rivolti, in particolare alle problematiche relative alla vulnerabilità sismica e studio di soluzioni innovative per l'adeguamento sismico

1. Tundo Antonella
2. Malerba Alessandro

Posizione P08

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di materiali e componenti per celle a combustibile e/o batterie e nell'impiego di tecniche elettroanalitiche per la loro caratterizzazione

1. Appetecchi Giovanni Battista

Posizione P09

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di processi sol-gel per coating e/o sintesi di polveri ceramiche anche nanometriche e relativa caratterizzazione chimico-fisico strutturale

1. Mingazzini Claudio
2. Licheri Roberta

3. Loffredo Fausta
4. Antinucci Simona
5. Vecchi Tiziano

Posizione P10

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle analisi di elementi in traccia in matrici ambientali con tecniche ICP/MS, ICP/OES e voltammetriche

1. Vastarella Walter
2. Nardi Elisa
3. Montereali Maria Rita
4. Ielpo Pierina
5. Frazzoli Chiara

Posizione P11

n. 1 laureato in chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di metodologie analitiche, chimiche e radiometriche per la caratterizzazione di rifiuti radioattivi

1. Bilancia Gianmarco

Posizione P12

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo e utilizzo dei codici Montecarlo applicati al trasporto di particelle; sono richieste preferibilmente conoscenze nel campo della fisica del reattore e della fisica medica

1. Santagata Alfonso
2. Ottaviano Giuseppe
3. Monastra Stefano

Posizione P13

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle disposizioni di film sottili e relativa caratterizzazione preferibilmente con riferimento al campo della superconduttività

1. Rufoloni Alessandro
2. Pomozzi Andrea

Posizione P14

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo ed utilizzo di codici di calcolo per lo studio di configurazioni di plasmi a confinamento magnetico

1. Ramogida Giuseppe

Posizione P15

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dei sistemi di supervisione nel campo della robotica

1. Dell'erba Ramiro

Posizione P16

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dell'elettronica o robotica o scienze dell'informazione finalizzata

allo sviluppo e realizzazione di sistemi e servizi innovativi per i disabili

1. Zanela Andrea

Posizione P17

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo ed analisi di modelli numerici per lo studio della circolazione marina e la dinamica dell'atmosfera

1. Di Rocco Domenico

Posizione P18

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello studio ed impiego di sistemi operativi di osservazione ed analisi di dati oceanografici

1. Reseghetti Franco

Posizione P19

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione e produzione di trattamenti ottici per laser

1. Menchini Francesca

Posizione P20

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle diagnostiche laser di tipo spettroscopico e metrologico; sono richieste preferibilmente conoscenze nello sviluppo e applicazione di spettroscopia laser IR e laser non lineari (PS, CARDS e DFWM)

1. De Dominicis Luigi
2. D'Amore Franco

Posizione P21

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle diagnostiche laser di tipo spettroscopico su gas e plasmii; sono richieste preferibilmente conoscenze sulle tecniche LIF e LIBS per utilizzo locale e semiremoto

1. Lazic Violeta

Posizione P22

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della metrologia ottica con particolare riferimento alle tecniche laser applicate alla visione artificiale e ricostruzione di immagini 3D

1. Ricci Roberto

Posizione P23

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione di impianti per l'accelerazione di particelle cariche e delle relative misure dosimetriche

1. Orlandi Gian Luca
2. Mazzuca Roberta

Posizione P24

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione, realizzazione e caratterizzazione di componenti ottici.

1. Krassil Nicova Anna
2. Grilli Maria Luisa
3. Piantanida Giovanna

Posizione P25

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nella caratterizzazione di materiali sottoposti ad irraggiamento con radiazioni ionizzanti

1. Cecilia Angelica
2. Pucella Gianluca
3. Oliva Cecilia

Posizione P26

n. 1 laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nella caratterizzazione di materiali mediante diagnostiche basate su interazioni con radiazioni elettromagnetiche (laser, raggi X)

1. Fabbri Fabio
2. Arcari Andrea
3. Clemente Francesca
4. Angiolini Massimo Emilio

Posizione P27

n. 1 laureato in fisica o laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione neutronica del nocciolo con codici Montecarlo e deterministici per sistemi sottocritici pilotati da acceleratore (ADS)

1. Sarotto Massimo
2. Nava Elisabetta
3. Mercatali Luigi

Posizione P28

n. 1 laureato in fisica o laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni in attività finalizzate allo smantellamento di impianti nucleari del ciclo del combustibile ed alla costruzione ed esercizio di impianti di solidificazione dei rifiuti radioattivi

1. De Simone Maria Angela

Posizione P29

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione impiantistica, ingegnerizzazione e sviluppo tecnologico di processi innovativi a membrana applicati al trattamento di reflui urbani e/o industriali

1. Ferraris Marco

Posizione P30

n. 1 laureato in ingegneria per l'am-

biente e il territorio con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione, realizzazione di impianti innovativi per il trattamento di sedimenti contaminati da reflui: tessili; sono richieste preferibilmente conoscenze in metodiche respirometriche per la valutazione della biodegradabilità e della tossicità

1. Giordano Andrea

Posizione P31

n. 2 laureati in ingegneria per l'ambiente e il territorio o laureati in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della ricerca per lo sviluppo di banche dati per LCA con conoscenza dei software SimaPro, Team, Wizard

1. Rinaldi Caterina

Posizione P32

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio o laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo del trattamento e depurazione di reflui

1. Petta Luigi
2. Crisci David
3. Giannini Luca
4. Ciccia Salvatore

Posizione P33

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio o laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di metodologie per l'individuazione delle aree sensibili alla desertificazione anche mediante l'elaborazione e gestione di dati telerilevati da satellite

1. Giordano Ludovica
2. Trotta Claudia
3. Urbano Ferdinando
4. La Mantia Claudio
5. Saibene Daniele

Posizione P34

n. 1 laureato in ingegneria per l'ambiente e il territorio o laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della modellistica numerica per la valutazione del rischio idrogeologico e progettazione di sistemi di monitoraggio

1. Agostini Guia
2. Zuccaro Giorgio
3. Spizzichino Daniele
4. Giosa Luciana
5. Ioiò Caterina
6. Coviello Maria Teresa

Posizione P35

n. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di alme-

no due anni nel campo della progettazione e gestione di impianti chimici per la produzione di idrogeno e definizione e sviluppo dei relativi sistemi di controllo e sicurezza

1. Monteleone Giulia

Posizione P36

n. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo di processi e tecnologie di recupero energetico da rifiuti e riutilizzo dei residui

1. Cafiero Lorenzo Maria
2. Vivarelli Silvia
3. Di Costanzo Sibilla Adele

Posizione P37

n. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della qualificazione e caratterizzazione di materiali e processi di condizionamento di rifiuti radioattivi

1. Carpentiero Rita

Posizione P38

n. 1 laureato in ingegneria chimica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dei processi termochimici avanzati

Mancanza di candidati idonei

Posizione P39

n. 1 laureato in ingegneria chimica o laureato in chimica o laureato in chimica industriale con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della cinetica chimica inorganica e delle tecniche di misura connesse ai processi termochimici

1. Liberatore Raffaele
2. Bellucci Alessandra
3. Dell'era Alessandro

Posizione P40

n. 1 laureato in ingegneria civile o laureato in ingegneria edile con esperienza post-lauream di almeno due anni nella progettazione, direzione lavori e collaudi di edifici preferibilmente con destinazione d'uso "uffici-laboratori", della relativa impiantistica

1. Cignarella Andrea
2. Di Falco Innocenzo
3. Farinelli Romana
4. Dall'Aglio Fabio
5. Mancuso Pietro
6. Fogliano Cristiano
7. Pecora Luigi Maurizio
8. Menditti Giovanni
9. Gaglione Luigi
10. Montevago Gaetano
11. Trapanese Francesco
12. Carboni Daniela

13. Panzacchi Luca

14. Sofia Antonio

Posizione P41

n. 1 laureato in ingegneria edile o laureato in ingegneria per l'ambiente ed il territorio con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della valutazione delle problematiche energetiche e/o ambientali di immobili adibiti ad uso civile

1. Spinello Andrea
2. Fontana Lucia
3. Parrino Enza Anna
4. Millesimi Fabio
5. Gambino Antonino

Posizione P42

n. 1 laureato in ingegneria elettrica o laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione di sistemi di supervisione e controllo di impianti solari termodinamici

1. Gaggioli Walter

Posizione P43

n. 1 laureato in ingegneria elettrica o laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno due anni nella progettazione e sperimentazione di sistemi fotovoltaici

1. Graditi Giorgio

Posizione P44

n. 1 laureato in ingegneria elettrica o laureato in ingegneria elettrotecnica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della caratterizzazione in camera anecoica della compatibilità elettromagnetica di prototipi e prodotti commerciali; sono richieste preferibilmente conoscenze di modellazione della emissione e propagazione di campi elettromagnetici

1. Moro Alberto
2. Serra Enrico

Posizione P45

n. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dell'elaborazione di immagini con i principali linguaggi di programmazione e nella messa a punto di procedure e schede di controllo per la riproduzione delle immagini

1. Alonge Giuseppe
2. Longobardi Salvatore
3. Silvestre Giuseppe
4. Marrazzo Massimo

Posizione P46

n. 1 laureato in ingegneria elettronica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della mes-

sa a punto ed applicazione di tecniche diagnostiche di controllo non distruttivo di componenti complessi

1. Lazzaroni Federico

Posizione P47

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione di componenti per impianti solari termodinamici

1. Nicolini Daniele

Posizione P48

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo dello sviluppo di prototipi elettromeccanici automatizzati

1. Fiorenza Giuseppe
2. Canneto Giuseppe
3. Stecconi Guido
4. Balsamo Daniele
5. Pastore Giuseppe
6. Silvestrin Gian Domenico
7. Sebastianelli Alessandro

Posizione P49

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle attività di trasferimento tecnologico preferibilmente nel campo della Prototipazione Rapida e del Reverse Engineering

1. Petronilli Sergio
2. Vighi Alessandro
3. Vigolo Marco

Posizione P50

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle attività relative alle tematiche di Efficienza Energetica e Compatibilità Ambientale di Impianti Industriali

1. Ferrero Ennio
2. Di Santo Dario
3. Brunelli Ulderico

Posizione P51

n. 1 laureato in ingegneria meccanica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo ed ingegnerizzazione di processi termici di pirolisi, gassificazione e termodistruzione di rifiuti-reflui

1. Cardiello Domenico
2. Di Lernia Gianni

Posizione P52

n. 1 laureato in ingegneria meccanica o laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione e realizzazione di apparati di manutenzione remotizzata con parti-

colare riferimento alle problematiche delle macchine Tokamak

Mancanza di candidati idonei

Posizione P53

n. 1 laureato in ingegneria meccanica o laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della ricerca sperimentale termofluidodinamica in condizioni non convenzionali (microscala e/o assenza di gravità)

1. Zummo Giuseppe
2. Russo Valeria
3. Gervasi Marco

Posizione P54

n. 1 laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della progettazione e sviluppo di combustibili mirati alla chiusura del ciclo nucleare e nelle analisi termomeccaniche della barretta di combustibile

1. Calabrese Rolando
2. Corleoni Francesco

Posizione P55

n. 1 laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della sicurezza e dell'analisi di transitori operativi e sequenze incidentali di reattore e nello sviluppo e validazione di codici di dinamica di impianto

1. Forgione Nicola
2. Mattioda Fulvio

Posizione P56

n. 1 laureato in ingegneria nucleare con esperienza post-lauream di almeno due anni nella conduzione e messa a punto di tecniche analitiche strumentali per la caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi

Mancanza di candidati idonei.

Posizione P57

n. 1 laureato in ingegneria nucleare o laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nel trattamento e condizionamento dei rifiuti radioattivi, analisi di sicurezza nucleare e convenzionale e calcoli di criticità e di schermaggio

Mancanza di candidati idonei.

Posizione P58

n. 1 laureato in scienze ambientali con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo ed analisi di dati territoriali ambientali in relazione alle interazioni fra variazioni della linea di costa e dinamiche dei bacini imbriferi

1. De Bonis Piero
2. Parrella Luisa

Posizione P59

n. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nell'analisi e nello studio dei processi biogeochimici in ambiente marino mediante l'uso di traccianti

1. Tangherlini Michele
2. Targa Cristina

Posizione P60

n. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo della caratterizzazione di consorzi microbici e analisi biochimiche

1. Alisi Chiara
2. Segre Lia
3. Tasso Flavia
4. Di Bartolo Ilaria
5. Giliberti Gabriele
6. Fiore Alessia

Posizione P61

n. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo del trattamento di sedimenti contaminati da processi anaerobici di trattamento di reflui agroindustriali e zootecnici; sono richieste preferibilmente conoscenze di metodiche analitiche strumentali per la caratterizzazione delle acque di scarico

1. Grilli Selene
2. Peretto Fiorella

Posizione P62

n. 1 laureato in scienze biologiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nell'analisi e sviluppo di indicatori di impatto degli inquinanti atmosferici sugli ecosistemi e loro mappatura

1. De Marco Alessandra
2. Macchiaroli Claudia
3. Reale Lucia
4. Bianco Maria
5. Pelosi Danilo
6. Alessio Giorgio Arturo

Posizione P63

n. 1 laureato in scienze biologiche o laureato in scienze agrarie con esperienza post-lauream di almeno due anni nell'utilizzo di tecniche di biologia cellulare e molecolare per studi di genomica

1. Morgues Fabienne Claude
2. Moliterni Vita M. Cristiana
3. Di Masso Ettore
4. Santovito Alfredo
5. Monaci Linda
6. Giliberto Leonardo
7. Siragusa Mirko
8. Arbia Stefania
9. De Vivo Alessandro

10. Bellini Alessandro

11. Chiancone Benedetta

12. Migliaro Angelo

Posizione P64

n. 1 laureato in scienze biologiche o laureato in biotecnologie o laureato in scienze agrarie o laureato in fisica con esperienza post-lauream di almeno due anni nello sviluppo di metodologie molecolari ed "in silico" per la genomica funzionale e/o la proteomica

1. Pasquo Alessandra
2. Arcangeli Caterina
3. Testa Antonino
4. Caserta Enrico
5. Capodicasa Cristina
6. Altobelli Gioia
7. Vari Rosaria
8. Di Benedetto Roberta

Posizione P65

n. 1 laureato in scienze naturali con esperienza post-lauream di almeno due anni nella gestione di progetti sull'uso sostenibile delle componenti biotiche relative alle tematiche di carattere globale (biodiversità, desertificazione, ecc.) in ecosistemi fragili dell'area mediterranea

1. Massini Giulia
2. Scalercio Stefano
3. Di Dio Vincenzo
4. Monello Felice
5. De Pisi Ermanno
6. Gomei Marina
7. Martucci Oriana
8. Rossato Claudia

Posizione P66

n. 1 laureato in scienze politiche con esperienza post-lauream di almeno due anni nel campo delle attività di politica di ricerca internazionale e dell'Unione europea, maturata preferibilmente presso Enti pubblici di ricerca

1. Vullo Loredana
2. Diana Valentina
3. Damiani Fabrizio
4. Gargiulo Silvana
5. Circelli Raffaella

Posizione P67

n. 1 laureato in scienze dell'informazione con esperienza post-lauream di almeno due anni nella progettazione e sviluppo di sistemi informativi per la gestione e lo studio dell'ambiente marino e costiero

1. Pecci Leda
2. Pannicelli Alessandro

Posizione P68

n. 2 laureati in sociologia o laureati in economia e commercio con esperien-

za post-lauream di almeno due anni nel campo della valutazione di processi di innovazione tecnologica nei sistemi economici e nell'analisi della crescita economica e del commercio internazionale

1. Coletta Gaetano
nato il 30.1.1971
2. Zini Alessandro
nato l'8.11.1965
3. Aguglia Laura
4. Piacentino Davide
5. Vernesi Fabrizio
6. Antimiani Alessandro

Graduatoria di merito della selezione per il reclutamento di n. 26 unità di personale diplomato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 26 settembre 2003 – 4ª serie speciale "concorsi ed esami" n. 75)

(in sessantesimi)

Posizione R01

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto nel campo dei sistemi criogenici e relativa sensoristica

1. Affinito Luigi 43,9
2. Viola Rosario 42,9
3. Mencarelli Emanuele 41,3

Posizione R02

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della realizzazione di sistemi di comando e controllo elettronico per impianti

1. Caivano Giuseppe 44,8
2. Vitulli Damiano 42,9
3. Mencarelli Claudio 42,4
4. Veschetti Miriam 39,0
5. Lauricella Angelo 35,7

Posizione R03

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nelle tecniche di misura per la qualifica dei cristalli scintillatori amorfi e nella progettazione esecutiva dell'elettronica di rivelazione associata

1. Ferrara Giuseppe 43,6

Posizione R04

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio

richiesto, nella gestione di sistemi a radiofrequenza per il riscaldamento di plasmi termonucleari

1. Petrolini Piero 41,2

Posizione R05

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di impianti multicamera per la fabbricazione sperimentale di dispositivi a film sottile a base di silicio

1. Calò Oronzo 43,6

Posizione R06

n. 1 perito elettrotecnico o perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in attività di gestione e progettazione esecutiva di impianti elettrici ed apparati di telecomunicazione e telefonici di dimensione industriale

1. Sii Onesto Ivo 50,4
2. Palla Fabrizio 49,6
3. Iovinelli Massimo 48,5
4. Mercolino Giovanni 47,6
5. Pellicchia Carlo 44,4
6. Corrente Danilo 40,6
7. Colace Massimo 38,4
8. Mazzitelli Francesco 34,5

Posizione R07

n. 1 perito elettrotecnico o perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nell'applicazione della normativa di sicurezza riguardante impianti tecnologici complessi

1. Iacovino Vito 46,7

Posizione R08

n. 1 perito elettrotecnico o perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nei sistemi di misura per la caratterizzazione di moduli fotovoltaici e nella gestione di stazioni radiometriche

1. Leanza Gianni 41,9
2. Burrasca Gianbattista 39,3
3. Nasso Aldo 36,8

Posizione R09

n. 1 perito elettrotecnico o perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della strumentazione di impianti sperimentali complessi e nella conduzione di campagne di prova

1. Assettati Andrea 44,6
2. D'Innocenzo Fabrizio 39,6
3. Peditini Roberto 37,9
4. Cinci Andrea 37,3
5. Galassi Gianluca 36,9

Posizione R10

n. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della caratterizzazione elettrica e magnetica di materiali e cavi superconduttori

1. Messina Giuseppe 43,6

Posizione R11

n. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dei sistemi di potenza per alimentazione e controllo di magneti superconduttori

1. Pioli Fabrizio 43,4

Posizione R12

n. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della manutenzione e del monitoraggio dei sistemi elettrici e dei gruppi di continuità, ai fini della gestione della sicurezza nucleare

1. Ferrara Vincenzo 42,4
2. Capoccia Andrea 40,0

Posizione R13

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dei sistemi di ultravuoto e nelle relative tecniche di misura

1. Giacomi Giuliano 40,6

Posizione R14

n. 2 periti meccanici con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della progettazione esecutiva di componenti meccanici per sistemi di diagnostiche laser e plasmi termonucleari

1. Aristipini Paolo 50,2
2. Di Giorgio Giorgio 48,9
3. Rocchi Giuliano 43,1

Posizione R15

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dell'esercizio e manutenzione meccanica di impianti sperimentali di trattamento rifiuti-reflui

1. Carroccia Giuseppe 44,4
2. Ferraro Giuseppe 42,5
3. Pantanella Stefano 40,4

4. Ferretti Vittorio 38,4
5. De Chiara Raffaele 36,7

Posizione R16

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della gestione della strumentazione per misure ambientali in mare

1. Tebano Carlo 44,6

Posizione R17

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nell'utilizzo di software applicativi per disegno meccanico

1. Agatino Bruno 43,2
2. Cancellara Fernando 42,3
3. Marciànò Tommaso 33,8
4. Laterza Michele 31,6
5. Corrado Mario 30,9

Posizione R18

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della progettazione esecutiva e realizzazione di componenti meccanici

1. Bruni Andrea 46,0
2. Neri Andrea 41,6
3. Granieri Massimo 38,6

Posizione R19

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della saldatura con impianti a fascio elettronico e laser e dei trattamenti superficiali dei materiali

1. Moncada Massimo 45,6

Posizione R20

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella realizzazione ed esercizio di impianti sperimentali per la caratterizzazione ad erosione e corrosione ad alta temperatura di materiali e componenti

1. Simone Flavio 45,5
2. Padovano Francesco 42,3

Posizione R21

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della manutenzione di sezioni di impianto ed apparecchiature meccaniche complesse di impianti nucleari

1. Tizzano Raffaele 44,9
2. Riccardi Danilo 42,4

Posizione R22

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo del montaggio, manutenzione e controllo dei sistemi meccanici e delle attrezzature di processo di impianti nucleari

1. Cesaroni Matteo 45,6
2. Bettin Giuliano 44,2
3. Bettini Christian 30,4

Posizione R23

n. 1 perito informatico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nell'analisi ed elaborazione dati oceanografici per la realizzazione di banche dati

1. Di Nallo Giuseppina 43,5
2. Terranova Marco 29,9

Posizione R24

n. 1 perito informatico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nello sviluppo di procedure software per sistemi informativi territoriali e nello sviluppo di database relazionali

1. Conigli Francesco 42,0
2. Marano Massimo 39,4
3. Di Leonardo Umberto 32,8

Posizione R25

n. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dei sistemi diagnostici della combustione

1. Benedetti Claudia 43,7
2. Topani Maria Letizia 41,2
3. Meacci Francesco 39,2

Graduatoria di merito della selezione per il reclutamento di n. 26 unità di personale diplomato con esperienza da assumere con contratto di lavoro a tempo determinato mediante selezione per titoli ed esame colloquio (G.U. del 26 settembre 2003 - 4^a serie speciale "concorsi ed esami" n. 75)

Posizione R01

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto nel campo dei sistemi criogenici e relativa sensoristica

1. Affinito Luigi
2. Viola Rosario
3. Mencarelli Emanuele

Posizione R02

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di espe-

rienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della realizzazione di sistemi di comando e controllo elettronico per impianti

1. Caivano Giuseppe
2. Vitulli Damiano
3. Mencarelli Claudio
4. Veschetti Miriam
5. Lauricella Angelo

Posizione R03

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nelle tecniche di misura per la qualifica dei cristalli scintillatori amorfi e nella progettazione esecutiva dell'elettronica di rivelazione associata

1. Ferrara Giuseppe

Posizione R04

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di sistemi a radiofrequenza per il riscaldamento di plasmi termonucleari

1. Petrolini Piero

Posizione R05

n. 1 perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella gestione di impianti multicamera per la fabbricazione sperimentale di dispositivi a film sottile a base di silicio

1. Calò Oronzo

Posizione R06

n. 1 perito elettrotecnico o perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, in attività di gestione e progettazione esecutiva di impianti elettrici ed apparati di telecomunicazione e telefonici di dimensione industriale

1. Sii Onesto Ivo
2. Palla Fabrizio
3. Iovinelli Massimo
4. Mercolino Giovanni
5. Pellecchia Carlo
6. Corrente Danilo
7. Colace Massimo
8. Mazzitelli Francesco

Posizione R07

n. 1 perito elettrotecnico o perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nell'applicazione

della normativa di sicurezza riguardante impianti tecnologici complessi

1. Iacovino Vito

Posizione R08

n. 1 perito elettrotecnico o perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nei sistemi di misura per la caratterizzazione di moduli fotovoltaici e nella gestione di stazioni radiometriche

1. Leanza Gianni
2. Burrasca Gianbattista
3. Nasso Aldo

Posizione R09

n. 1 perito elettrotecnico o perito elettronico e telecomunicazioni con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della strumentazione di impianti sperimentali complessi e nella conduzione di campagne di prova

1. Assettati Andrea
2. D'Innocenzo Fabrizio
3. Pedicini Roberto
4. Cinci Andrea
5. Galassi Gianluca

Posizione R10

n. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della caratterizzazione elettrica e magnetica di materiali e cavi superconduttori

1. Messina Giuseppe

Posizione R11

n. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dei sistemi di potenza per alimentazione e controllo di magneti superconduttori

1. Pioli Fabrizio

Posizione R12

n. 1 perito elettrotecnico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della manutenzione e del monitoraggio dei sistemi elettrici e dei gruppi di continuità, ai fini della gestione della sicurezza nucleare

1. Ferrara Vincenzo
2. Capoccia Andrea

Posizione R13

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dei sistemi di ultravacuo e nelle relative tecniche di misura

1. Giacomi Giuliano

Posizione R14

n. 2 periti meccanici con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della progettazione esecutiva di componenti meccanici per sistemi di diagnostiche laser e plasmatermonucleari

1. Aristipini Paolo
2. Di Giorgio Giorgio
3. Rocchi Giuliano

Posizione R15

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dell'esercizio e manutenzione meccanica di impianti sperimentali di trattamento rifiuti-reflui

1. Carroccia Giuseppe
2. Ferraro Giuseppe
3. Pantanella Stefano
4. Ferretti Vittorio
5. De Chiara Raffaele

Posizione R16

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della gestione della strumentazione per misure ambientali in mare

1. Tebano Carlo

Posizione R17

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nell'utilizzo di software applicativi per disegno meccanico

1. Agatino Bruno
2. Cancellara Fernando
3. Marcianò Tommaso
4. Laterza Michele
5. Corrado Mario

Posizione R18

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della progettazione esecutiva e realizzazione di componenti meccanici

1. Bruni Andrea
2. Neri Andrea
3. Granieri Massimo

Posizione R19

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della saldatura con impianti a fascio elettronico e laser e dei trattamenti superficiali dei materiali

1. Moncada Massimo

Posizione R20

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nella realizzazione ed esercizio di impianti sperimentali per la caratterizzazione ad erosione e corrosione ad alta temperatura di materiali e componenti

1. Simone Flavio
2. Padovano Francesco

Posizione R21

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo della manutenzione di sezioni di impianto ed apparecchiature meccaniche complesse di impianti nucleari

1. Tizzano Raffaele
2. Riccardi Danilo

Posizione R22

n. 1 perito meccanico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo del montaggio, manutenzione e controllo dei sistemi meccanici e delle attrezzature di processo di impianti nucleari

1. Cesaroni Matteo
2. Bettin Giuliano
3. Bettini Christian

Posizione R23

n. 1 perito informatico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nell'analisi ed elaborazione dati oceanografici per la realizzazione di banche dati

1. Di Nallo Giuseppina
2. Terranova Marco

Posizione R24

n. 1 perito informatico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nello sviluppo di procedure software per sistemi informativi territoriali e nello sviluppo di database relazionali

1. Conigli Francesco
2. Marano Massimo
3. Di Lonardo Umberto

Posizione R25

n. 1 perito chimico con almeno due anni di esperienza, maturata successivamente al conseguimento del titolo di studio richiesto, nel campo dei sistemi diagnostici della combustione

1. Benedetti Claudia
2. Topani Maria Letizia
3. Meacci Francesco

INCONTRI

Potenzialità
dei materiali
nanofasici

Aree protette
come occasioni
di sviluppo

L'Italia nella
competizione
tecnologica
internazionale

POTENZIALITÀ DEI MATERIALI NANOFASICI

Promosso da CNR, INFM ed ENEA, si è tenuto a Roma il 16 e 17 settembre, il Convegno Nazionale Materiali Nanofasici che, con cadenza biennale, è giunto alla sua settima edizione. La comunità scientifica nazionale ed internazionale ha rivolto nel corso degli ultimi dieci anni un interesse crescente verso i materiali nanofasici, quei materiali che per la loro struttura aprono un interessante spettro di applicazioni. Infatti tutte le proprietà fisiche, chimiche, biologiche dei materiali sono alterate in modo sensazionale quando essi sono costituiti da grani di dimensione nanometrica, rispetto ai materiali convenzionali di dimensione

molto più grandi.

Tra i materiali nanofasici un crescente interesse si sta concentrando verso compositi a base di metalli (e leghe) o di ossidi metallici dispersi in matrici isolanti, per le loro esaltate proprietà catalitiche, meccaniche, elettriche, magnetiche ed ottiche che possono essere modificate attraverso il controllo delle dimensioni dei grani. In questo convegno, perciò, sono stati discussi, in un ambito ampiamente interdisciplinare, tutti gli aspetti e le problematiche scientifiche, ma anche le potenzialità tecnologiche, connesse ai materiali nanostrutturati, dalla loro preparazione e manipolazione allo studio delle loro proprietà microstrutturali, chimiche e fisiche. E per contribuire a mantenere vivo il legame tra comunità scientifica ed attività imprenditoriale, è stato dato ampio spazio alla presentazione degli *spin-off* scaturiti dalle ricerche nel settore.

AREE PROTETTE COME OCCASIONI DI SVILUPPO

Una manifestazione sulle aree protette italiane, promossa e organizzata dal Ministero dell'Ambiente e dall'Associazione Mareamico in collaborazione con Federparchi e con gli Enti gestori delle aree marine protette e dei parchi nazionali ed internazionali, si è svolta a Lucca dal 18 al 23 maggio.

L'iniziativa ha costituito l'occasione per conoscere la realtà delle aree protette italiane e, in prospettiva, dei paesi che sono entrati a far parte dell'Europa, nell'intento di approfondire possibili interconnessioni tra la tutela ambientale e lo sviluppo economico, analizzando e confrontando le realtà socio-economiche che vi gravitano intorno, delineando gli scenari e le prospettive dei servizi offerti e delle figu-

re occupazionali presenti e future, incentivando la valorizzazione delle risorse e delle tradizioni locali.

L'ENEA, nel presentare le proprie attività di ricerca, ha illustrato in particolare gli studi e le osservazioni ambientali e climatologiche: l'Osservatorio di Lampedusa, la modellistica climatica, la caratterizzazione delle comunità marine costiere del Mediterraneo e lo studio dei cambiamenti del livello del mare.

L'ITALIA NELLA COMPETIZIONE TECNOLOGICA INTERNAZIONALE

È in corso di pubblicazione il IV Rapporto dell'Osservatorio ENEA che esamina le più recenti risultanze e gli andamenti della competitività tecnologica del Paese nel quadro dei rapporti con le grandi aree geo-economiche e con i paesi dell'UE.

Dal Rapporto si rileva l'arresto della lunga fase di difficoltà dell'UE nei confronti della maggiore e qualificata dinamica tecnologica dei grandi *partner* internazionali. L'emersione di nuovi attori, come la Cina e l'India, si segnala ormai anche sul versante tecnologico, pur se ancora attraverso "sistemi innovativi" fortemente carenti sul piano delle capacità brevettuali.

Particolarmente negativa la situazione dell'Italia, per la quale prosegue una tendenza di esclusione tecnologica dal contesto europeo, con riflessi che si estendono sui livelli di sviluppo e di tenuta competitiva relativi anche ai settori tradizionalmente forti. Aumentano, inoltre, i divari Nord/Sud, ma anche Nord-Ovest/Nord-Est che sembravano precedentemente spostarsi a favore del Nord-Est.

La presentazione del IV Rapporto è prevista entro l'anno in corso.

LETTURE**Atlante eolico dell'Italia****Linee Guida per il monitoraggio dei corsi d'acqua in ambiente alpino**

co, che hanno responsabilità di programmazione nell'utilizzo delle risorse del territorio. È rivolto poi agli operatori interessati allo sfruttamento energetico della fonte eolica, quale integrazione delle informazioni già possedute per lo sviluppo delle rispettive iniziative.

La natura complessa del territorio italiano rende molto difficile, rispetto ad altri paesi con territorio pianeggiante, la composizione di un quadro di massima delle risorse: è questo lo scopo dell'Atlante che non vuole, però, sostituirsi all'attività di caratterizzazione anemologica dei siti candidati per impianti eolici.

Il documento approntato discute la metodologia seguita nella sua preparazione e illustra i risultati ottenuti, che vengono presentati sotto forma di quattro serie di 27 tavole ciascuna. Ciascuna serie di 27 tavole, in scala 1:750000, ricopre il territorio nazionale, salvo minime eccezioni.

Seguono quattro appendici che espongono in modo più puntuale gli aspetti tecnici affrontati, quale sintesi delle attività svolte nel triennio 2000-2002. L'Atlante riporta in particolare i limiti di incertezza che caratterizzano le mappe e dà anche indicazioni per l'utilizzo dei dati, escludendo però che questi possano avere l'accuratezza normalmente richiesta per l'analisi anemologica del sito a fini di valutazione della producibilità di uno specifico impianto e quindi dell'analisi di redditività del relativo investimento.

LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DEI CORSI D'ACQUA IN AMBIENTE ALPINO

A cura di Maria Rita Minciardi, Gian Luigi Rossi, Rossana Azzollini, Gianna Betta
Provincia di Torino
dicembre 2003, pagine 64

Nell'ambito delle attività promosse a supporto delle politiche di intervento per lo sviluppo sostenibile, ed in particolare nel settore della salvaguardia ambientale, la Provincia di Torino ha promosso un progetto di ricerca finalizzato all'applicazione integrata di metodologie di biomonitoraggio dei corsi d'acqua in ambiente alpino (BIOALPI).

La parte iniziale dei corsi d'acqua alpini è spesso esclusa dai piani di monitoraggio ambientale poiché si presuppone l'assenza di fonti inquinanti.

In realtà, alle quote più elevate, gli ecosistemi fluviali presentano caratteristiche di fragilità ecologico-funzionale ed hanno spesso uno stato di compromissione non rilevabile attraverso il solo monitoraggio chimico.

Il progetto, ideato in collaborazione con i ricercatori del Centro Ricerche ENEA di Saluggia, è stato condotto lungo i tratti montani dei torrenti Dora Riparia e Chisone, includendo le aste fluviali principali e gli affluenti che confluiscono al di sopra dei 1000 m di quota.

Le indagini, compiute tra il 2000 ed il 2001, hanno confermato l'applicabilità e l'efficacia, anche nei tratti alpini dei corsi d'acqua, di alcuni indici di biomonitoraggio invece del solo controllo chimico; e l'importanza dell'applicazione congiunta ed integrata di metodologie diverse.

Il volume, contenente anche il CD con i risultati del progetto BIOALPI, può essere richiesto a: Provincia di Torino - Servizio Pianificazione Risorse Idriche, Via Valeggio, 5 - 10128 Torino o a ENEA-BIOTEC, Strada per Crescentino - 13040 Saluggia (VC); e-mail: minciardi@saluggia.enea.it.

Il testo delle Linee Guida è inoltre scaricabile dal sito: http://www.provincia.torino.it/ambiente/file-storage/download/tris_idriche/pdf/linee_guida.pdf

ATLANTE EOLICO DELL'ITALIA

CESI - Università di Genova
CD Rom, novembre 2002
www.ricercadisistema.it

Nell'ambito della Ricerca di Sistema "ENERIN - Energie Rinnovabili", che ha per obiettivo generale il miglioramento del sistema elettrico italiano, il CESI in collaborazione con l'Università di Genova ha preparato, in formato CD Rom, l'Atlante eolico dell'Italia.

L'Atlante, che fornisce una stima delle risorse eoliche dell'Italia e indica le aree dove in generale tali risorse possono essere di consistenza sufficientemente elevata, si propone come strumento rivolto in primo luogo alle autorità, a livello centrale e periferi-